# InvestiGO

Revista Científica Multidisciplinaria

**ISSN: 2953-6367**

InvestiGO
Revista Científica
Multidisciplinaria

Volumen 7

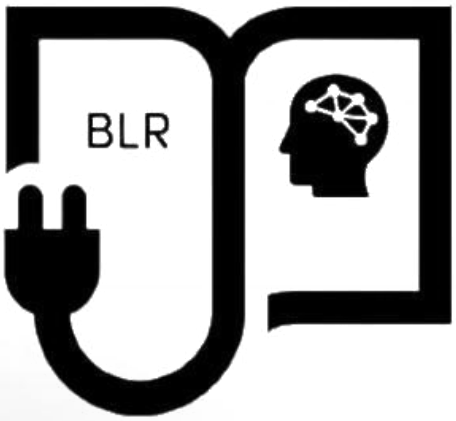
# 21

Edición especial

Octubre 2026

DOI:
https://doi.org/10.56519/cdtkha92

CC BY NC




InvestiGO

Revista Científica Multidisciplinaria

# InvestiGO

# Revista Científica Multidisciplinaria

**Ecuador**

**Octubre 2026**

# InvestiGO
## Revista Científica Multidisciplinaria

📖 **Revista Científica Multidisciplinaria Investigo**

**ISSN: 2953-6367**

**Código Postal 060102**

◉ **Ecuador**

✆ **Contacto +593 97 911 9620 | ✉ revisinvestigo@gmail.com**

**Tipo de publicación: periódica**

**Frecuencia de publicación: bianual**

**Soporte: en línea**

**Temas: Multidisciplinarios**

**Subtemas: Multidisciplinarios**

**Editorial: ISTRA**

**Revista: Arbitrada**

**Institución: Privada**

**Volumen 7 N°21**

**14 de octubre de 2026**

**Ecuador**

ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

☞ **InvestiGo** es una revista de acceso abierto, publica artículos originales y de revisión sobre un rango amplio de temas referentes a los campos del conocimiento de ingeniería y sus profesiones afines, industria y producción, arquitectura y construcción, así como también ciencias sociales y del comportamiento, administración, periodismo, información y derecho.

☞ La revista incorpora calidad científica de los trabajos recibidos, a través de la revisión editorial, y posterior revisión por pares en formato y presentación del material publicado a color para aumentar el interés del público al que va dirigido.

☞ **InvestiGo** es una revista multidisciplinaria con periodicidad bianual (Enero – Junio, Julio – Diciembre) y realiza ediciones especiales. Su objetivo es difundir el conocimiento en diferentes disciplinas a través de la publicación de trabajos de investigación originales y de revisión de carácter inédito, realizados por investigadores nacionales e internacionales.

☞ La Revista Científica Multidisciplinaria InvestiGo está dirigida a la comunidad científica, investigadores nacionales e internacionales, estudiantes, profesores, tutores y en general a todos aquellos en búsqueda y publicación de la ciencia y el conocimiento extendiendo las contribuciones teóricas, empíricas e incluso reflexivas y de divulgación a universidades e instituciones de enseñanza superior de Ecuador y el extranjero, así como a segmentos de lectores no académicos como organismos, entidades de los sectores público y privado.

**EDITORA EN JEFE**

🕮 Ing. Janneth Maribel Guamán Tenemaza

Revista Científica Multidisciplinaria InvestiGo

ISSN: 2953-6367

Enero – junio | julio - diciembre de 2026

Ediciones especiales

◉ Ecuador

Código Postal 060102

✆ Contacto +593 97 911 9620

✉ revisinvestigo@gmail.com

**Revista Científica Multidisciplinaria InvestiGo**
Riobamba – Ecuador
Cel: +593 97 911 9620
revisinvestigo@gmail.com

InvestiGO
Revista Científica Multidisciplinaria
ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

# CONTENIDO

**USO DE REALIA Y PERCEPCIÓN DEL DESARROLLO DE LAS HABILIDADES INTEGRADAS DEL INGLÉS EN BÁSICA SUPERIOR: UNIDAD EDU CATIVA TUFIÑO, CARCHI, ECUADOR_____1-15**

*Lorena del Pilar Perengüez Pozo*
*Elena Valeria Flores Borja*

**DINÁMICA EPIDEMIOLÓGICA, TRANSMISIÓN Y FACTORES DE TOXOPLASMA GONDII EN FAUNA DOMÉSTICA Y SILVESTRE DE GALÁPAGOS: REVISIÓN SISTÉMICA DE LA LITERATURA CIENTÍFICA_____16-30**

Mildred Dayanna Carrillo-Paguay
Washington Fernando Carrasco-Sangache

**PLATAFORMAS DIGITALES Y DESTREZAS INTEGRADAS DEL INGLÉS: DIAGNÓSTICO CENSAL EN UN CONTEXTO RURAL FRONTERIZO DEL CARCHI, ECUADOR_____31-49**

*Karen Lizbeth Ayala Caratar*
*Elena Valeria Flores Borja*

**APRENDIZAJE MÓVIL DE VOCABULARIO EN INGLÉS CON LINGODEER EN UNA ESCUELA RURAL DEL VALLE DEL CHOTA, ECUADOR: ESTUDIO PRIMARIO PRETEST-POSTEST_____50-63**

*Carlos Leomar De La Cruz Espinoza*
*Martha Viveros Almeida*

**ESTRATEGIAS SOCIOAFECTIVAS PARA LA ENSEÑANZA DEL INGLÉS A ADULTOS MAYORES: ESTUDIO DIAGNÓSTICO DE MÉTODOS MIXTOS EN LA COMUNIDAD RURAL DE SIDCAY, ECUADOR_____64-79**

*Verónica Margoth Parra Illescas*
*Martha Viveros Almeida*

**DESARROLLO DE ADSORBENTES SOSTENIBLES A PARTIR DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES PARA LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES EMERGENTES EN AGUAS RESIDUALES: REVISIÓN SISTEMÁTICA_____80-92**

*Cristina Gisela Arias Arias*
*María Belen Jaramillo*
*Lorena Patricia Flores Luna*

**APRENDER A APRENDER EN LA ERA DE LA IA: METACOGNICIÓN, AUTORREGULACIÓN Y ESTRATEGIAS DE RECUPERACIÓN PARA PREVENIR LA DEPENDENCIA DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL_____93-111**

*Rodolfo Christian Cañarte Lino*
*Alex Roberto Morán Naranjo*
*Ángel Wladimir Pilco Cajilema*
*Lizbeth Jacqueline Alarcón Silva*

ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

**ANÁLISIS DEL EFECTO DEL MALTEADO Y TOSTADO DE TRES VARIEDADES DE MAÍZ (ZEA MAYS) EN LA ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA REFRESCANTE** **112-123**

*Angélica Tigre-León*
*Kassandra Abigail Mesa-Arévalo*
*Neyser Israel Moposita-Choto*
*Favián Bayas-Morejón*

**CONECTIVIDAD LOGÍSTICA Y LA OFERTA EXPORTABLE DE LA COMUNIDAD ANDINA HACIA CHINA** **124-144**

*Blanca Liliana Montenegro Obando*

**EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR CON BIOL SÚPER MAGRO EN EL CRECIMIENTO, RENDIMIENTO Y CALIDAD DE LECHUGA CULTIVADA BAJO SISTEMA HIDROPÓNICO NFT** **145-161**

*Diego Abad Abad*
*Xavier Espinoza*

**¿DÓNDE ESTÁ EL VACÍO DE CONOCIMIENTO? UN MODELO TRIÁDICO PARA CONSTRUIR EL ESTADO DEL ARTE** **162-179**

*José Luis Argueta Mayorga*
*Mayra Virginia Castillo Montes*
*Dennis Salvador Argueta Mayorga*
*Alfredo Salvador Gálvez Sinibaldi*
*Hugo Humberto Rivera Pérez*

**CRITERIOS DE APLICACIÓN PARA LA NO VULNERACIÓN DEL INTERÉS SUPERIOR DEL NIÑO EN DISPUTAS DE TENENCIA: ANÁLISIS COMPARADO DE METODOLOGÍA JUDICIAL** **180-196**

*Santiago Daniel Freire Guevara*
*Vicente Joel Jaramillo Peñafiel*

**ANÁLISIS MULTIVARIADO EXPLORATORIO DEL RENDIMIENTO DE CAPTACIÓN DE NIEBLA Y CALIDAD DEL AGUA EN COTOPAXI** **197-207**

*Marco Antonio Riofrío Guevara*
*Abrahan Rafael Mora Polanco*
*Judith Rosales*
*Wilmer Marcelo Carrera Herrera*

**EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON NANOCOMPLEJOS DE COLESTEROL-METIL-B-CICLODEXTRINA EN LA CALIDAD SEMINAL OVINA** **208-221**

*José Luis Requena Lozano*
*Marlon Sebastián Rivadeneira Romero*
*Manuel Esteban Maldonado Cornejo*
*Juan Carlos Alvarado Alvarado*
*Andrés Leonardo Moscoso Piedra*

InvestiGO
Revista Científica Multidisciplinaria
ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

**ELEMENTOS POTENCIALMENTE TÓXICOS EN SISTEMAS HÍDRICOS DE COTOPAXI: REVISIÓN DE ALCANCE**_____**222-234**
*Marco Antonio Riofrío Guevara*
*Abrahan Rafael Mora Polanco*
*Judith Rosales*
*Johanna Stefany Riofrío Pacheco*

**CULTURA TRIBUTARIA Y CUMPLIMIENTO FISCAL DE CONTRIBUYENTES RIMPE EN PEQUEÑOS COMERCIOS DE QUITO**_____**235-247**
*Shirley Betsayra Bedoya Simbaña*
*Andrea Michelle Caiza Zamora*

**GESTIÓN DE LA BIOSEGURIDAD Y EL USO DE LA CAPACIDAD INSTALADA EN LAS GRANJAS AVÍCOLAS DE TUNGURAHUA, ECUADOR**_____**248-269**
*Silvia Alexandra Fiallos Freire*
*Evelin Estefania López Montaluisa*
*Julio Mauricio Vizuete-Muñoz*

**EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES Y DE LAS ACTIVIDADES SOCIOPRODUCTIVAS EN LOS SISTEMAS AGROALIMENTARIOS RURALES DE GUANUJO Y QUINDIGUA, ECUADOR**_____**270-292**
*Anabel Monar Verdezoto*
*Hernán Arturo Rojas Sánchez*
*Riveliño Ramón Curay*
*Angélica Tigre León1*
*Cristina Oliva Puertas*

**EXPERIENCIAS INMERSIVAS MEDIANTE REALIDAD VIRTUAL PARA EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS PRÁCTICAS EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 2020–2026**_____**293-305**
*Wilmer Vicente Camino Mena*
*Estefany Gabriela Nazate Orbe*
*Verónica Guadalupe Viteri Cruz*
*José Francisco Falconí Novillo*

**ESTRATEGIAS INCLUSIVAS Y DESARROLLO ACADÉMICO EN ESTUDIANTES CON TRASTORNOS DEL ESPECTRO AUTISTA**_____**306-320**
*Dayana Nicole Berrones Carrasco*

[1]Universidad Estatal de Bolívar, https://orcid.org/0000-0003-2984-9457

ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

**EFECTO DE LA ESTIMULACIÓN DE ONDAS FOLICULARES CON ECG SOBRE LA PRODUCCIÓN IN VITRO DE EMBRIONES, EN VACAS BOS INDICUS**_____**321-333**
*María José Lozano Briones*
*Andrés Moscoso*
*Juan Alvarado*
*Manuel Maldonado*
*Daniel Argudo*

**INCLUSIÓN FINANCIERA Y ACCESO EFECTIVO A SERVICIOS FINANCIEROS EN ECUADOR: BRECHAS TERRITORIALES Y FACTORES SOCIOECONÓMICOS**___**334-350**
*Yeidy Selene Zambrano Loor*
*Jefferson Jasmani Legarda Quintero*

**DETERMINANTES PSICOSOCIALES DEL ACCESO A LOS SERVICIOS DE SALUD INTERCULTURAL EN COMUNIDADES INDÍGENAS DEL ECUADOR: ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN EFECTIVA PARA MEJORAR LA ATENCIÓN PRIMARIA**
_____**351-370**
*Katy Maricela Logroño Noboa*
*Brigette Carolina Huaraca Morocho*
*Cristina Valeria Calderón Vallejo*
*Rodrigo Gabriel Abarca Carrasco*
*Paola Monserrath Dávalos Balseca*

**INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA PRÁCTICA DOCENTE: PERCEPCIONES Y USOS PEDAGÓGICOS EN LA NIVELACIÓN DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**_____**371-393**
*Alexander Larrea*
*Santiago Baldeón*
*Melanny Guevara*
*Samantha Ruiz*
*María Heras*

**INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA EN LA FORMACIÓN DE PROFESIONALES DE LA SALUD: TRANSFORMACIÓN DE COMPETENCIAS, EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE Y DESAFÍOS ÉTICOS**_____**394-406**
*Gina Alexandra Asimbaya Pachacama*
*Leonardo Lanzee Mendoza Jiménez*
*Ivanova del Cisne Zúñiga Román*
*Joselyn Lissette Martinez Altamirano*

ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

**MOTIVACIÓN Y PERCEPCIONES ESTUDIANTILES HACIA EL USO DE VIDEOJUEGOS COMO HERRAMIENTA DE APRENDIZAJE DEL INGLÉS COMO LENGUA EXTRANJERA EN EDUCACIÓN SUPERIOR_____407-420**
*Jorge Luis Encarnacion Lalangui*
*Tania Lisbeth Chicaiza Zambrano*
*Solange Pamela Cruz Ayala*
*Luis David Conejo Tandioy*

**PERCEPCIONES ESTUDIANTILES SOBRE EL AULA INVERTIDA MEDIADA POR TECNOLOGÍA EN EL APRENDIZAJE DEL INGLÉS COMO LENGUA EXTRANJERA EN EDUCACIÓN SUPERIOR_____421-435**
*Jorge Luis Encarnacion Lalangui*
*Tania Lisbeth Chicaiza Zambrano*
*Solange Pamela Cruz Ayala*
*Luis David Conejo Tandioy*

**IMPORTANCIA DE LA TINCIÓN CHRISTMAS TREE EN LA IDENTIFICACIÓN DE ESPERMATOZOIDES: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA_____436-465**
*Madelyn Liset Martínez Cevallos*
*Verónica Paulina Cáceres Manzano*

**INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA CARACTERIZACIÓN DE MASAS MAMARIAS BENIGNAS Y MALIGNAS MEDIANTE MAMOGRAFÍA Y ECOGRAFÍA_____466-474**
*Juliana del Rocio Carrasco Lascano*
*Elida Maria Hidalgo Gualan*
*Raúl Eduardo Chávez Robalino*
*Abraham Oliver Balderas*

**AVANCES EN EL DIAGNÓSTICO TEMPRANO, BIOMARCADORES Y ESTRATEGIAS TERAPÉUTICAS DE LA ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA EN GATOS: REVISIÓN SISTEMÁTICA Y METAANÁLISIS_____475-487**
*Jimmy Santiago Venegas López*
*Diana Victoria Velasco Gaibor*
*Samantha Dayanara Valdez Vela*
*Natalia Stefanía Trujillo Santillán*

**PROYECCIÓN DE LA PRODUCCIÓN BANANERA EN EL ORO: DESARROLLO DE UN MODELO DE REGRESIÓN Y SIMULACIÓN BASADA EN LA RELACIÓN HISTÓRICA ÁREA-RENDIMIENTO (2002-2024)_____488-503**
*Ander Steev Barahona Sambrano*
*Cristian Germán Santiana Espín*
*Maritza Lucía Vaca Cárdenas*
*David Esteban Puyol Guevara*

ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

**USO INCORRECTO DEL CLASIFICADOR CENTRAL DE PRODUCTOS: RIESGO DE DIRECCIONAMIENTO Y RESTRICCIÓN DE LA CONCURRENCIA EN LA CONTRATACIÓN PÚBLICA ECUATORIANA_____504-524**

*Eufemia Sofía Piedra Conforme*
*Edison Fernando Sosa Mejía*
*Carlos Danny Ponce Campoverde*
*Acelia Fiorella Rossi Trigoso*

**MEDICINA DE PRECISIÓN EN ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES: INTEGRACIÓN DE BIOMARCADORES, DATOS CLÍNICOS E INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA TOMA DE DECISIONES_____525-543**

*Vanesa Paola Gallo Morales*
*Janina Gissella Pilco Diaz*
*Marco Vinicio Flores Blacio*
*Arnulfo Pazos Rodríguez*

InvestiGO
Revista Científica Multidisciplinaria
ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Octubre 2026
Vol. 7 No. 21, PP. 1-15
https://doi.org/10.56519/hqntfv37

# USO DE REALIA Y PERCEPCIÓN DEL DESARROLLO DE LAS HABILIDADES INTEGRADAS DEL INGLÉS EN BÁSICA SUPERIOR: UNIDAD EDUCATIVA TUFIÑO, CARCHI, ECUADOR

# REALIA USE AND SELF-PERCEIVED DEVELOPMENT OF INTEGRATED ENGLISH SKILLS IN UPPER BASIC EDUCATION: EDUCATIONAL UNIT TUFIÑO, CARCHI, ECUADOR

Lorena del Pilar Perengüez Pozo[1], Elena Valeria Flores Borja[2]

{lorena.perenguez@upec.edu.ec[1], elena.flores@upec.edu.ec[2]}

Fecha de recepción: 05/07/2026 / Fecha de aceptación: 07/08/2026 / Fecha de publicación: 14/10/2026

**RESUMEN: El dominio del inglés es una competencia transversal en el sistema educativo ecuatoriano, pero en contextos rurales, la enseñanza del inglés se enfrenta a limitaciones de conectividad, infraestructura y recursos didácticos. Los objetos, textos e imágenes reales que emergen del contexto cotidiano se han propuesto como una alternativa pedagógica de bajo costo, alta pertinencia contextual. El objetivo de este estudio fue describir la frecuencia de uso de los distintos tipos de realia y la percepción de los estudiantes sobre el desarrollo de sus habilidades integradas del inglés. Se utilizó un diseño no experimental, descriptivo, cuantitativo y transversal. Participó la totalidad de estudiantes de octavo, noveno y décimo año (n = 105) de una unidad educativa rural de la parroquia Tufiño, cantón Tulcán, provincia del Carchi, en el período lectivo 2025-2026. Se utilizó un cuestionario que contenía 23 ítems, 22 en escala tipo Likert de 4 puntos y 1 de selección única. Los resultados revelan un bajo uso de Realia (2,13 de 9 ítems en una escala de 1-4), siendo el uso de objetos tangibles el ítem con el valor más bajo (M = 1,63; 81,0 % de respuestas negativas). En contraste, el 54,3 % de los estudiantes reporta que el material impreso les ayuda a aprender, aunque se reporta que se usa poco. La percepción de desarrollo de las habilidades integradas también fue baja, con una media de 2,13, siendo la comprensión auditiva la dimensión más débil, con 2,03. Se concluye que hay un uso limitado de un recurso que está presente en el entorno cercano y se recomienda priorizar el Realia impresa y cultural, viable en escenarios de baja conectividad. El diseño es descriptivo, no se pueden establecer relaciones causales.**

[1]Universidad Politécnica Estatal del Carchi (UPEC)- Ecuador; https://orcid.org/0009-0001-7097-157X; +59398 094 5855.
[2]Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Tulcán-Posgrado - Ecuador; https://orcid.org/0009-0005-4800-8938; +593 992461397.

***Palabras clave: Realia; materiales auténticos; habilidades integradas; enseñanza de idiomas; educación rural***

**ABSTRACT: English is a cross-cutting competence in the Ecuadorian education system, but its implementation in rural areas is limited by connectivity, infrastructure and instructional resources. The use of realia, namely authentic objects, texts and images from the context, has been suggested as a low-cost and contextually relevant pedagogical alternative. The objective of this study was to describe the frequency of use of different types of realia and students' perceptions of the development of their integrated English language skills. A quantitative, descriptive, cross sectional and non-experimental design was used. The entire population of the upper level of basic education of a rural school in the parish of Tufiño, in the canton of Tulcán, province of Carchi participated in the activity, which included a total of 105 students in grades 8, 9 and 10 of the 2025-2026 school year. A 23-item questionnaire was used, 22 of which were measured on a four-point Likert scale and one was a single choice item. The results indicate that the use of realia is not often found, with the mean of 2.13 on the frequency items in the scale 1-4, and the lowest value is found on the tangible objects frequency item, namely 1.63 with 81.0 % negative responses. In contrast, 54.3 % of students believe that printed material helps them learn, and reports seldom use it in the classroom. Self-perceived development of integrated skills was also low (mean = 2.13), with listening comprehension being the lowest (mean = 2.03). The study concludes that a resource that is readily available in the immediate environment is underutilized, and suggests the use of printed and cultural realia, which are possible in low connectivity situations. The design is descriptive and cannot be used to make causal inferences.**

***Keywords: realia; authentic materials; integrated skills; language teaching; rural education***

## INTRODUCTION

English is a key language in the Ecuadorian national curriculum and is required as a subject in all basic and upper secondary levels. It is not just an academic requirement but a prerequisite for access to global information, higher education and labor mobility, as the global reframing of English language teaching described by Rose and Galloway (1) suggests. However, there is a significant gap between the curricular aspiration and classroom outcome, and this gap is even larger in rural schools with poor connectivity, limited technological infrastructure, and a lack of commercially produced teaching materials.

In this context, the issue is not what advanced resources should be used, but what resource, available in the limited context, is not being used to its potential. Realia, real objects, real texts, images, and cultural artefacts from the learner's own context that are presented in the classroom without pedagogical simplification, is one such resource. Unlike digital platforms, Realia does not need bandwidth, nor does it need to be licensed; it only needs the teacher to recognize the didactic potential of a food container, a bus timetable, a local photograph or a traditional tale. The pedagogical justification of realia is based on the relationship between form and meaning.

The meta-analysis by Webb et al. (2) shows that exposure to meaningful input in reading, listening and combined modes results in significant incidental vocabulary learning, and the repeated, meaningful encounters with the item in this way are a focus of accounts of vocabulary learning. Bhatti et al. (3) found that the realia-mediated instruction yielded significantly superior vocabulary performance in the experimental group as compared to the control group. In the qualitative study using teachers of young learners, Sitepu and Kurniawati (4) discovered that realia were used for introducing new vocabulary and checking the understanding of the students, which was not done by conventional materials in the learning process. Ahmadova (5) places realia in the context of a wider description of contextualised input, which covers vocabulary, listening, oral fluency and cultural competence.

There are more recent pieces of evidence for productive skills. In speaking activities, Ayu et al. (6) studied the perceptions of junior secondary students about realia-based scaffolding and reported the perceived benefits, as well as the practical challenges teachers face when using realia. In Ecuador, Nevárez Zambrano et al. (7) evaluated the use of real objects to enhance speaking in a rural primary class and found the method to be effective and viable in the material limitations of rural primary schools. The broader literature on authentic materials is in a similar direction: Peacock (8) found that the use of authentic materials led to marked improvements in on-task behaviour and observed motivation, while more recent studies linked authentic input to improvements in reading comprehension (9) and motivation (10).

The second axis of this study is the construct of integrated skills. The integrated approach to listening, speaking, reading and writing is based on the premise that communicative competence is achieved when listening and speaking skills are used together in a meaningful task, as are reading and writing. The position is expressed in the Common European Framework of Reference (CEFR) in its action-oriented approach, where learners are considered as social agents who work in real situations (11). In the study of the integral teaching of listening with speaking, Shago et al. (12) discovered that teachers in general advocate for integration in theory but do not do so uniformly in reality. Realia is appropriate for this model because an artefact can be used to sequence a task that involves reading, discussion, listening and written production.

The Ecuadorian evidence base refines this picture. Orosz et al. (13) discovered that public school teachers are aware of the importance of the subject, but they do not always follow the intent of the curriculum in their classroom practice and in-service training is not always available. With eighth year basic education students, Soledispa Gutiérrez (14) found that the didactic procedures implemented in English limit vocabulary development. Alvarez et al. (15) conducted a survey of 113 primary EFL teachers and found that there was a gap between teachers' beliefs about curriculum reform and their practices. Together, these studies indicate that the limitation of English in Ecuador is not only material.

Tufiño's choice is no accident. It is a rural parish in the northern Province of Ecuador with the infrastructural challenges that are common to rural school education: intermittent connectivity, finite technological equipment, and few commercially produced English materials. The artefacts measured by the instrument; however, there are no bandwidth or purchase requirements for the immediate environment of the local images, recipes and traditional narratives. The setting is thus

a critical case, as the pedagogical explanation is separated from the economic one when the material itself is free from a cost.

Three gaps remain. First, most empirical studies on realia are experimental, use small samples and focus on one skill; there is little descriptive evidence regarding the actual use of realia in the regular classroom. Secondly, the Ecuadorian rural context is poorly represented internationally. Thirdly, research seldom investigates the realia use and the learners' perception of their skill development in the same instrument and population.

This study thus presents the frequency of use of the various categories of realia and students' self-assessment of the four integrated skills for the total population of the upper basic education of one rural school in Carchi province. The analysis is based on three questions: What are the most and least frequently used realia? How do students feel they have developed in their listening, speaking, reading and writing skills? and Which type of teaching material do they feel is most suitable for learning English? There is no intervention tested and no causal effect is claimed.

## MATERIALS AND METHODS

A quantitative, descriptive, cross sectional and non-experimental design was used. There were no manipulation of any variables and no introduction of any intervention; data were collected at one time in the natural setting of the participating institution. The design was chosen because the research questions are about the current level of resource use and self-perceived competence, rather than the impact of a treatment.

The study took place in a public school in the parish of Tufiño, in the Canton of Tulcán, in Carchi province, in the northern Andean highlands of Ecuador. It is in a rural area and must work within the limitations of internet access and technological equipment, which are shared by many schools in the region. No sampling procedure was used; the entire upper basic education population was surveyed, consisting of 105 students in the 8th, 9th and 10th years in the 2025-2026 school year. A census does not have sampling error, but it does not talk about a broader population.

A 23-item structured questionnaire was completed. The items 1-22 are rated on a 4-point ordinal scale, with 4 indicating always, 3 indicating almost always, 2 indicating sometimes, and 1 indicating never. The items from 1 to 10 refer to the presence of Realia in English lessons, which includes the following categories as defined in the theoretical framework: physical realia (container, clothing and pedagogical banknotes), printed realia (brochures, magazines, menus and geographical maps), student-produced realia (final projects and images of the surrounding environment) and cultural and situational realia (images of landmarks, traditional tales and culinary recipes). Items 11-22 focus on the students' own perceptions of the development of the four integrated skills, with three items on listening, four on speaking, two on reading and three on writing. The question 23 is a single-choice question where students must choose the most suitable material for learning English: printed material, educational projects or interactive games.

Items were written in Spanish, the students' first language, to prevent any confounding of comprehension of the instrument with the English language proficiency being studied. The

content validity was assessed by experts prior to administration, and the wording was modified based on the content validity assessment. The content of the test was judged as valid before being administered, and the wording of the items was modified based on the comments of the judges. Internal-consistency coefficients are not reported. The analysis was based on the marginal distribution of responses per item (marginal distribution analysis), which allows the estimation of the means and dispersion of each item, but not of inter-item covariance; therefore, the internal-consistency coefficients cannot be derived from the available data. This restriction does not apply to the results of this study as the results are item-level descriptive statistics for the full population and do not form composite scores, test hypotheses, or estimate relationships between constructs. As with Zakariya (16) no global coefficient is reported across the 22 items because a single value computed over a multidimensional set would not be evidence of scale quality. The entire instrument is attached as an appendix, and future applications should report the reliability of the instrument in each dimension in addition to Cronbach's alpha, including McDonald's omega.

The participants are minors and the school administration has given institutional authorization, as well as informed consent from parents/legal guardians, for data collection. Students gave their assent, participation was voluntary and anonymous, and no identifying information was recorded. Students were told about the study and their right to refuse or withdraw without penalty. The questionnaire was administered in class with the researcher's supervision and clarification was given on demand with no suggestions of answers.

Responses were tabulated and cleaned in a spreadsheet. Absolute frequencies and percentages were computed for each item on valid responses; there were no missing responses, and all 22 ordinal items had 105 valid responses. To allow for comparison across items, a mean and a standard deviation were calculated for each item, with the scale values of 4, 3, 2 and 1 assigned to the response categories of always, almost always, sometimes, and never, respectively, and the four categories were collapsed into a binary classification of positive (always and almost always) and negative (sometimes and never). The Dimension scores were calculated as the average of the means of the items in each dimension. The design was descriptive, and no inferential or correlational tests were performed, nor is any association between realia use and skill development claimed, as no item-level covariance was analyzed.

## RESULTS

Table 1 presents the distribution of responses for items 1 to 10, together with the mean, standard deviation and the proportion of positive and negative responses. Figure 1 displays the same distributions ordered by item means, so that the balance between positive and negative responses can be compared across items briefly.

***Tabla 1. Frecuencia de uso de realia en las clases de inglés (n = 105).***

| Ítem | S | CS | AV | N | M | DE | Pos % | Neg % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Interactive materials | 24 | 18 | 42 | 21 | 2.43 | 1.05 | 40.0 | 60.0 |
| 2. Tangible objects | 8 | 12 | 18 | 67 | 1.63 | 0.96 | 19.0 | 81.0 |
| 3. Printed material helps [opinion] | 41 | 16 | 42 | 6 | 2.88 | 1.01 | 54.3 | 45.7 |
| 4. Real images for speaking | 29 | 11 | 50 | 15 | 2.51 | 1.05 | 38.1 | 61.9 |
| 5. Magazines for reading | 20 | 19 | 45 | 21 | 2.36 | 1.01 | 37.1 | 62.9 |
| 6. Recipes for vocabulary | 21 | 17 | 28 | 39 | 2.19 | 1.14 | 36.2 | 63.8 |
| 7. Tales for listening | 10 | 20 | 38 | 37 | 2.03 | 0.97 | 28.6 | 71.4 |
| 8. Projects with food items | 19 | 17 | 28 | 41 | 2.13 | 1.13 | 34.3 | 65.7 |
| 9. Images of world landmarks | 10 | 18 | 35 | 42 | 1.96 | 0.98 | 26.7 | 73.3 |
| 10. Images of local environment | 14 | 11 | 35 | 45 | 1.94 | 1.04 | 23.8 | 76.2 |

***Fuente: Elaboración propia.***

*Nota: S = siempre; CS = casi siempre; AV = a veces; N = nunca. M y DE calculadas en escala 1-4 (4 = siempre).*

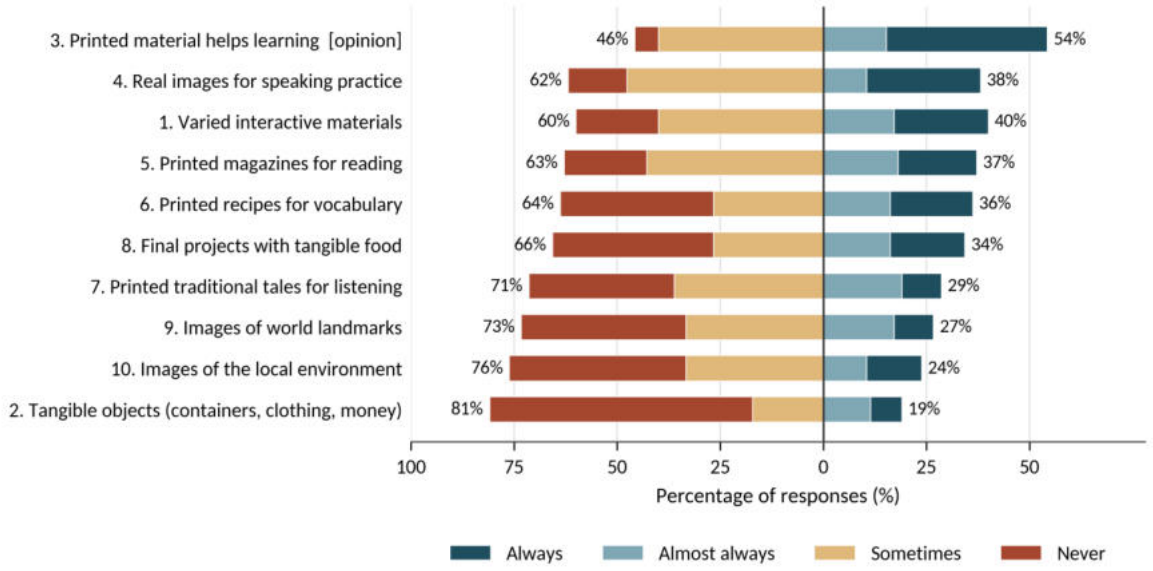



***Figura 1. Distribución de respuestas sobre el uso de Realia, ordenadas por media del ítem (n = 105)***

***Fuente: Elaboración propia.***

*Nota: las barras divergen desde un eje central; las respuestas negativas se extienden a la izquierda y las positivas a la derecha.*

The remaining nine items measure the frequency of a classroom practice, whereas Item 3 measures student opinion, so it is reported separately. The mean for the nine frequency items was 2.13, which is lower than the theoretical mean of 2.50, suggesting that realia is used in lessons but not regularly. The six items measuring teacher practice had an average of 2.19 and the three items measuring student activity had an average of 2.01. Standard deviations are not reported at the dimension level because they would need to be computed based on composite scores per respondent, and the marginal distributions provided for this analysis do not allow for that.

The lowest value was for the use of tangible objects (containers, clothing and pedagogical banknotes) (M = 1.63; DE = 0.96): 81.0% of students chose sometimes or never, and 63.8 % chose never alone. This is the most distinct outcome in the data set. Images of the local environment (item 10, M = 1.94) and images of world landmarks (item 9, M = 1.96) are also grouped at the bottom, suggesting that visual realia from either the immediate or the wider cultural context is seldom used.

The highest value is for item 3 (M = 2.88; DE = 1.01) which is the only item in the block that measures opinion rather than observed frequency: 54.3 % of students feel that printed materials like brochures, magazines, menus and maps help them learn English. The highest scores are for the use of varied interactive materials (item 1, M = 2.43) and real images for speaking practice (item 4, M = 2.51) among the items that measure frequency. The pattern of this block is most informative when compared to the favorable opinion expressed in item 3 and the low reported

frequency in items 5-7, which refer to the actual classroom use of printed magazines, recipes and tales (M = 2.36, 2.19 and 2.03 respectively).

Figure 2 contrasts the proportion of positive responses to item 3, which measures opinion about printed material, with the proportion of positive responses to items 5 to 7, which measure the reported classroom use of magazines, recipes and tales.

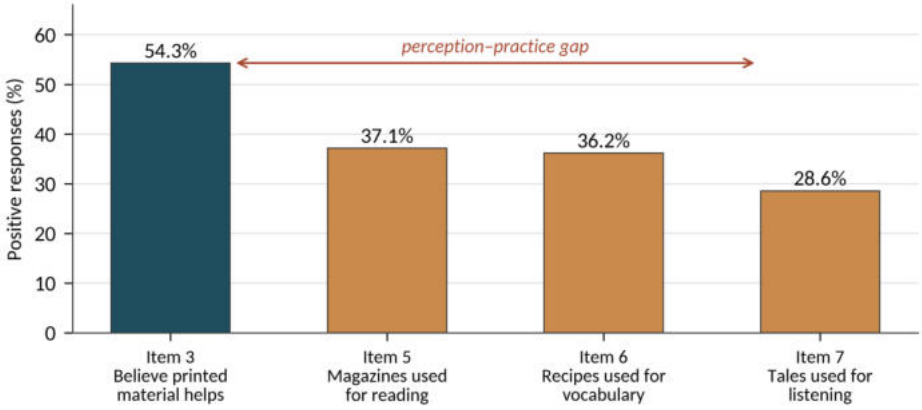



***Figura 2. Percepción del material impreso frente a su uso reportado en clase (n = 105)***

***Fuente: Elaboración propia.***

*Nota: las barras muestran la proporción de respuestas positivas. El ítem 3 recoge opinión; los ítems 5 a 7 recogen frecuencia de uso.*

Table 2 presents the results for items 11 to 22, organized by skill, and Figure 2 shows the corresponding response distributions grouped into the four skill blocks.

***Tabla 2. Percepción del desarrollo de las habilidades integradas del inglés (n = 105).***

| Ítem | Destreza | S | CS | AV | N | M | DE | Pos % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11. Main ideas in audio | Listening | 14 | 10 | 46 | 35 | 2.03 | 0.99 | 22.9 |
| 12. Vocabulary in audio | | 10 | 11 | 49 | 35 | 1.96 | 0.91 | 20.0 |
| 13. Understands a dialogue | | 17 | 9 | 45 | 34 | 2.09 | 1.03 | 24.8 |
| 14. Communicates fluently | Speaking | 14 | 15 | 40 | 36 | 2.07 | 1.01 | 27.6 |
| 15. Pronounces correctly | | 20 | 15 | 40 | 30 | 2.24 | 1.07 | 33.3 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 16. Spoken sentence structure | | 21 | 16 | 37 | 31 | 2.26 | 1.09 | 35.2 |
| 17. Vocabulary when presenting | | 15 | 17 | 36 | 37 | 2.10 | 1.04 | 30.5 |
| 18. Reads a text correctly | Reading | 24 | 22 | 40 | 19 | 2.49 | 1.04 | 43.8 |
| 19. Written vocabulary | | 10 | 13 | 48 | 34 | 1.99 | 0.91 | 21.9 |
| 20. Spells correctly | Writing | 9 | 9 | 49 | 38 | 1.90 | 0.89 | 17.1 |
| 21. Written sentence structure | | 23 | 18 | 35 | 29 | 2.33 | 1.11 | 39.0 |
| 22. Vocabulary when writing | | 18 | 15 | 36 | 36 | 2.14 | 1.08 | 31.4 |

***Fuente: elaboración propia.***

***Nota:*** *la destreza se indica una sola vez, en el primer ítem de cada bloque.*

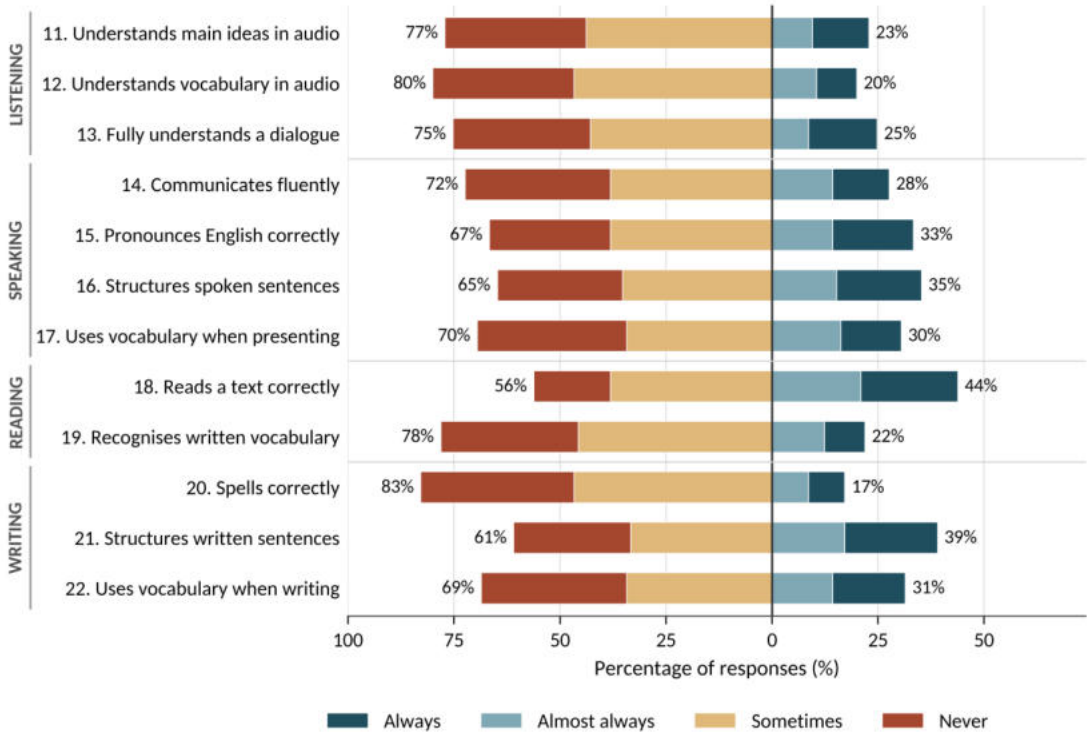



***Figura 3. Distribución de respuestas sobre la percepción del desarrollo de las habilidades integradas, por destreza (n = 105)***

***Fuente: Elaboración propia.***

*Nota: las líneas horizontales separan los cuatro bloques de destrezas.*

The mean for the 12 skill items was 2.13, with 71.0 % of the responses being negative. The meaning of self-perceived competence is therefore low and is consistently lower than the realia block, with no single skill item reaching a mean of 2.49. Listening was the lowest rated dimension (M = 2.03), and in this dimension, the item on understanding vocabulary in audio exercises (item 12, M = 1.96) received 80.0 % negative responses. The lowest single score was for correct spelling (M = 1.90; 82.9 % negative), followed by writing. Speaking (M = 2.16) and reading (M = 2.24) were slightly above the scale center but still were not at the center.

There are two exceptions to this trend. Reading a text in English correctly (item 18, M = 2.49; 43.8 % positive) and structuring sentences when writing (item 21, M = 2.33; 39.0 % positive) are the two highest values in the block, suggesting that decoding and formal sentence construction are perceived as more accessible than the comprehension and production of meaning in real time.

The meaning of each dimension is compared to the theoretical mid-point of the scale in Figure 3. All dimensions are below that mid-point. The realia frequency block and the aggregate of the twelve skill items are the same at 2.13, and the spread between the four skills is narrow, ranging from 2.03 for listening to 2.24 for reading.

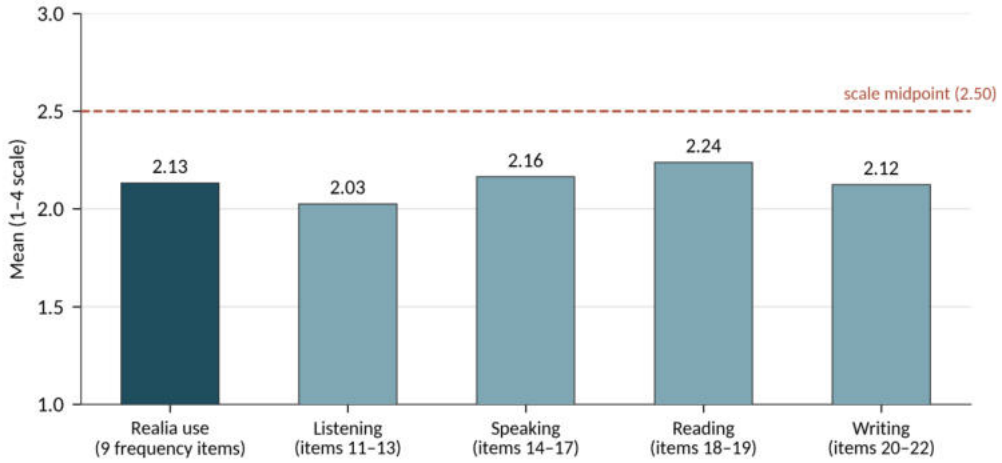



***Figura 4. Medias por dimensión frente al punto medio de la escala (n = 105)***

***Fuente: elaboración propia.***

*Nota: los valores son el promedio de las medias de los ítems de cada dimensión en escala 1-4. El ítem 3 se excluye de la dimensión de realia por medir opinión y no frecuencia.*

Item 23 asked students which teaching material they consider most appropriate for learning English. Educational projects were selected by 41 students (39.0 %), interactive games 33 (31.4 %) and printed material by 31 (29.5 %). The distribution is close to even, with no option

commanding a majority, which suggests that preference is not concentrated on any single resource type.

## DISCUSSION

These data show that there is a gap between the pedagogical value given to realia in literature and the use of realia in these classrooms. Realia is present, but not consistently: two thirds of the responses to the frequency items were in the negative range, and the category that has the most theoretical justification, tangible objects that can be handled, had the lowest value of the instrument.

This outcome is hard to explain in terms of the scarcity of materials. They are free and have no infrastructure, while in a rural environment they are more accessible than the digital resources whose absence is often blamed as the main barrier to the teaching of English. The pattern is not a resource constraint but rather a methodological constraint. Similar challenges were reported by Ayu et al. (6) in a junior secondary setting, where the challenges were not economic but organizational and pedagogical. This reading is supported by recent measurement work that has demonstrated that pedagogical beliefs and pedagogical content knowledge are linked and that their interaction is related to how instructional materials are used (Almunawaroh et al., 17) and whether a teacher uses them constructively or transmissivity (Almunawaroh and Steklács, 18). The important factor to consider is not the physical availability of the materials, but how the teacher thinks about using them.

This reading is reinforced by the contrast between item 3 and items 5-7 (Figure 4). Over half of the students find printed materials useful, but the same students say that magazines, recipes and traditional stories are rarely introduced into the lesson. A resource that is useful to learners and is appropriate to the connectivity constraints of the setting is not being used. This is in line with Nevárez Zambrano et al. (7) who found that real objects are effective and feasible in a rural classroom in Ecuador and Nevárez Rosado et al. (19) who reported that methodological decisions, not resources, are what lead to the development of oral skills. A similar finding was reported by Soledispa Gutiérrez (14) who arrived at a similar conclusion about the didactic repertoire's narrowness, and by Alvarez et al. (15) who reported the same belief-practice gap among teachers in Ecuador.

Self-perceived competence was consistently low on the second axis, with listening being the lowest. That listening should be weakest is consistent with the reported input profile, as audio material presupposes either recorded resources or sustained teacher-led oral production. The absence of authentic input, material and context are cited as the main causes of listening difficulty by Shamsi and Bozorgian (20), which directly links the two blocks of this study; that is, the skill that is most dependent on the authentic material is the one that learner’s rate as the lowest. The evidence also suggests patience: Milliner and Dimoski (21) found only small gains in self-efficacy with the lower-proficiency learners in their metacognitive intervention, and Pei et al. (22) reported gains in comprehension but not in self-efficacy. Low self-assessment seems to be a treatment-resistant symptom, further supporting the need for long-term changes in input conditions. Shago et al. (12) noted the same disparity between endorsed and enacted integration.

The split in item 23 is close, indicating that the three options were not widely experienced and not a true choice. The two blocks thus represent one situation: the action-oriented approach of the Common European Framework (11) puts the learner in the role of a social agent who has to perform tasks in authentic contexts, and when there is a lack of realia, it is difficult to design such tasks. The evidence on vocabulary (3), multi-sensory engagement (4), skill breadth (5), motivation (8, 10) and reading comprehension (9) all point to one mechanism: authentic input anchors form to meaning. This study records the state of the thing when it is not working.

Three implications follow. First, the least used and least expensive categories, realia (physical and printed), should be targeted. Second, the weakest dimension, listening, can be worked on with teacher-narrated stories and locally recorded material, without any infrastructural cost. Third, the focus of change is on teacher development, not on materials provision. Orosz et al. (13) identified that the teachers in the public sector in Ecuador are aware of the curricular value of English but have not received ongoing in-service training, meaning practice does not match up with curricular intent. If this training is not available, the didactic potential of an everyday artefact is not recognized and a free resource is not used, even if it is available. The present data demonstrate just this: materials that are free and locally available have the lowest frequency of the instrument, and the same students say that they would learn with printed materials. This barrier is therefore methodological and not economic (17, 18).

These findings are subject to several caveats. The study is conducted in one institution and the number of students involved is 105, which is not generalisable. All data is self-reported, and no external proficiency test was administered, which means that there may be some discrepancy between perception and competence. The design is descriptive, and it is not possible to make a causal inference. Results are disaggregated because the instrument mixes referents in the first block. Due to the analysis of only marginal distributions, dimension-level dispersion and inter-item associations were not calculated. Lastly, the pilot was administered before the full administration in the same institution, and the reliability estimate is not based on an independent sample.

## CONCLUSIONS

The purpose of this study was to describe the frequency of realia use and the self-perceived development of integrated English language skills of the total population of the upper basic education of a rural school in Carchi province, Ecuador.

Although realia is the least costly and most readily available category of all, it is used infrequently, with a mean of 2.13 on a scale of 1 to 4 across the nine frequency items, and the category with the highest percentage of negative responses (81.0 %). Students still find printed authentic material useful in their learning as 54.3 % of them responded positively, but they reported that printed authentic material is rarely used in class. This gap is a clear immediate and low-cost opportunity for pedagogical change.

Second, the mean scores for self-perceived development of the four integrated skills are low for all of them, with listening being the weakest dimension (2.03) and spelling the weakest individual

item (1.90). There is an even split of preference for material type, reflecting limited exposure to any material type.

Third, the evidence allows for a very limited but definite conclusion: in this context, the problem with contextualized English teaching is not the lack of materials, but the lack of systematic use of them in teaching. Future studies should include more than one institution, add classroom observation and standardized proficiency assessment to the self-report, and experiment to determine if structured realia-based sequences result in measurable improvements in the integrated skills of rural Ecuadorian school learners.

## DECLARATION OF INTERESTS

Los autores declaran no tener conflicto de interés. La investigación no recibió financiamiento externo.

## BIBLIOGRAFIC REFERENCES

1. Rose H, Galloway N. Global Englishes for language teaching. Cambridge: Cambridge University Press; 2019. doi: 10.1017/9781316678343
2. Webb S, Uchihara T, Yanagisawa A. How effective is second language incidental vocabulary learning? A meta-analysis. Lang Teach. 2023;56(2):161-80. doi: 10.1017/S0261444822000507
3. Bhatti MS, Habibie A, Noreen S, Hussain S, Bajwa S. Realia-mediated instruction: an effective tool for improving young learners' vocabulary skills. Al-Lisan J Bahasa. 2021;6(2):157-66. doi: 10.30603/al.v7i2.2176
4. Sitepu SB, Kurniawati LA. An exploration on the use of realia-mediated instruction for teaching English for young learners. Res Innov Lang Learn. 2021;4(1):36-51. doi: 10.33603/rill.v4i1.4216
5. Ahmadova K. Learning through the lens of realia: expanding language skills with real-world contexts. Acta Glob Humanit Linguarum. 2025;2(5):78-88. doi: 10.69760/aghel.0250050007
6. Ayu A, Karim SA, Matas G, Sudiro S. Exploring junior high school students' perceptions of realia-based scaffolding during EFL speaking activities. Zb Rad Filoz Fak Splitu. 2025;(18):77-94. doi: 10.38003/zrffs.18.4
7. Nevárez Zambrano MM, Romero Zambrano LM, Nevárez Rosado DM, Loor Bailón ET, Moreira Acosta MA. Use realia for strengthening the speaking skill in third basic year students in rural school. Cienc Lat Rev Cient Multidiscip. 2025;9(1):5606-25. doi: 10.37811/cl_rcm.v9i1.16241
8. Peacock M. The effect of authentic materials on the motivation of EFL learners. ELT J. 1997;51(2):144-56. doi: 10.1093/elt/51.2.144

9. Jihad N, Nasriandi N, Jusriati J. Building up students' reading comprehension through strategy using authentic materials at senior high school. IDEAS J Engl Lang Teach Learn Linguist Lit. 2023;11(2):1031-9. doi: 10.24256/ideas.v11i2.3721

10. Sabir G, Hammad FA. The effects of using authentic materials on motivating EFL learners. Sprin J Arts Humanit Soc Sci. 2023;1(12):40-8. doi: 10.55559/sjahss.v1i12.75

11. Council of Europe. Common European Framework of Reference for Languages: learning, teaching, assessment – companion volume. Strasbourg: Council of Europe Publishing; 2020. ISBN 978-92-871-8621-8

12. Shago AB, Bushisso EW, Olamo TG. Investigating university English as a foreign language instructors' implementations in teaching integral listening with speaking. PLoS One. 2025;20(8):e0327029. doi: 10.1371/journal.pone.0327029

13. Orosz A, Monzón M, Velasco P. Ecuadorian teachers' perceptions of teaching English: challenges in the public education sector. Int J Learn Teach Educ Res. 2021;20(3):229-49. doi: 10.26803/ijlter.20.3.14

14. Soledispa Gutiérrez PR. Procedimientos didácticos para la enseñanza del idioma inglés y su incidencia en el aprendizaje de vocabulario en los estudiantes de octavo año básico de la Unidad Educativa Fiscal "Alejo Lascano" de Jipijapa. Rev Cient Sinapsis. 2024;24(1). doi: 10.37117/s.v24i1.630

15. Alvarez C, Ruiz L, Bonilla J, Fajardo Y. English language teaching in Ecuadorian primary schools: teacher beliefs in the context of the curriculum reform versus actual practices. Int Electron J Elem Educ. 2025;17(4):479-90. doi: 10.26822/iejee.2025.393

16. Zakariya YF. Cronbach's alpha in mathematics education research: its appropriateness, overuse, and alternatives in estimating scale reliability. Front Psychol. 2022;13:1074430. doi: 10.3389/fpsyg.2022.1074430

17. Almunawaroh NF, Diem CD, Steklács J. EFL teachers' pedagogical beliefs, pedagogical content knowledge, and instructional material use: a scale development and validation. Cogent Educ. 2024;11(1):2379696. doi: 10.1080/2331186X.2024.2379696

18. Almunawaroh NF, Steklács J. The interplay of secondary EFL teachers' pedagogical beliefs and pedagogical content knowledge with their instructional material use approach orientation. Heliyon. 2025;11(2):e42065. doi: 10.1016/j.heliyon.2025.e42065

19. Nevárez Rosado DM, Romero Zambrano LM, Nevárez Zambrano MM, Loor Bailón ET, Moreira Acosta MA. The direct method in the development of English-speaking skill. Cienc Lat Rev Cient Multidiscip. 2025;9(1):5311-26. doi: 10.37811/cl_rcm.v9i1.16216

20. Shamsi E, Bozorgian H. Collaborative listening using multimedia through metacognitive instruction: a case study with less-skilled and more-skilled EFL learners. Asian Pac J Second Foreign Lang Educ. 2024;9:25. doi: 10.1186/s40862-023-00248-8

21. Milliner B, Dimoski B. The effects of a metacognitive intervention on lower-proficiency EFL learners' listening comprehension and listening self-efficacy. Lang Teach Res. 2024;28(2):679-713. doi: 10.1177/13621688211004646

22. Pei T, Suwanthep J, Lu H. The effect of self-directed online metacognitive listening practice on Chinese EFL learners' listening ability, metacognition, and self-efficacy. Front Psychol. 2023;14:1285059. doi: 10.3389/fpsyg.2023.1285059.

InvestiGO Revista Científica Multidisciplinaria
ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Octubre 2026
Vol. 7 No. 21, PP. 16-30
https://doi.org/10.56519/8vjftc35

# DINÁMICA EPIDEMIOLÓGICA, TRANSMISIÓN Y FACTORES DE TOXOPLASMA GONDII EN FAUNA DOMÉSTICA Y SILVESTRE DE GALÁPAGOS: REVISIÓN SISTÉMICA DE LA LITERATURA CIENTÍFICA

# EPIDEMIOLOGICAL DYNAMICS, TRANSMISSION, AND FACTORS OF TOXOPLASMA GONDII IN DOMESTIC AND WILD FAUNA OF THE GALAPAGOS: A SYSTEMATIC REVIEW OF THE SCIENTIFIC LITERATURE

Mildred Dayanna Carrillo-Paguay[1], Washington Fernando Carrasco-Sangache[2]

{maripaguay1995gmail.com[1], wcarrasco@ueb.edu.ec[2]}

Fecha de recepción: 24/06/2026 / Fecha de aceptación: 14/08/2026 / Fecha de publicación: 16/09/2026

**RESUMEN: El *Toxoplasma gondii* es un patógeno zoonótico que constituye una seria amenaza para la fauna insular que debido a su aislamiento geográfico carece de inmunidad adaptativa. Esta revisión sistemática tiene como objetivo evaluar la prevalencia, los factores de riesgo y la dinámica de transmisión del parásito en poblaciones de animales domésticos y silvestres de las Islas Galápagos. Se siguieron los parámetros establecidos por la directrices PRISMA, a partir de la cual, se seleccionaron siete artículos originales, revisados por pares, que analizan de forma directa la infección en muestras de fauna, del archipiélago. Los resultados muestran que el patógeno tiene una amplia circulación en las islas. Las especies en las que se encontró presencia del parasito incluyen perros, gatos, aves, mamíferos marinos e invertebrados marinos. En las aves endémicas, la infección se deriva de factores tróficos, las aves carnívoras ocasionales y carroñeras presentaron mayor exposición, lo que podría indicar que el consumo de quistes tisulares es la principal vía de transmisión. En lobos marinos, de igual modo se denotó una elevada seroprevalencia. Asimismo, según un análisis molecular en ostras de mangla también se identificó la exposición a *Toxopasma gondii*. Esta transmisión se ve influenciada por las lluvias y corrientes que diseminan los quistes. Incluso se han encontrado animales expuestos en las islas libres de gatos demostrando la amplia contaminación de las Islas Galápagos favorecida por la conexión entre los ecosistemas terrestre y marino. Esto resultados demuestran que es necesario implementar estrategias de conservación y control poblacional de especies introducidas bajo la visión de una sola salud.**

[1]Universidad Estatal de Bolívar – Ecuador, https://orcid.org/0009-0003-7790-9407
[2]Universidad Estatal de Bolívar – Ecuador, https://orcid.org/0000-0001-6634-0612

***Palabras clave: Toxoplasma gondii, Islas Galápagos, Zoonosis, Fauna silvestre***

**ABSTRACT: Toxoplasma gondii is a zoonotic pathogen that poses a severe threat to island wildlife, which lacks adaptive immunity due to its geographical isolation. This systematic review aims to evaluate the prevalence, risk factors, and transmission dynamics of the parasite in domestic and wild animal populations of the Galapagos Islands. Following the parameters established by the PRISMA guidelines, seven original, peer-reviewed articles directly analyzing infection in fauna samples from the archipelago were selected. The results show that the pathogen circulates widely across the islands. Species in which the parasite was detected include dogs, cats, birds, marine mammals, and marine invertebrates. In endemic birds, infection stems from trophic factors, with occasional carnivorous and scavenger birds exhibiting higher exposure, suggesting that the consumption of tissue cysts is the primary transmission route. Similarly, a high seroprevalence was observed in sea lions. Furthermore, molecular analysis in mangrove oysters also identified exposure to Toxoplasma gondii. This transmission is influenced by rainfall and currents that disseminate the oocysts. Exposed animals have even been found on cat-free islands, demonstrating widespread contamination in the Galapagos Islands favored by the connectivity between terrestrial and marine ecosystems. These findings demonstrate the necessity of implementing conservation strategies and population control of introduced species under a One Health perspective.**

***Keywords: Toxoplasma gondii, Galapagos Islands, Zoonosis, Wildlife***

## INTRODUCCIÓN

*Toxoplasma gondii* es un protozoo parásito intracelular obligado que se distribuye a nivel mundial, y es reconocido por su capacidad para infectar a cualquier especie de animal homeotermo. El ciclo de vida de este protozoario es complejo y dicotómico: su fase de reproducción sexual ocurre exclusivamente en el tracto intestinal de los felinos (hospedadores definitivos), finalizando con la excreción de millones de ooquistes al medio ambiente a través de las heces. Una vez en el exterior, los ooquistes esporulan y se vuelven infecciosos y resistentes, pudiendo sobrevivir durante meses o incluso años en el suelo y el agua (1). Los hospedadores intermediarios adquieren la infección principalmente a través de dos vías: la ingestión de ooquistes esporulados presentes en el ambiente contaminado, o el consumo de quistes tisulares alojados en los músculos y órganos de presas infectadas (2).

Las islas Galápagos debido a su biodiversidad endémica son reconocidas de forma mundial, como uno de los santuarios de especies más susceptibles a ser vulnerados, afectados e incluso atacados por otras especies (3). Si bien, en gran parte de la historia humana el aislamiento geográfico mantuvo protegidas a las especies locales, actualmente estas especies son susceptibles de patógenos con los que nunca habían tenido contacto alguno (4). Entre estas nuevas amenazas, el *Toxoplasma gondii* es un agente patógeno que desencadena la toxoplasmosis, asimismo este

protozoo intracelular obligado, tiene una destacada importancia debido a su potencial zoonótico y a su capacidad para infectar de forma general a todos los animales de sangre caliente (5).

El gato domestico es el único huésped definitivo capaz de mantener la reproducción sexual del parásito, por lo que esta especie actúa como fuente primaria de contaminación al liberar ooquistes que son resistentes en el ambiente (6,7). La fauna silvestre endémica actúa como huésped intermediario del *Toxoplasma gondii* y adquiere la infección mediante la ingesta de los ooquistes (4,8). Finalmente, la diseminación de este protozoario ocurre debido a que las características del suelo, el agua, las corrientes marinas y los bosques de macroalgas facilitan el transporte de los ooquistes, lo cual conecta de forma dinámica los ecosistemas terrestres y marinos (9). Esto demuestra la complejidad de transmisión de *T. gondii* en el ecosistema insular debido a la relación existente entre los hospedadores, la contaminación ambiental y las interacciones tróficas.

Originalmente las islas Galápagos se mantuvieron sin presencia de felinos, sin embargo con la introducción de gatos domésticos, la fauna local se vio atacada (10). Actualmente la población de gatos asilvestrados y domésticos, se han convertido en el foco de infección de este parasito, en el entorno costero e insular (4). La introducción de gatos domésticos en las Islas Galápagos ha creado una nueva vía para la transmisión *de T. gondii*, amenazando a la fauna endémica vulnerable y complicando los esfuerzos de conservación (11). Aunque las poblaciones de gatos ferales y domésticos se encuentran restringidas a las islas con asentamientos humanos (como Santa Cruz, San Cristóbal, Isabela y Floreana), la dispersión del parásito no se limita a las zonas urbanas. La presencia y proliferación del *Toxoplasma gondii*, ha dependido completamente de la familia de los félidos, sin importar que sean domésticos o silvestres, quienes actúan como huéspedes capaces de excretar ooquistes que son altamente tolerantes al medio ambiente (12,13) y que pueden diseminarse a través de diferentes vías gracias a las características topográficas y la lluvia que facilitan el arrastre de los ooquistes a través de la escorrentía superficial desde las tierras altas habitadas hacia los ecosistemas costeros y la reserva marina.

A pesar de que las enfermedades introducidas se han identificado como una de las principales causas de la disminución de especies en las islas Galápagos (4), la información sobre la magnitud epidemiológica de la toxoplasmosis en el archipiélago se encuentra dispersa. Por lo tanto, el objetivo de esta revisión sistemática es evaluar y sintetizar la evidencia científica disponible sobre la prevalencia, los factores de riesgo y la dinámica de transmisión de *Toxoplasma gondii* en la fauna doméstica y silvestre de las Islas Galápagos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Estrategia de Búsqueda y Fuentes de Información

La revisión sistemática de la literatura científica se realizó siguiendo las directrices de la declaración PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*). La búsqueda de los documentos se llevó a cabo en julio de 2026 en las bases de datos Scopus y

PubMed. No se aplicaron filtros ni restricciones respecto al año de publicación, idioma o tipo de documento en la configuración inicial de los motores de búsqueda para evitar la pérdida de estudios históricos o reportes iniciales en el archipiélago. La calve de búsqueda utilizada en ambas bases de datos fue:

("Toxoplasma gondii" OR Toxoplasmosis) AND ("Galapagos" OR "Galapagos Islands")

Los registros obtenidos de ambas bases de datos se exportaron en formato RIS a un gestor de referencias bibliográficas automatizado con el objetivo de organizar la información, asegurar la trazabilidad del proceso y mantener un registro de cada documento recuperado.

**Criterios de Elegibilidad**

Para la selección de los manuscritos se aplicaron criterios de inclusión y exclusión predefinidos y estructurados bajo el esquema de población, exposición y resultado.

Los criterios de inclusión fueron:

1. Artículos originales evaluados por pares, reportes de casos clínicos, estudios de vigilancia epidemiológica.

2. Investigaciones descriptivas u observacionales (estudios transversales, retrospectivos o de cohorte) que evaluaran la prevalencia, detección del parásito, factores de riesgo ambientales o biológicos, y la dinámica de transmisión de *Toxoplasma gondii* o toxoplasmosis.

3. Estudios realizados en muestras biológicas obtenidas directamente de especímenes de fauna silvestre (incluyendo aves terrestres y marinas, reptiles endémicos o nativos, y mamíferos terrestres y marinos) o animales domésticos (gatos, perros, cerdos, ganado caprino y bovino) ubicados geográficamente dentro del archipiélago de Galápagos.

Los criterios de exclusión fueron:

1. Artículos de revisión teórica, revisiones narrativas, revisiones sistemáticas previas, capítulos de libros, notas editoriales, resúmenes de congresos y cartas al editor que no aportaran datos primarios o muestren información empírica.

2. Estudios realizados en poblaciones humanas o enfocados en la práctica médica humana en las islas.

3. Investigaciones sobre toxoplasmosis desarrolladas en el territorio de Ecuador continental.

### Proceso de Selección y Cribado

El proceso de selección de los estudios se desarrolló en tres fases para garantizar el control de sesgos:

1. Eliminación de duplicados: Se identificaron y removieron los registros repetidos entre Scopus y PubMed seguido de una verificación manual línea por línea de los títulos y autores.

2. Cribado por título y resumen: Se descartaron los artículos que no se alineaban con el objetivo de la revisión o que cumplían claramente con los criterios de exclusión.

3. Evaluación a texto completo: Los artículos preseleccionados se leyeron completamente para confirmar el cumplimiento de todos los criterios de inclusión.

Los motivos de exclusión de cada artículo evaluado a texto completo se registraron en una bitácora para su posterior reporte cuantitativo en el diagrama de flujo de selección PRISMA (Figura 1).

### Extracción de Datos y Síntesis

De los artículos seleccionados para la revisión final, se extrajeron las variables cuantitativas y cualitativas mediante una matriz de extracción. Las variables utilizadas incluyeron: año de publicación, autores, isla de muestreo, especie animal evaluada, método de diagnóstico empleado y resultados relevantes. Asimismo, se extrajo el tamaño de la muestra ($n$), el número absoluto de casos positivos detectados, el porcentaje de prevalencia y los factores de riesgo asociados a la presencia de la infección. Los datos extraídos se consolidaron en una hoja de cálculo para su posterior análisis descriptivo y tabulación.

## RESULTADOS

Se obtuvieron un total 17 de registros iniciales (Scopus n= 8, PubMEd n= 9) de los cuales 7 eran duplicados. Tras la eliminación de duplicados y el cribado preliminar de títulos y resúmenes, se seleccionaron 10 artículos para su evaluación completa. Al aplicar los criterios de elegibilidad preestablecidos, se descartaron 3 documentos por las siguientes razones: un estudio fue excluido por realizarse en población humana fuera del área geográfica de interés (España), un documento se descartó por ser una carta al editor y un tercer artículo se excluyó debido a que analizaba la presencia del parásito en muestras de agua ambiental estuarina y dulce, sin ajustarse al criterio de muestreo directo en fauna. En consecuencia, la revisión sistemática incluyó 7 artículos originales que cumplieron con todos los criterios de inclusión, aportando evidencia sobre la prevalencia, detección y dinámica de Toxoplasma gondii en muestras de animales domésticos y silvestres de las Islas Galápagos (Tabla 1).

## Prevalencia y factores demográficos en la fauna doméstica

Los estudios enfocados en animales de compañía dentro de las Islas Galápagos reportan altas tasas de exposición a *Toxoplasma gondii*, tanto en felinos como en caninos.

### Gatos domésticos (*Felis silvestris catus*)

En el estudio de Levy *et al*. (14) evaluaron 52 gatos (26 hembras y 26 machos) en la Isla Isabela, capturados durante una campaña de esterilización. La mayoría de estos animales residía en la zona costera de Puerto Villamil, mientras que una pequeña proporción provenía de granjas en las tierras altas. Del total de la muestra, 15 gatos eran jóvenes (menores de 6 meses de edad) y 37 eran adultos. Mediante pruebas serológicas (ELISA), se determinó una seroprevalencia del 63% de *T. gondii*. En cuanto a los anticuerpos detectados se observó que el 62% (n= 32/52) presentó inmunoglobulinas G (IgG), mientras que el 15% (n = 8/52) presentó inmunoglobulinas M (IgM).

Al evaluar los factores de riesgo demográficos, el análisis estadístico no halló diferencias significativas en las tasas de infección entre machos y hembras. Sin embargo, la exposición al parásito mostró una fuerte asociación con la edad de los animales. Es así que la prevalencia fue del 84% en los gatos adultos en contraste con un 13% en los juveniles (Odds Ratio = 33.6; Intervalo de Confianza [IC] 95% = 5.0–293.6; $p < 0.0001$).

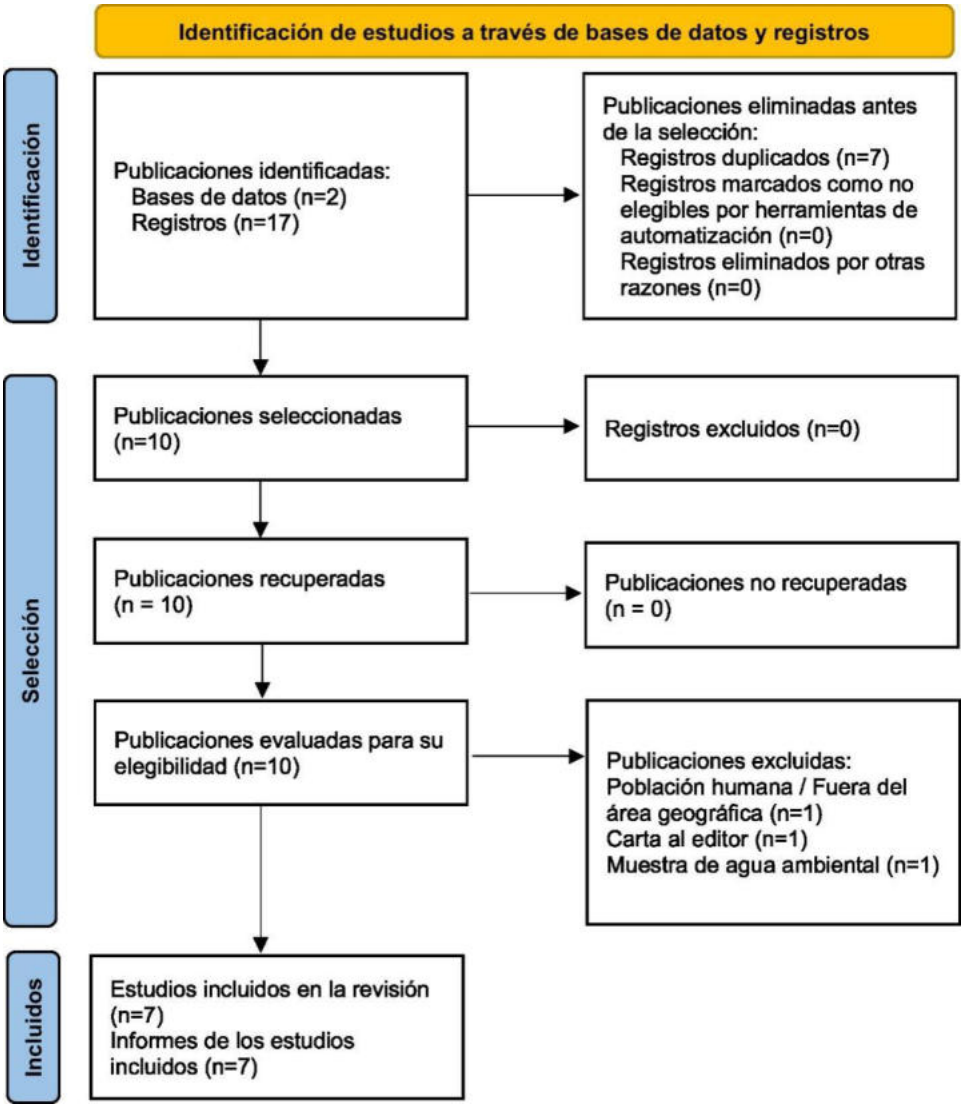



***Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA 2020.***

## Perros (*Canis lupus familiaris*)

La exposición en perros fue estudiada por Paredes-Núñez *et al*. (13) , quienes realizaron un tamizaje serológico en perros en situación de calle ("deambulantes") capturados durante campañas de esterilización durante el 2018 y 2019. Usando el kit comercial de ELISA, para la detección de anticuerpos contra la proteína P30, en la localidad de Santa Cruz, Galápagos, se recolectaron muestras de suero de 18 perros, donde 10 de los 18 presentaban exposición, lo que representa una seropositividad de 55.6% (IC 95%: 31.4–77.6%) en el archipiélago.

Los estudios informaban que, al momento de la evaluación, ninguno presentaba signos notables de la enfermedad. Adicionalmente, el análisis estadístico que incluyó la comparación con poblaciones caninas de las regiones continentales del país demostró que no existieron diferencias

significativas en los niveles de prevalencia entre áreas urbanas y rurales (p = 1), ni entre las distintas regiones geográficas estudiadas (p = 0.21).

**Aves**

Al evaluar las aves terrestres y marinas según su tipo de alimentación, se observaron diferencias significativas (4). Los carnívoros ocasionales presentaron la prevalencia más alta con 63.43% (IC 95%: 42.55–81.80), seguidos de los granívoros-insectívoros con el 26.22% (IC 95%: 18.71–34.92) y, finalmente, los piscívoros estrictos con 14.62% (IC 95%: 10.10–20.69).

El estudio de Mosquera *et al.* (4) evaluó a 163 aves terrestres pertenecientes a siete especies endémicas del orden Passeriformes, capturadas mediante redes de niebla en la Isla Santa Cruz (isla con asentamientos humanos y gatos domésticos). Empleando la prueba de aglutinación modificada, se determinó una seroprevalencia general del 29.31% (Intervalo de Confianza [IC] 95%: 21.60–38.00). La mayor prevalencia se registró en los sinsontes de Galápagos (*Mimus parvulus*, n=13) y en los pinzones cantores verdes (*Certhidea olivacea*, n=5), en ambos grupos el 100% positivos a *Toxoplasma gondii*. Por el contrario, la exposición más baja se observó en *Geospiza fortis* (n=34) con un 13.80% (IC 95%: 4.47–29.50).

En cuanto a las aves marinas Mosquera *et al*., (4) evaluaron 187 aves marinas de seis especies que anidan en las islas Daphne Mayor, Seymour Norte y Plaza Sur (todas catalogadas como libres de gatos). El análisis serológico mostró una prevalencia del 18.20% (IC 95%: 13.30–24.30), detectándose anticuerpos en cuatro de las seis especies de aves. La prevalencia más alta se observó en *Fregata magnificens* con el 56.25% (IC 95%: 33.18–76.90). En cambio, la fragata grande (*Fregata minor*, n=25) y la gaviota tijereta (*Creagrus furcatus*, n=23) fueron seronegativas.

Las aves marinas no voladoras o buceadoras fueron estudiadas por Deem *et al.* (2010). Se analizaron muestras de suero de Pingüinos de Galápagos (*Spheniscus mendiculus*, n=298) y Cormoranes no voladores (*Phalacrocorax harrisi*, n=258) recolectadas en colonias costeras de las islas Isabela (poblada por gatos) y Fernandina (libre de gatos). Utilizando la prueba MAT se halló una seroprevalencia del 2.3% en ambas especies.

Al comparar las tasas de exposición por isla, los pingüinos ubicados en la isla Fernandina mostraron una mayor prevalencia (8%) que aquellos ubicados en la isla Isabela (1.2%). En el caso de los cormoranes, la prevalencia fue del 4% en la isla Isabela y del 1.2% en la isla Fernandina, sin diferencias significativa.

En cuanto a las aves rapaces Deem *et al.* (15) estudiaron la seroprevalencia de *Toxoplasma gondii* en el Gavilán de Galápagos (*Buteo galapagoensis*). Durante el estudio realizado en la Isla Santiago (libre de gatos), se analizaron muestras de sangre de 48 aves. Observando que un solo individuo resultó positivo a *T. gondii*, lo que corresponde a una seroprevalencia del 2% (IC 95%: 0.1–11.5%).

### Mamíferos marinos

La exposición a *Toxoplasma gondii* en mamíferos marinos endémicos se ha documentado en el lobo marino de Galápagos (*Zalophus wollebaeki*). Para ello Deem *et al.* (8) estudiaron colonias de la Isla San Cristóbal, la cual se encuentra habitada y cuenta con la presencia de gatos domésticos.

En animales jóvenes (2 a 4 años) capturados vivos entre los años 2016 y 2017, se detectaron anticuerpos contra *T. gondii* en 61 de los 77 individuos evaluados (79.2%). En animales muertos (Crías y adultos) se detectaron anticuerpos en 4 de 19 cadáveres, lo que representa una seroprevalencia del 21.05% en las muestras. A nivel molecular, se extrajo ADN genómico a partir de muestras de tejido de corazón, cerebro y pulmón de 29 cadáveres lo que confirmó la presencia de ADN de *T. gondii* en una muestra de tejido pulmonar de una cría que también fue seropositivo.

### Invertebrados marinos

La evaluación de la contaminación costera por *Toxoplasma gondii* se llevó a cabo utilizando ostras de manglar (*Saccostrea palmula*) extraídas en zonas intermareales a menos de 5 metros de profundidad (9). En el estudio se recolectaron 260 ostras en ocho sitios de muestreo distribuidos en tres islas habitadas con presencia de gatos domésticos (San Cristóbal, Santa Cruz e Isabela) y en una isla deshabitada libre de gatos (Santiago). La detección del parásito se realizó mediante la extracción de ADN de los tejidos de cada bivalvo y su posterior análisis a través de qPCR. Los análisis moleculares revelaron la presencia de ADN de *T. gondii* en 40 de las 260 ostras evaluadas, lo que representa una prevalencia del 15.38%.

En los ocho sitios de evaluación, se detectó la presencia de *T. gondii*, de las cuatro islas consideradas para el estudio, donde las tasas de prevalencia en los diferentes sitios variaron desde un 8.00% (Bahía Concha de Perla, Isla Isabela) hasta un 37.04% (La Tortuga, Isla San Cristóbal) sin observar diferencias significativas en la prevalencia entre los sitios estudiados. Asimismo, no hubo asociación significativa entre la detección de ADN de *T. gondii* en las ostras y variables ambientales como la presencia o ausencia de gatos en la isla de muestreo, o el nivel de exposición del sitio a las corrientes marinas (baja, media o alta). Finalmente se observó una prevalencia del 11.48% (n= 7/61) en la Isla Santiago catalogada como libre de gatos que se encuentra a una distancia aproximada de 20 km de las islas pobladas con felinos.

***Tabla 1. Prevalencia y detección de Toxoplasma gondii en fauna doméstica y silvestre en las Islas Galápagos.***

| Categoría / Especie | Isla | Muestra (n) | Prevalencia / Hallazgos Principales | Método Diagnóstico | Referencia |
|---|---|---|---|---|---|
| Gato | Isabela | 52 | 63% de seroprevalencia general (62% IgG, 15% IgM). | Serología (ELISA) | Levy et al., 2008 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Perro | Santa Cruz | 18 | 55.6% de seroprevalencia en los perros evaluados en la región insular. | Serología (ELISA) | Paredes-Núñez et al., 2025 |
| Siete especies de aves terrestres | Santa Cruz | 163 | 29.31% general. El 100% de los sinsontes y pinzones cantores verdes resultaron positivos. | Serología (MAT) | Mosquera et al., 2023 |
| Seis especies de aves marinas | Daphne Mayor, Seymour Norte, Plaza Sur | 187 | 18.20% general. Mayor exposición en carnívoros ocasionales; nula en aves estrictamente pelágicas. | Serología (MAT) | Mosquera et al., 2023 |
| Gavilán de Galápagos (*Buteo galapagoensis*) | Santiago | 48 | 2% de seropositividad (1 de 48 individuos). | Serología (MAT) | Deem et al., 2012 |
| Pingüino de Galápagos (*Spheniscus mendiculus*) | Isabela, Fernandina | 298 | 2.3% general. Significativamente mayor en Fernandina (8%) que en Isabela (1.2%). | Serología (MAT) | Deem et al., 2010 |
| Cormorán no volador (*Phalacrocorax harrisi*) | Isabela, Fernandina | 258 | 2.3% general. Mayor en Isabela (4%) que en Fernandina (1.2%). | Serología (MAT) | Deem et al., 2010 |
| Fauna Silvestre (Mamíferos Marinos) | | | | | |
| Lobo marino de Galápagos (*Zalophus wollebaeki*) | San Cristóbal | 77 (vivos) 19 (muertos) | 79.2% en juveniles vivos; 21.05% en crías fallecidas. Detección de ADN en tejido pulmonar de 1 individuo. | Serología (MAT), qPCR | Mosquera et al., 2025 |
| Ostra de manglar (*Saccostrea palmula*) | San Cristóbal, Santa Cruz, Isabela, Santiago | 260 | 15.38% positivas para ADN de *T. gondii*. Se detectó en las cuatro islas muestreadas sin diferencias significativas. | Molecular (qPCR) | Mosquera et al., 2024 |

# DISCUSIÓN

La presente revisión sistemática evidencia una amplia y compleja circulación de *Toxoplasma gondii* en el archipiélago de Galápagos, viéndose afectadas la fauna doméstica, especies endémicas terrestres y mamíferos marinos. A pesar del aislamiento geográfico de las islas, la prevalencia observada demuestra que la contaminación ambiental por este patógeno es extensa y afecta a los ecosistemas terrestres y marinos.

La introducción del gato doméstico (*Felis silvestris catus*) en las islas Galápagos representa el origen y principal motor de la diseminación de *T. gondii* (10), al ser la única especie capaz de excretar ooquistes al ambiente. La alta seroprevalencia detectada en gatos evidencia una contaminación ambiental activa en las zonas habitadas (14). Por otra parte, los altos niveles de exposición en perros deambulantes reafirman el importante rol de los perros no solamente como vectores mecánicos del parásito, sino como un excelente centinela epidemiológico (13,16). El hecho de que no existan diferencias significativas en la seroprevalencia de perros entre zonas urbanas y rurales sugiere que la dispersión de ooquistes en el suelo y el agua de las islas habitadas es generalizada y no se limita a los centros poblados (13).

En cuanto a las aves es importante destacar que la ruta de infección está fuertemente relacionada con los hábitos alimenticios. Las especies con dietas que incluyen el consumo ocasional de carne o carroña (como el sinsonte de Galápagos y la fragata magnífica) presentan las tasas de exposición más altas, evidenciando que la ingestión de quistes tisulares a través de presas infectadas o restos de animales es una vía de transmisión eficiente (2,4). Asimismo en el caso de las aves granívoras e insectívoras confirma que la ingestión accidental de ooquistes desde el suelo contaminado o a través de huéspedes paraténicos invertebrados constituye una ruta importante para la transmisión del *Toxoplasma gondii* (4,17–19). Estos hallazgos demuestran que *T. gondii* ha logrado infiltrarse en las redes tróficas del archipiélago.

Uno factor importante a considerar es la transmisión hídrica del patógeno hacia los ecosistemas marinos. Los estudios demuestran que la escorrentía generada por las lluvias arrastra los ooquistes desde los asentamientos humanos hacia la costa (9). La detección de ADN de *T. gondii* en ostras de manglar no solo confirma la contaminación del agua, sino que demuestra que las corrientes oceánicas actúan como vectores físicos, transportando ooquistes que pueden sobrevivir durante meses en el agua salada (20).

Este fenómeno de dispersión por corrientes podría explicar los hallazgos observados en aves marinas y pingüinos. De esta forma las aves estrictamente piscívoras (como los piqueros), pueden infectarse al consumir peces que actúan como huéspedes paraténicos (21). De igual manera, podría explicar por qué los pingüinos de Galápagos que habitan islas libres de felinos presentaron mayor presenta una mayor prevalencia en comparación con las islas en las cuales los gatos se encuentran presentes corrientes (15). Esto demuestra que la ausencia local de los gatos no evita que la fauna se exponga al patógeno ya que con la introducción del parasito se llevó a cabo la diseminación debido a que el ecosistema marino está interconectado por corrientes.

Las especies endémicas insulares, al haber evolucionado en aislamiento, suelen tener una deficiente inmunidad adaptativa frente a patógenos introducidos (22,23), lo que las hace altamente susceptibles a formas clínicas severas y fatales de toxoplasmosis, tal como se ha documentado en aves de Hawái (24,25) y nutrias marinas en California (26,27). En este contexto, la alta exposición encontrada en lobos marinos jóvenes , sumada a la detección de *T. gondii* en el pulmón de una cría (8), sugiere la posibilidad de transmisión congénita o infecciones tempranas (28,29).

En conjunto, los estudios revisados destacan una grave amenaza sanitaria. El ciclo de *T. gondii* en las islas Galápagos exige un manejo basado en el enfoque *One Health* (Una Sola Salud), que reconozca la interdependencia entre la salud humana, la sanidad de los animales domésticos y la conservación de la vida silvestre. Es indispensable la implementación de políticas para el control poblacional de gatos y perros deambulantes, el control de su ingreso a áreas protegidas, y la mejora de la gestión de aguas residuales para mitigar el flujo de ooquistes hacia la reserva marina.

## CONCLUSIONES

El presente trabajo comprueba que el *Toxoplasma gondii* ha invadido en gran medida el archipiélago de Galápagos, tanto en los ecosistemas terrestres, como en los marinos, lo que conecta a ambos. Con la introducción de gatos domésticos este fenómeno ha desembocado en un contagio extenso, ya que estos y los perros han sido focos reservorios y vectores mecánicos; sin embargo, también son estos los centinelas de este tipo de parásitos. Los resultados del análisis indican que el esparcimiento de estos, no se deriva únicamente del factor humano, sino que también se sujetan a una transmisión por vías de corrientes oceánicas y escorrentía superficial, que infecta a los ecosistemas costeros y a las islas donde no existe presencia alguna de felinos.

Otro medio demostrado con el análisis ha sido la ingesta y consumo de tejidos infectados, ya sea esto por via de depredación o por consumo carroñero. Asimismo, puede ocurrir la ingestión incidental de ooquistes del suelo, del agua o de huéspedes paraténicos. La elevada prevalencia observada en especies endémicas, animales jóvenes, aves y especies en peligro de extinción representa una grave amenaza para la conservación de las islas. Es necesario que el manejo y la conservación se base en el enfoque de “una sola salud” (*one health*). Demostrando la importancia de establecer políticas adecuadas para el control de la población de especies domésticas introducidas, la restricción de las especies a áreas protegidas y una optimización de los sistemas recolectores de aguas residuales en islas junto con un adecuado seguimiento epidemiológico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Otranto D, Wall R. Veterinary parasitology. 5th edition. Hoboken: Wiley-Blackwell; 2024.
2. Pereira KS, Franco RMB, Leal DAG. Transmission of Toxoplasmosis (*Toxoplasma gondii*) by Foods. En: Advances in Food and Nutrition Research [Internet]. Elsevier; 2010 [citado 19 de julio de 2026]. p. 1-19. Disponible en:

https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1043452610600010 doi:10.1016/S1043-4526(10)60001-0

3. Escobar-Camacho D, Rosero P, Castrejón M, Mena CF, Cuesta F. Oceanic islands and climate: using a multi-criteria model of drivers of change to select key conservation areas in Galapagos. Reg Environ Change. junio de 2021;21(2):47. doi:10.1007/s10113-021-01768-0
4. Mosquera JD, Valle CA, Nieto-Claudin A, Fessl B, Lewbart GA, Deresienski D, et al. Prevalence of *Toxoplasma gondii* in Galapagos birds: Inference of risk factors associated with diet. Adenyo C, editor. PLoS ONE. 5 de julio de 2023;18(7):e0287403. doi:10.1371/journal.pone.0287403
5. Gherman CM, Balea A, Györke A, Kalmár Z, Ionică AM, Villena I, et al. Prevalence and *Toxoplasma gondii* Genotypes Circulating in Five Wild Corvid Species from Romania. Pathogens. 7 de junio de 2025;14(6):572. doi:10.3390/pathogens14060572
6. Deem SL, Merkel J, Ballweber L, Vargas FH, Cruz MB, Parker PG. Exposure to *Toxoplasma gondii* in Galapagos Penguins (*Spheniscus mendiculus*) and Flightless Cormorants (*Phalacrocorax harrisi*) in the Galapagos Islands, Ecuador. Journal of Wildlife Diseases. julio de 2010;46(3):1005-11. doi:10.7589/0090-3558-46.3.1005
7. Raiden Grandía G, Ángel Entrena G, Jeddú Cruz H. Toxoplasmosis in *Felis catus*: Etiology, epidemiology and disease; [Toxoplasmosis en *Felis catus*: Etiología, epidemiología y enfermedad]. Revista de Investigaciones Veterinarias del Peru. 2013. p. 131-49.
8. Mosquera JD, Diaz E, De Los Ángeles Bayas R, Páez-Rosas D, Grijalva-Rosero CJ, Zapata S, et al. First epidemiological survey of *Toxoplasma gondii* in Galapagos sea lions ( *Zalophus wollebaeki* ). Parasite. 2025;32:36. doi:10.1051/parasite/2025028
9. Mosquera JD, Escotte-Binet S, Poulle ML, Betoulle S, St-Pierre Y, Caza F, et al. Detection of *Toxoplasma gondii* in wild bivalves from the Kerguelen and Galapagos archipelagos: influence of proximity to cat populations, exposure to marine currents and kelp density. International Journal for Parasitology. octubre de 2024;54(12):607-15. doi:10.1016/j.ijpara.2024.06.001
10. Phillips RB, Wiedenfeld DA, Snell HL. Current status of alien vertebrates in the Galápagos Islands: invasion history, distribution, and potential impacts. Biol Invasions. febrero de 2012;14(2):461-80. doi:10.1007/s10530-011-0090-z
11. Carrión PL, Valle CA. The diet of introduced cats on San Cristobal Island, Galapagos: cat feces as a proxy for cat predation. Mammalian Biology. mayo de 2018;90:74-7. doi:10.1016/j.mambio.2018.02.004
12. Attias M, Teixeira DE, Benchimol M, Vommaro RC, Crepaldi PH, De Souza W. The life-cycle of *Toxoplasma gondii* reviewed using animations. Parasites Vectors. diciembre de 2020;13(1):588. doi:10.1186/s13071-020-04445-z
13. Paredes-Núñez D, Barragán-Peña AE, Rodríguez-Pazmiño ÁS, Velez A, Cruz M, Salas-Rueda MX, et al. High prevalence of *Toxoplasma gondii* infection in free-roaming dogs from Ecuador: a proxy for sentinel surveillance of zoonotic threats in low- and middle-income countries. Front Vet Sci. 2 de octubre de 2025;12:1672769. doi:10.3389/fvets.2025.1672769

14. Levy JK, Crawford PC, Lappin MR, Dubovi EJ, Levy MG, Alleman R, et al. Infectious Diseases of Dogs and Cats on Isabela Island, Galapagos. Journal of Veterinary Internal Medicine. 1 de enero de 2008;22(1):60-5. doi:10.1111/j.1939-1676.2007.0034.x
15. Deem SL, Merkel J, Ballweber L, Vargas FH, Cruz MB, Parker PG. Exposure to *Toxoplasma gondii* in Galapagos Penguins (*Spheniscus mendiculus*) and Flightless Cormorants (*Phalacrocorax harrisi*) in the Galapagos Islands, Ecuador. Journal of Wildlife Diseases. 2010. p. 1005-11. doi:10.7589/0090-3558-46.3.1005
16. Yan C, Fu LL, Yue CL, Tang RX, Liu YS, Lv L, et al. Stray dogs as indicators of *Toxoplasma gondii* distributed in the environment: the first report across an urban-rural gradient in China. Parasites Vectors. diciembre de 2012;5(1):5. doi:10.1186/1756-3305-5-5
17. Chinchilla M, Ruiz A. Cockroaches as Possible Transport Hosts of *Toxoplasma gondii* in Costa Rica. The Journal of Parasitology. febrero de 1976;62(1):140. doi:10.2307/3279075
18. Hiroki Maeda TT, Damdinsuren Boldbattar RLG, Hiroshi Suzuki RUS. Tick Longicin Implicated in the Arthropod Transmission of *Toxoplasma gondii*. J Veterinar Sci Technol. 2011;03(02). doi:10.4172/2157-7579.1000112
19. Tao Q, Wang Z, Feng H, Fang R, Nie H, Hu M, et al. Seroprevalence and Risk Factors for *Toxoplasma gondii* Infection on Pig Farms in Central China. Journal of Parasitology. abril de 2011;97(2):262-4. doi:10.1645/GE-2646.1
20. Lindsay DS, Dubey JP. Long-Term Survival of *Toxoplasma gondii* Sporulated Oocysts in Seawater. Journal of Parasitology. agosto de 2009;95(4):1019-20. doi:10.1645/GE-1919.1
21. Massie GN, Ware MW, Villegas EN, Black MW. Uptake and transmission of *Toxoplasma gondii* oocysts by migratory, filter-feeding fish. Veterinary Parasitology. mayo de 2010;169(3-4):296-303. doi:10.1016/j.vetpar.2010.01.002
22. Kleindorfer S, Dudaniec RY. Increasing prevalence of avian poxvirus in Darwin's finches and its effect on male pairing success. Journal of Avian Biology. enero de 2006;37(1):69-76. doi:10.1111/j.0908-8857.2006.03503.x
23. Killingsworth L. Addressing Emerging Pathogens and Parasites in the Galápagos Islands. Intersect. 2015;9(1).
24. Work TM, Massey JG, Lindsay D, Dubey JP. Toxoplasmosis in three species of native and introduced Hawaiian birds. J Parasitol. octubre de 2002;88(5):1040-2. doi:10.1645/0022-3395(2002)088[1040:TITSON]2.0.CO;2 PubMed PMID: 12435157.
25. Work TM, Massey JG, Rideout BA, Gardiner CH, Ledig DB, Kwok OC, et al. Fatal toxoplasmosis in free-ranging endangered 'Alala from Hawaii. J Wildl Dis. abril de 2000;36(2):205-12. doi:10.7589/0090-3558-36.2.205 PubMed PMID: 10813600.
26. Kreuder C, Miller MA, Jessup DA, Lowenstine LJ, Harris MD, Ames JA, et al. Patterns of mortality in southern sea otters (*Enhydra lutris nereis*) from 1998-2001. J Wildl Dis. julio de 2003;39(3):495-509. doi:10.7589/0090-3558-39.3.495 PubMed PMID: 14567210.
27. Miller MA, Gardner IA, Kreuder C, Paradies DM, Worcester KR, Jessup DA, et al. Coastal freshwater runoff is a risk factor for *Toxoplasma gondii* infection of southern sea otters (Enhydra lutris nereis). Int J Parasitol. julio de 2002;32(8):997-1006. doi:10.1016/s0020-7519(02)00069-3 PubMed PMID: 12076629.

28. Lélu M, Langlais M, Poulle ML, Gilot-Fromont E. Transmission dynamics of *Toxoplasma gondii* along an urban–rural gradient. Theoretical Population Biology. septiembre de 2010;78(2):139-47. doi:10.1016/j.tpb.2010.05.005
29. Hide G. Role of vertical transmission of *Toxoplasma gondii* in prevalence of infection. Expert Review of Anti-infective Therapy. 3 de marzo de 2016;14(3):335-44. doi:10.1586/14787210.2016.1146131

InvestiGO Revista Científica Multidisciplinaria
ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Octubre 2026
Vol. 7 No. 21, PP. 31-49
https://doi.org/10.56519/y1rf8q35

# PLATAFORMAS DIGITALES Y DESTREZAS INTEGRADAS DEL INGLÉS: DIAGNÓSTICO CENSAL EN UN CONTEXTO RURAL FRONTERIZO DEL CARCHI, ECUADOR

# DIGITAL PLATFORMS AND INTEGRATED ENGLISH SKILLS: A CENSUS DIAGNOSIS IN A RURAL BORDER SETTING IN CARCHI, ECUADOR

Karen Lizbeth Ayala Caratar[1], Elena Valeria Flores Borja[2]

{karen.ayala@upec.edu.ec[1] elena.flores@upec.edu.ec[2]}

Fecha de recepción: 01/07/2026 / Fecha de aceptación: 21/08/2026 / Fecha de publicación: 14/10/2026

**RESUMEN: La integración de plataformas digitales en la enseñanza del inglés se ha expandido en América Latina, pero la evidencia procede sobre todo de intervenciones urbanas y describe poco el punto de partida de las instituciones rurales. El estudio caracteriza la frecuencia de uso pedagógico de plataformas y el desempeño auto percibido en las cuatro destrezas integradas del inglés en una unidad educativa ubicada en la parroquia Chical del cantón Tulcán, Carchi, Ecuador. Se adoptó un enfoque cuantitativo, no experimental, transversal y descriptivo. Se censó a los 152 estudiantes de octavo, noveno y décimo año de Educación General Básica Superior durante el año lectivo 2025-2026, con un cuestionario de veintidós ítems en escala ordinal de cuatro puntos validado por tres expertos. Las distribuciones se resumieron mediante media ponderada, mediana, moda e índice normalizado de intensidad de cero a cien puntos, agregado por destreza. La mediana fue a veces en los nueve ítems de uso y la moda coincidió en ocho; el índice global de uso alcanzó 43,9 puntos, bajo el punto medio de la escala, y los dos ítems de utilidad percibida promediaron 66,8 puntos. Ambos valores proceden de tipos de pregunta distintos y se presentan como contraste descriptivo, sin calcular diferencias. La reproducción de audio mediante plataformas registró el valor más bajo del estudio y la fluidez oral, el desempeño auto percibido más bajo. La preferencia se concentró en una única aplicación generalista en el 69,1 % de los casos. Los hallazgos sitúan el problema en la mediación didáctica y no en la disponibilidad tecnológica.**

***Palabras clave: Tecnología educativa; enseñanza de lenguas; inglés; educación rural; aprendizaje en línea.***

[1]Unidad Educativa Ecuador, Ministerio de Educación del Ecuador; https://orcid.org/0009-0006-1948-4705; +593 996455295.
[2]Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Tulcán - Ecuador; https://orcid.org/0009-0005-4800-8938; +593 992461397.

**ABSTRACT: The integration of digital platforms into English language teaching has expanded rapidly in Latin America, yet the available evidence comes mostly from urban interventions and says little about the starting point of rural institutions. This study characterizes the frequency of pedagogical use of digital platforms and self-perceived performance in the four integrated English skills at a rural border school located in the Chical parish in the canton of Tulcán, province of Carchi, Ecuador. A quantitative, non-experimental, cross-sectional and descriptive approach was adopted. A census was administered to all 152 students of the eighth, ninth and tenth years of Upper Basic General Education during the 2025-2026 school year, using a twenty-two-item questionnaire with a four-point ordinal scale validated by three expert judges. Distributions were summarized through a weighted mean, the median, the mode and a normalized intensity index from zero to one hundred points, aggregated by skill. The median fell in the category sometimes for all nine use items and the mode coincided in eight of them; the global use index reached 43.9 points, below the midpoint of the scale, whereas the two perceived-usefulness items averaged 66.8 points. Both figures come from different question types and are presented as a descriptive contrast, without computing differences. Audio playback through platforms recorded the lowest value in the study and oral fluency with the lowest self-perceived performance. Preference concentrated on a single generalist application in 69.1 % of cases. The findings locate the problem in didactic mediation rather than in technological availability.**

***Keywords: Educational technology; language teaching; English; rural education; online learning***

## INTRODUCTION

English has become an enabling competence for accessing scientific information, academic mobility and entering the labor market. In Ecuador, that competence is shaped in a system of education that has significant territorial disparities, and whose learning outcomes are more related to the content and pedagogical practices of the school where learning is carried out than to the curriculum itself. The most limiting constraints are faced by rural and border institutions: limited equipment, poor connectivity, and teacher training on pedagogical technology use that is typically limited to one-off workshops. Before proposing any technological innovation, it is crucial to understand that point because a strategy developed based on urban assumptions seldom survives the first encounter with a rural classroom.

The size of the structural constraint can be measured. The latest official data on information and communication technologies (ICTs) indicates that 66.0 % of Ecuadorian households have access to the Internet, 73.6 % of which are in urban areas and 48.1 % in rural areas (1). The gap of 25.5 percentage points between the two territories (Figure 1) is not contextual detail, but a boundary condition that will affect the viability of any proposal that is supported by available online resources, and especially autonomous practice outside school hours. Studies in rural areas across the country have found that the restriction doesn't stop connectivity, and that no specific teacher training is a second constraint when devices are present (2,3).

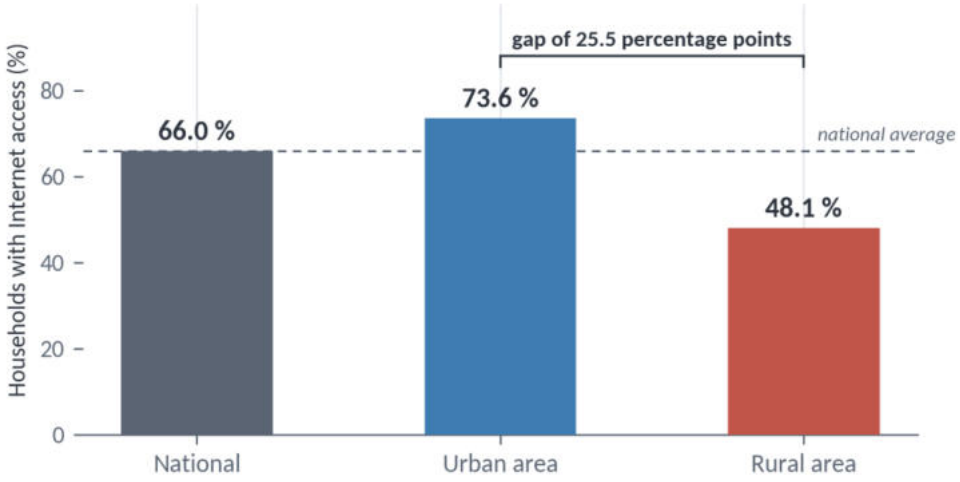



***Figure 1. Internet access in Ecuadorian households by area, 2024.***
***Source: (1).***
***Note: the gap between urban and rural areas amounts to 25.5 percentage points.***

There is a consistent body of specialized literature that provides evidence of the potential of digital platforms for the development of specific skills. Research on language-learning applications based on spaced repetition and immediate feedback have found improvements in receptive knowledge and in productive skills in the case of continued practice (4,5) but also note that improvements in oral production are far less than in comprehension (6) and that the gamer aspect alone is not enough to ensure learning (7). For written production, systematic reviews of the use of automated written feedback indicate that formative use, with teacher supervision, of the system results in gains in grammatical and spelling accuracy, but that summative use, with or without teacher supervision, does not (8-10). In the field of oral production, the use of automatic speech recognition has led to positive results in terms of pronunciation, intonation and fluency, as well as high levels of user satisfaction (11-15); however, recent studies have emphasized that the success of these applications relies on teacher mediation, as learners require assistance in understanding the feedback and in avoiding instrumental dependence (16-19).

That evidence is all linked to the curricular integration of the tool, and that is the common denominator. The findings of the studies on Latin American platforms are similar: platforms boost motivation and participation, but only when they are used regularly, and with clear learning goals (20-22). Studies of learner perceptions of mobile-assisted language learning converge on the same point: a favorable view of the resource does not by itself translate into systematic classroom use (23). In the Ecuadorian context, this qualification is critical because the use of technology is often reported as availability of resources, and not as systematic pedagogical practice (24). This collection of work provides a working hypothesis that skills that are practiced more on the platform will be perceived as being performed better, and that the ordering of skills by intensity of use will be parallel to the ordering of skills by perceived performance. The expectation is descriptive, linear and monotonic, but not statistically tested here; it is simply stated as the pattern of ordering against which the observed ordering is read. Explicitness is important because any deviation from this parallel ordering (especially a reversal at the extremes) would suggest

that exposure is not sufficient to explain perceived competence, and would shift focus from the amount of technological mediation to the quality of it. However, there is a lack of evidence. Most published studies are based on an intervention design, and the results are reported for one isolated skill in specific groups, with few reporting the baseline of an entire institution, and almost none in rural border schools in northern Ecuador. This lack has an impact on practice: When developing improvement suggestions, the actual usage of platforms is not considered, as is the lack of skills and the relationship between these and what students think they perform. If no such diagnosis is made, the digital divide is perceived as an access issue as opposed to a mediation issue. The general aim of this study is to describe the frequency of pedagogical use of digital platforms and the self-perceived performance in the integrated English skills of Upper Basic General Education students at a rural border school in the canton of Tulcán, and to compare the ordering of skills that results from each description. Three specific aims follow: (i) to establish how often digital platforms are used for each skill; (ii) to describe self-perceived performance in listening comprehension, oral production, reading comprehension and written production; and (iii) to identify declared platform preferences and their degree of concentration. The question of organizing the analysis is whether the ordering of skills by declared intensity of use coincides with the ordering by self-perceived performance; the answer indicates whether the intervention priority is technological provision or didactic mediation.

## MATERIALS AND METHODS

### Research design

The study used a quantitative, non-experimental, cross-sectional and descriptive design: no variables were manipulated, and the aim was to describe one educational situation at a single point in the 2025–2026 school year, establishing a baseline for later interventions.

### Setting and study area

The study was carried out in the public school Unidad Educativa Ecuador, located in the parish of El Chical, in the canton of Tulcán, province of Carchi (Zone 1, Sierra calendar, morning shift). The parish is rural and is located next to Colombia, and can only be accessed by road, which is approximately 110 km from the cantonal capital (Figure 2). That location affects the continuity of connectivity and replacement of equipment and is the key to making the case different from the urban settings typically studied; it also makes the school community small enough that individual response records would be at risk of re-identification.

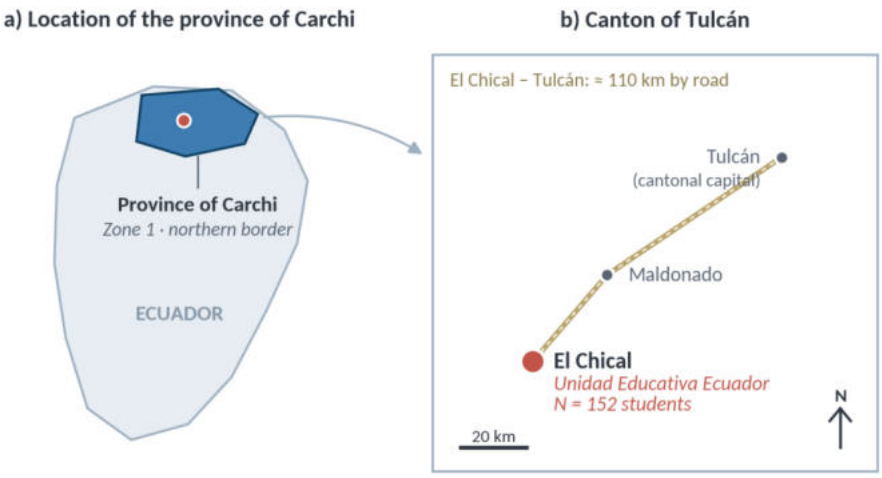



***Figure 2. Location of the study area.***
***Source: prepared by the author.***
***Note: schematic representation; distances are not to scale.***

## Population

The target population consisted of all students in the 8th, 9th and 10th year of Upper Basic General Education. A census (as opposed to a sample) was conducted because the number of cases was manageable; all 152 students at those three levels participated. The students in this stage were chosen because it is where the shift towards functional uses of the language and the four skills consolidation are expected.

## Instrument

A structured 22-item questionnaire was used to collect data, which was administered face-to-face and anonymously. Twenty-one items were rated on a four-point ordinal scale (always, almost always, sometimes, never) and the last item was a single-choice question with four alternatives on platform preference. The instrument consists of four blocks of items, which are presented with the skills in Table 1, with the two perceived-usefulness items in between the use items. The content validity is based on the judgment of three experts in the pedagogy of national and foreign languages who gave ratings on the relevance, clarity and sufficiency of each item before administration. Therefore, the only validity evidence for the instrument is expert judgement. There was no individual record kept and questionnaires were counted directly into a frequency matrix by item and response category, so that the anonymity of the participants is guaranteed in this school of a small size, but no participant-level data were retained. Because reliability coefficients that depend on a case-by-item matrix are not estimable (Cronbach's alpha, McDonald's omega, or an ordinal alpha on polychoric correlations), no reliability coefficient is reported anywhere in this article. The block indices are therefore interpreted as descriptive summaries of the observed distributions and the Limitations section is presented as an explicit opportunity for future applications. Block A is a student-reported proxy for classroom practice,

not an actual observation of classroom practice. Triangulation with teacher reports and classroom observation was not done.

***Table 1. Composition of the instrument and correspondence with the integrated skills.***

| Block | Items | Construct measured | Associated skills | Scale |
|---|---|---|---|---|
| **A** | 9 | Frequency of pedagogical use of digital platforms | All four skills plus two cross-cutting items | 4-point ordinal |
| **B** | 2 | Perceived usefulness of digital resources | Crosscutting | 4-point ordinal |
| **C** | 10 | Self-perceived language performance | Written production (2), oral production (4), reading comprehension (2), listening comprehension (2) | 4-point ordinal |
| **D** | 1 | Declared platform preference | Crosscutting | Single choice (4 options) |

***Source: prepared by the author.***

## Data processing and analysis

There were two levels of processing. Absolute and relative frequencies were first calculated for each response category and the median and mode of each item were also calculated. The ordinal distributions were summarized using a weighted mean at the second, with weights of four, three, two and one for the categories always, almost always, sometimes and never, respectively, as per equation (1). This transformation assumes equal spacing between adjacent response categories, which is a common assumption that cannot be tested with ordinal data; therefore, the media and the mode are also reported with each index and are used to interpret the index whenever the two values differ:

$$M = (\Sigma\, w_i \cdot n_i) / N \qquad \text{with } w_i \in \{4, 3, 2, 1\} \tag{1}$$

where $n_i$ is the frequency observed in category i, $w_i$ the weight assigned to that category and N the total number of cases. To allow comparison across items and across skills, the resulting meaning was transformed into a normalized intensity index (NII) ranging from zero to one hundred points, following equation (2):

$$NII = [\,(M - 1) / 3] \times 100 \tag{2}$$

Fifty points is the same as the middle of the scale. The individual indices were then averaged by skill, one for the pedagogical use index (based on the items in block A) and the other for the self-perceived performance index (based on the items in block C). The two indices reflect different constructs, one a report of the frequency of a classroom event and the other a self-assessment

of ability and therefore are reported together on a common normalized metric to be able to order the skills, but without computing arithmetic differences between them. The number of items averaged (k) is reported in each table and varies by skill. Two use indices are based on one item each: listening comprehension (audio playback through platforms) and reading comprehension (readings on digital platforms). A single-item index has no internal redundancy, has no consistency check, and is completely specified by the wording of that one item; both are therefore treated as indicative values, and every claim about these two skills is qualified accordingly in the Results and the Discussion. No confidence intervals were calculated, and no significance tests were used throughout the analysis, since the study is based on the entire population, and not a sample. Spreadsheets were used for computations, as well as open-source statistical analysis routines.

### Ethical considerations

The principles of autonomy, beneficence, non-maleficence and justice were observed during the research. The school authorities and the legal guardians of the participants gave their institutional authorization and their informed consent, and the students themselves gave verbal assent, in which the purpose of the study, the voluntary nature of participation and the right to withdraw at any time without any consequences were explained. The names and identifying data were not recorded: the information was coded and is presented in an aggregate form. The information gathered was not shared with anyone for any purpose other than what stated.

## RESULTS

There were no missing values, and no imputation procedures were required as all 152 students who formed the population of interest responded to all items. The results are presented in four parts, following the specific objectives stated above: Pedagogical use of platforms (frequency), Self-perceived performance in the integrated skills (frequency), Overall comparison of the two dimensions (frequency), and stated tool preference (frequency).

### Frequency of pedagogical use of digital platforms

The first block of results reflects the frequency with which students feel digital platforms are used in classroom activities. The distribution of responses, summary statistics and the normalized index for each item are shown in Table 2, which also reports, in its final section, the two perceived-usefulness items of block B.

***Table 2. Frequency of pedagogical use of digital platforms and perceived usefulness of digital resources (N = 152).***

| Item | Always | Almost always | Sometimes | Never | M | SD | NII | Mdn / Mo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| General use of digital platforms in class | 17 (11.2) | 27 (17.8) | 67 (44.1) | 41 (27.0) | 2.13 | 0.94 | 37.7 | Sometimes / Sometimes |
| Readings on digital platforms | 21 (13.8) | 52 (34.2) | 54 (35.5) | 25 (16.4) | 2.45 | 0.92 | 48.5 | Sometimes / Sometimes |
| Digital self-assessment quizzes | 8 (5.3) | 49 (32.2) | 66 (43.4) | 29 (19.1) | 2.24 | 0.82 | 41.2 | Sometimes / Sometimes |
| Audio playback through platforms | 17 (11.2) | 28 (18.4) | 47 (30.9) | 60 (39.5) | 2.01 | 1.01 | 33.8 | Sometimes / Never |
| Writing exercises on platforms | 30 (19.7) | 40 (26.3) | 58 (38.2) | 24 (15.8) | 2.50 | 0.98 | 50.0 | Sometimes / Sometimes |
| Assisted grammar correction | 27 (17.8) | 39 (25.7) | 51 (33.6) | 35 (23.0) | 2.38 | 1.03 | 46.1 | Sometimes / Sometimes |
| Assisted spelling correction | 27 (17.8) | 32 (21.1) | 53 (34.9) | 40 (26.3) | 2.30 | 1.05 | 43.4 | Sometimes / Sometimes |
| Pronunciation exercises on platforms | 33 (21.7) | 27 (17.8) | 49 (32.2) | 43 (28.3) | 2.33 | 1.10 | 44.3 | Sometimes / Sometimes |
| Assisted pronunciation correction | 35 (23.0) | 36 (23.7) | 53 (34.9) | 28 (18.4) | 2.51 | 1.04 | 50.4 | Sometimes / Sometimes |
| **Block B. Perceived usefulness of digital resources** | | | | | | | | |
| Listening comprehension exercises facilitate learning | 60 (39.5) | 49 (32.2) | 40 (26.3) | 3 (2.0) | 3.09 | 0.85 | 69.7 | Almost always / Always |
| Educational games facilitate learning | 55 (36.2) | 39 (25.7) | 48 (31.6) | 10 (6.6) | 2.91 | 0.97 | 63.8 | Almost always / Always |

***Source: prepared by the authors.***

***Note: each cell shows the absolute frequency and, in brackets, the percentage. The first nine items belong to block A and the last two to block B (positions 4 and 5 of the questionnaire). M = weighted mean (range 1–4); SD = standard deviation; NII = normalized intensity index (range 0–100); Mdn = median; Mo = mode.***

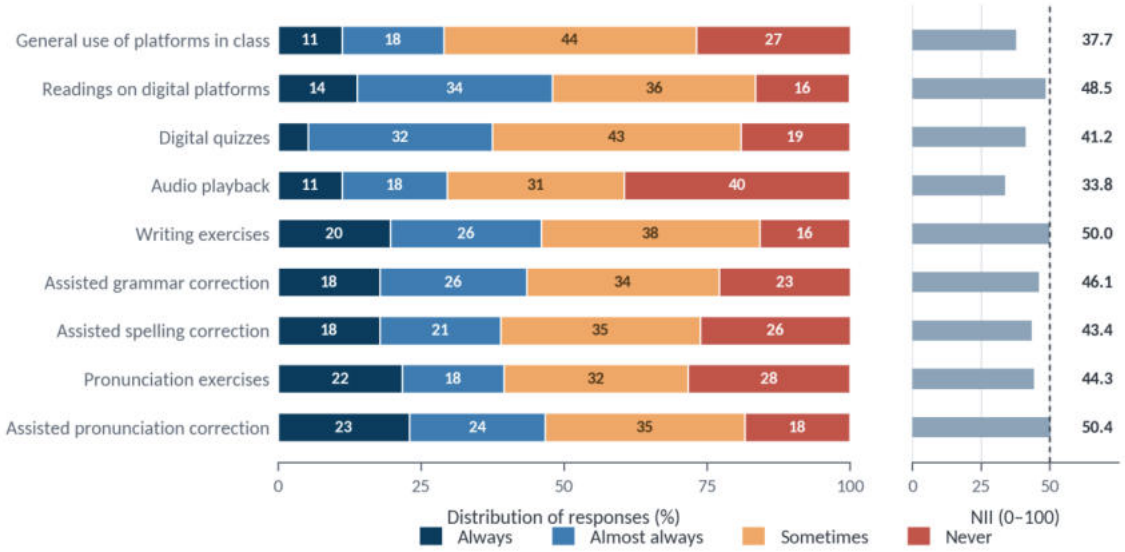



***Figure 3. Distribution of responses and normalized index by pedagogical use item.***
***Source: prepared by the author.***
***Note: the dashed line in the right-hand panel marks the midpoint of the scale (50 points).***

The most consistent pattern is that the median falls in the category sometimes for all nine items of the block, and the mode coincides with it in eight of the nine; the single exception is audio playback through platforms, whose mode falls in the category never. For none of the items the percentage of respondents who responded always or almost always (favorable responses) equal or surpassed 50 % of the total. The values closest to the midpoint of the scale were assisted pronunciation correction (NII = 50.4) and writing exercises on platforms (NII = 50.0); every other item fell below it. On the other side of the scale, audio playback via platforms was the least used resource in the entire study (NII = 33.8): 39.5 % of students said they never use this resource and 11.2 % said that this is permanent practice. The general use of digital platforms in class also had a low value (NII = 37.7), with 71.1 % of the responses being in the categories sometimes and never. It is obvious from Figure 3 that the band of those two categories is dominant for each item.

The two relevant contrast items of usefulness in block B are different. The listening comprehension exercises were considered to always or almost always facilitate learning by 71.7 % of the students (NII = 69.7), while 61.8 % of the students gave the same value to educational games (NII = 63.8). In both items the median falls in almost always and the mode always, in contrast with the median of sometimes that characterizes every use item. The perceived usefulness of both items is above the mid-point of the scale (66.8 points on average), while the nine use items are below the mid-point of the scale (43.9 points on average). The two figures are from two different types of questions (agreement with a statement in one, frequency of a classroom event in the other) and are not subtracted here. What they describe together is a school where the resource is valued but rarely seen, and that contrast is the main outcome of this first block.

## Self-perceived performance in the integrated skills

The second block collects students' self-assessment of their performance in the four skills. Table 3 details the distributions and Figure 4 represent them graphically. Again, as in the previous block, the distribution of the full responses is reported along with the weighted mean, the median, the mode and the normalized index, allowing items to be ranked on a common measure regardless of the skill level they are associated with.

***Table 3. Self-perceived performance in the integrated English skills (N = 152).***

| Item | Always | Almost always | Sometimes | Never | M | SD | NII | Mdn / Mo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Correct spelling when writing | 28 (18.4) | 32 (21.1) | 67 (44.1) | 25 (16.4) | 2.41 | 0.97 | 47.1 | Sometimes / Sometimes |
| Correct sentence structure in writing | 24 (15.8) | 46 (30.3) | 60 (39.5) | 22 (14.5) | 2.47 | 0.92 | 49.1 | Sometimes / Sometimes |
| Correct pronunciation | 20 (13.2) | 38 (25.0) | 71 (46.7) | 23 (15.1) | 2.36 | 0.89 | 45.4 | Sometimes / Sometimes |
| Oral fluency | 12 (7.9) | 28 (18.4) | 65 (42.8) | 47 (30.9) | 2.03 | 0.90 | 34.4 | Sometimes / Sometimes |
| Sentence structure when speaking | 20 (13.2) | 42 (27.6) | 67 (44.1) | 23 (15.1) | 2.39 | 0.90 | 46.3 | Sometimes / Sometimes |
| Appropriate vocabulary when speaking | 24 (15.8) | 36 (23.7) | 70 (46.1) | 22 (14.5) | 2.41 | 0.92 | 46.9 | Sometimes / Sometimes |
| Understanding main ideas in reading | 24 (15.8) | 41 (27.0) | 63 (41.4) | 24 (15.8) | 2.43 | 0.94 | 47.6 | Sometimes / Sometimes |
| Recognising vocabulary in reading | 23 (15.1) | 43 (28.3) | 61 (40.1) | 25 (16.4) | 2.42 | 0.94 | 47.4 | Sometimes / Sometimes |
| Understanding main ideas in audio | 24 (15.8) | 54 (35.5) | 52 (34.2) | 22 (14.5) | 2.53 | 0.92 | 50.9 | Almost always / Almost always |
| Understanding vocabulary in audio | 26 (17.1) | 48 (31.6) | 57 (37.5) | 21 (13.8) | 2.52 | 0.93 | 50.7 | Sometimes / Sometimes |

***Source: prepared by the author.***

***Note: the first two items correspond to written production; the next four, to oral production; the following two, to reading comprehension; and the last two, to listening comprehension. M = weighted mean; SD = standard deviation; NII = normalized intensity index; Mdn = median; Mo = mode.***

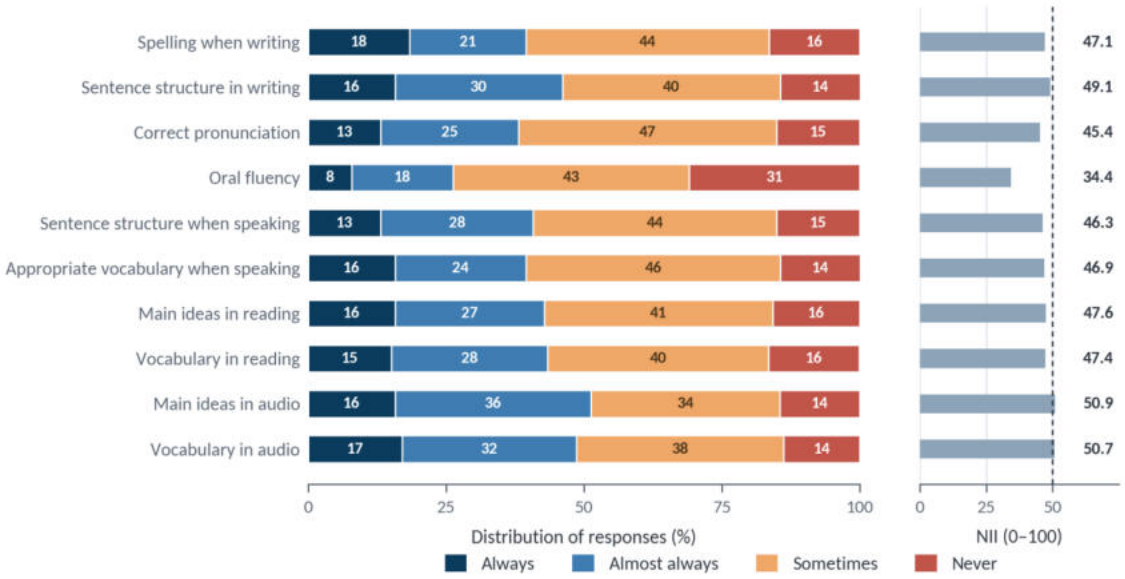



***Figure 4. Distribution of responses and normalized index by self-perceived performance item.***
***Source: prepared by the author.***
***Note: the dashed line in the right-hand panel marks the midpoint of the scale (50 points).***

The mean of the ten items was 46.6 points, which is near the mid-point of the scale. The category sometimes was modal in nine of the ten items, with percentages ranging from 34.2% to 46.7%; in the remaining item the mode fell almost always. The lowest self-perceived performance was for oral fluency (NII = 34.4), with nearly one third of students (30.9 %) not meeting the criteria and only 7.9 % always meeting the criterion. Correct pronunciation (NII = 45.4), sentence structure when speaking (NII = 46.3) and the use of appropriate vocabulary in oral expression (NII = 46.9) were followed. The four items with the lowest scores are all related to oral production.

The listening comprehension was measured by the highest values: understanding the main ideas in audio material reached a maximum index (NII = 50.9) and was the only item in the whole instrument whose median fell in almost always. The indices of reading comprehension and written production were intermediate (47.1-49.1 points) and were quite stable, with narrow dispersion across the items.

The other two skills, however, have use indices in block A that are based on only one item (audio playback through platforms and readings on digital platforms), whereas the performance side of the comparison has two items per skill, and thus more redundancy in the measurement of exposure.

### Aggregate comparison between use and performance

Presenting the two indices by skill allows the profile of platform use to be read against the profile of self-assessment. Both are shown in Table 4, along with the average number of items in each case, and both are shown in Figure 5. It is important to note that the two indices are not subtracted from each other, but are both normalized to a common scale to enable the ordering of the four skills.

It is also not a symmetrical comparison in terms of the number of items measured for each skill; the use indices for listening and reading comprehension are each based on one item of block A, while the other use indices and all performance indices are based on two or more items. The position on the use axis for a single-item index is not a stable estimate as there is no internal consistency check and it is only a reflection of the wording of the item. Table 4 shows k for each index for which it is desired to weigh.

***Table 4. Pedagogical use index and self-perceived performance index by skill.***

| Skill | k use | UI | Basis of the use index | k perf. | PI |
|---|---|---|---|---|---|
| Listening comprehension | 1 | 33.8 | *single item: audio playback through platforms* | 2 | 50.8 |
| Oral production | 2 | 47.4 | 2 items averaged | 4 | 43.3 |
| Reading comprehension | 1 | 48.5 | *single item: readings on digital platforms* | 2 | 47.5 |
| Written production | 3 | 46.5 | 3 items on averaged | 2 | 48.1 |

***Source: prepared by the author.***

***Note: k = number of items averaged; UI = pedagogical use index; PI = self-perceived performance index. Both range from 0 to 100 points. The two indices measure different constructs and are not subtracted from one another; they share a normalized metric only so that the ordering of skills can be compared. The use indices for listening and reading rest on a single item each.***

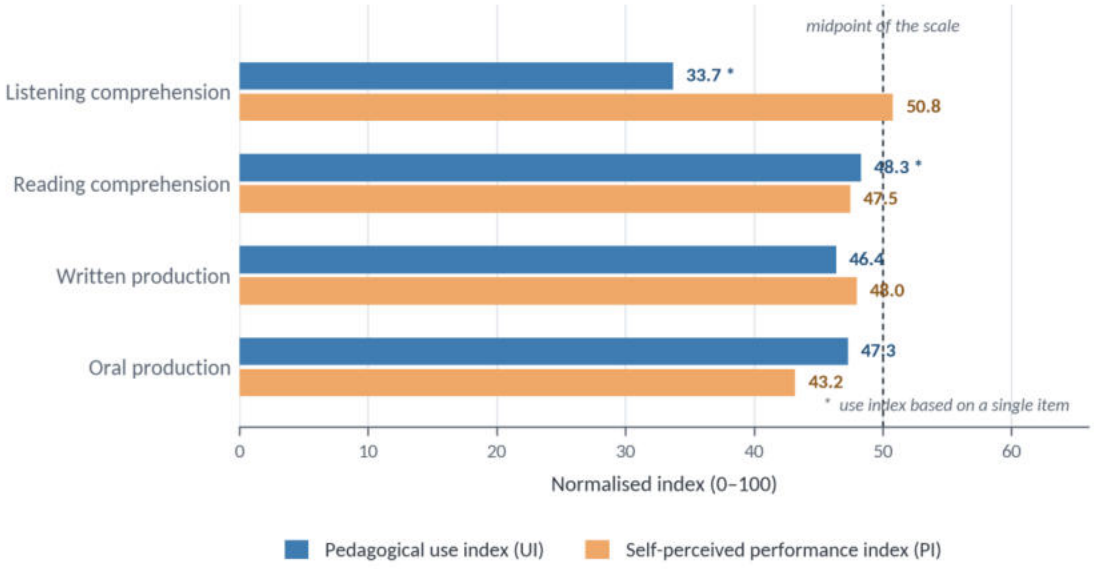



***Figure 5. Pedagogical use index and self-perceived performance index, by skill.***
***Source: prepared by the author.***
***Note: the two indices measure different constructs and share a normalized metric only to allow the ordering of skills to be compared.***

The two orderings do not coincide. Listening comprehension is the least used and the most self-perceived in terms of performance while oral production is the second most used and the least

self-perceived in terms of performance. The values of reading comprehension and written production fall in the middle of both orders and the difference between them is small. The difference is thus skewed to the extremes of the ranking and not distributed evenly.

There are two caveats to this comparison. First, the listening comprehension use index is based on a single item (playback via platforms) and the reading comprehension use index is based on a single item (readings on digital platforms), which means the two use indices have no internal redundancy; if the items were reworded or replaced, both use indices would change significantly. Second, the assignment of items to skills was done conceptually and was not tested against the data of the responses. It is important to note that the reversal at the extremes of the two orderings should be interpreted as a pattern that should be investigated rather than a relationship.

### Declared platform preference

The final item asked which platform students consider most appropriate for learning English. Table 5 presents the distribution, together with the frequency that an even split across the four options would produce; Figure 6 represents it graphically.

***Table 5. Declared platform preference (N = 152).***

| Platform | f | % | f under an even split | Tool orientation |
|---|---|---|---|---|
| **Duolingo** | 105 | 69.1 | 38 | Generalist (four skills) |
| **ReadTheory** | 17 | 11.2 | 38 | Reading comprehension |
| **ELSA Speak** | 16 | 10.5 | 38 | Oral production |
| **Write & Improve** | 14 | 9.2 | 38 | Written production |
| **Total** | **152** | **100.0** | **152** | — |

***Source: prepared by the author.***

***Note: the fourth column gives the frequency that an even split across the four alternatives would produce, reported as a descriptive reference. Since the study covers the whole population, no significance test is applied.***

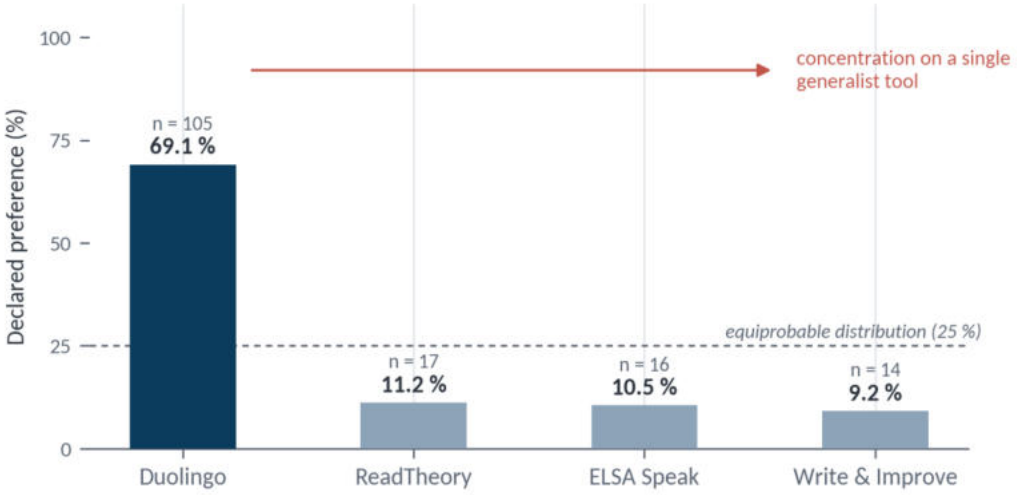



***Figure 6. Declared preference of digital platforms for learning English.***
***Source: prepared by the author.***
***Note: the dashed line marks the 25 % corresponding to an equiprobable distribution.***

Preference focused mainly on one application: 105 students (69.1 % of total) chose Duolingo. The remaining three tools shared the remaining 30.9 % in similar amounts: ReadTheory (11.2 %), ELSA Speak (10.5 %) and Write & Improve (9.2 %). If the four options were split evenly, there would be 38 students on each; the highest option has nearly three times this reference value, and none of the other three options has more than half of this value. This distribution is the population distribution as it is a study of the entire population and there is no test of significance to be performed or reported.

It is important to note that the three minority options are specialist applications, geared towards reading comprehension, oral production and written production, respectively, while the majority option is a generalist application. Declared preference is more toward the tool that is most visible to the public and not toward the tools that are specifically designed to address the skills that students say they struggle with most.

Overall, the four sections tell a unified story. The pedagogical use of platforms is lower than the mid-point of the scale in all items assessed, the usefulness is higher than the mid-point of the scale in all items assessed, and the self-perceived performance is around the mid-point of the scale, with oral production being clearly lower. Preference is for a generalist platform rather than specialized ones. The four results are not dependent on any single item as the pattern recycles regularly for each section of the instrument.

## DISCUSSION

These data suggest that the problem described in this school is not a technological availability problem but a problem of didactic systematicity. The most convincing evidence in that regard is that the median falls in the category sometimes across all nine use items and the mode does so in eight of them: it is not that some use items are used and others are not, but that none of the

pedagogical functions of the platforms reaches a frequency that would allow them to build up routines of practice. This reading is consistent with the findings of research in Latin America, which has found that the sporadic incorporation of technology is not related to explicit learning goals (20-22) and with studies of rural Ecuadorian teachers, where pedagogical training in technology is found as a more severe constraint than equipment (2,3).

It works the same with perceived usefulness. Students do not oppose the resource, rate it above the midpoint and listening comprehension exercises score the highest in the whole instrument and are reported as infrequent. There is no claim of an arithmetic distance between the two sets of items, as the questions are different in kind. What can be said is that a positive attitude coexists with low exposure, and that closing that gap is a planning decision, not an equipment purchase.

Theoretically the most interesting finding is the reversal at the extremes of the two orderings. Listening comprehension is the lowest platform-mediated use with the highest self-perceived use, while oral production is the most with the lowest self-perceived use. This is in opposition to the parallel ordering that was expected in the introduction, where more exposure to platforms should be related to higher self-perceived performance. There are two non-exclusive explanations. The first is the inherent imbalance between receptive and productive skills: research on language-learning applications has consistently found that comprehension skills are more likely to improve than oral skills, even when the amount of practice is the same (4-6). The second is the contact with English in an extramural context. In the out-of-school environment, students encounter the language primarily in the form of listening, such as in song lyrics, audio and voice communication in video games, streamed series, and short-form video on social media. That contact is dense, self-selected and comprehension-driven and there is no production and no corrective feedback, which is the profile of the skill that scored highest here. It would also account for the fact that a skill such as listening can be scarce in a classroom and high in self-perceived competence, since the exposure that maintains listening is not administered by the teacher, and thus has no effect on block A, which records only the activity of the classroom mediated by the platform. Oral production, on the other hand, requires continuous corrective feedback, something that is not provided by sporadic app use or informal exposure (16,18). The instrument did not include any out-of-school contact with the language, and therefore cannot be tested here; and it is presented as a hypothesis for future research; an extramural-exposure module would be the single most informative addition to a replication. The use index for listening comprehension is also based on one item in both readings, so the magnitude of the reversal (not its direction) is not determined.

A single generalist application is a risk because of the concentration of preference. The most publicly visible tool is the most-mentioned, not the one that matches to students' reported skill areas where they feel they have difficulties: the pronunciation and fluency tool receives the least. When the choice of resources is left to spontaneous preference, it is a foregone conclusion that the skill that is currently best will be strengthened and the one that is poorest will be neglected. The literature on automatic speech recognition (ASR) and on automated written feedback (AWF) both concur that the formative value of these tools relies on teachers' choice, sequence, and

support of their use (8,10,17); allowing students to make their own choices is a way of losing the mediating function.

The implication is that the lever is planning and not provision. It is more cost effective to have a specific tool for each skill, at a specific frequency, and monitored by the teacher, than to increase the technological stock and to directly address the oral production deficit in the context of limited connectivity.

**Study limitations**

The results should be interpreted with five caveats. The first is that the performance measures are self-perceived, rather than derived from a standardized language proficiency test, so they reflect the students' own assessment of their level of language proficiency rather than their objective level. The second is that the design is cross-sectional, meaning that it cannot be used to infer causal relationships between use and performance. Third, the processing was based on aggregate distributions, not on individual records a conscious protection of anonymity in a small community, but one that precludes participant-level correlations and internal consistency indices for an instrument validated by expert judgement alone. The individual data matrix should be kept and McDonald's omega should be reported in future applications of larger or multi-site samples. The fourth is that the use indices for listening and reading comprehension rest on a single item each, so the claims concerning those two skills carry the weakest empirical support in the study. The fifth is that the study is limited to one institution, meaning that the results only reflect one rural border case and cannot be generalized to the education system. These restrictions are not intended to detract from the diagnostic value of the work.

## CONCLUSIONS

The use of digital platforms in the English language teaching in the school studied is systematically sporadic. The median falls in the category sometimes across the nine use items, and the mode coincides in eight of them, along with the global index of 43.9 points out of one hundred, suggests that no pedagogical function of these tools is regular enough to establish routines of practice. The two perceived-usefulness items, on the other hand, average 66.8 points and are well above the scale center. The two sets of items ask different types of questions, and the distance between them is not measured in this study, but the direction of the contrast is clear: that which hinders the use of digital platforms in this school is not the disposition of the students but teaching planning.

The intensity of ordering of skills does not match the self-perceived performance ordering of skills. Listening comprehension is the lowest platform-mediated and the highest declared performance, whereas oral production is the opposite, with the lowest four items of the instrument being found under the oral production section, led by oral fluency at 34.4 points. This trend at the extremes of the two orderings runs contrary to the parallel ordering that greater exposure would predict, and it points to didactic mediation rather than resource availability as the variable to be investigated. The observation should be interpreted with great care as the use

indices for listening and reading are based on one item for each skill, and the mapping of items to skills has not been tested empirically.

Preference focuses on a generalist application (69.1 %), and the three specialised tools do not add up to more than 30.9 % (with the one focused on pronunciation and fluency). The skill with the lowest score is exactly the one for which there is a dedicated tool and is the least selected; resource selection cannot be spontaneous student choice. The following practical recommendation is one of sequence. If budgets are constrained, the focus is not on increasing the technological stock, but on planning pedagogical mediation guided by the stock already available: assign a specific platform to each skill, establish a frequency of use, and put it under teacher control, starting from the skill of oral production. If additional hardware is added prior to this mediation, the pattern described here will be repeated at a higher cost. The investment in equipment is warranted after the pedagogical sequence is in place and the existing equipment is not sufficient to support the sequence, rather than before. Further research is needed to compare these self-perceived measures with standardised measures of proficiency, to record out-of-school contact with the language, and to expand the diagnosis to other rural border institutions to determine if the pattern is situational or specific to this case.

## REFERENCES

1. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) 2024 [Internet]. Quito: INEC; 2024 [cited 20 July 2026]. Available from: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/TIC/2024/202407_Tecnologia_de_la_Informacion_y_Comunicacion-TICs.pdf
2. Almache Granda G, Ramírez Romero E, Ley Leyva N, Gortaire Díaz D. La enseñanza del inglés en entornos virtuales: desafíos y estrategias para el éxito educativo de estudiantes rurales. Revista InveCom. 2024;4(2):1-20. doi: https://doi.org/10.5281/zenodo.10558687
3. Cárdenas-Ramírez NJ, Calupiña-Rivera CA. Integración de la tecnología en la enseñanza del idioma inglés. Revista Multidisciplinaria Perspectivas Investigativas. 2025;5(1):1-12. doi: https://doi.org/10.62574/rmpi.v5i1.253
4. Loewen S, Isbell DR, Sporn Z. The effectiveness of app-based language instruction for developing receptive linguistic knowledge and oral communicative ability. Foreign Language Annals. 2020;53(2):209-33. doi: https://doi.org/10.1111/flan.12454
5. Jiang X, Rollinson J, Plonsky L, Gustafson E, Pajak B. Evaluating the reading and listening outcomes of beginning-level Duolingo courses. Foreign Language Annals. 2021;54(4):974-1002. doi: https://doi.org/10.1111/flan.12600
6. Loewen S, Crowther D, Isbell DR, Kim KM, Maloney J, Miller ZF, et al. Mobile-assisted language learning: a Duolingo case study. ReCALL. 2019;31(3):293-311. doi: https://doi.org/10.1017/S0958344019000065
7. Shortt M, Tilak S, Kuznetcova I, Martens B, Akinkuolie B. Gamification in mobile-assisted language learning: a systematic review of Duolingo literature from public release of 2012 to

early 2020. Computer Assisted Language Learning. 2023;36(3):517-54. doi: https://doi.org/10.1080/09588221.2021.1933540

8. Shi H, Aryadoust V. A systematic review of AI-based automated written feedback research. ReCALL. 2024;36(2):187-209. doi: https://doi.org/10.1017/S0958344023000265
9. Shi H, Aryadoust V. A systematic review of automated writing evaluation systems. Education and Information Technologies. 2023;28(1):771-95. doi: https://doi.org/10.1007/s10639-022-11200-7
10. Li Z. Teachers in automated writing evaluation (AWE) system-supported ESL writing classes: perception, implementation, and influence. System. 2021;99:102505. doi: https://doi.org/10.1016/j.system.2021.102505
11. Pham VTT, Pham AT. English major students' satisfaction with ELSA Speak in English pronunciation courses. PLOS ONE. 2025;20(1):e0317378. doi: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0317378
12. Dhivya DS, Hariharasudan A, Ragmoun W, Alfalih AA. ELSA as an Education 4.0 tool for learning Business English communication. Sustainability. 2023;15(4):3809. doi: https://doi.org/10.3390/su15043809
13. Kholis A. ELSA Speak app: automatic speech recognition (ASR) for supplementing English pronunciation skills. Pedagogy: Journal of English Language Teaching. 2021;9(1):1-14. doi: https://doi.org/10.32332/joelt.v9i1.2723
14. Anggraini A. Improving students' pronunciation skill using ELSA Speak application. Journey: Journal of English Language and Pedagogy. 2022;5(1):135-41. doi: https://doi.org/10.33503/journey.v5i1.1840
15. Akhmad NW, Munawir A. Improving the students' pronunciation ability by using ELSA Speak app. IDEAS: Journal on English Language Teaching and Learning, Linguistics and Literature. 2022;10(1):846-57. doi: https://doi.org/10.24256/ideas.v10i1.2868
16. Nguyen KN, Nguyen TMT. Tertiary students' perceptions on ELSA Speak application for pronunciation learning. European Journal of Applied Linguistics Studies. 2024;7(1):1-13. doi: https://doi.org/10.46827/ejals.v7i1.483
17. Yosintha R, Rekha A. "ELSA Speak" in an online pronunciation class: students' voices. IJEE: Indonesian Journal of English Education. 2022;9(1):160-75. doi: https://doi.org/10.15408/ijee.v9i1.23033
18. Pennington MC. Teaching pronunciation: the state of the art 2021. RELC Journal. 2021;52(1):3-21. doi: https://doi.org/10.1177/00336882211002283
19. Al-khresheh MH. Bridging technology and pedagogy from a global lens: teachers' perspectives on integrating ChatGPT in English language teaching. Computers and Education: Artificial Intelligence. 2024;6:100218. doi: https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100218
20. García García EK. Las plataformas digitales como recurso didáctico para reforzar el aprendizaje del inglés en educación primaria. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar. 2024;8(1):3006-22. doi: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.9633

21. Velázquez Concepción Y, Solis Maldonado LA. Plataformas digitales en la enseñanza del inglés: impacto en la motivación y el rendimiento estudiantil. Journal TechInnovation. 2025;4(1):20-7. doi: https://doi.org/10.47230/Journal.TechInnovation.v4.n1.2025.20-27

22. Rodríguez-Cajamarca LP, García-Herrera DG, Guevara-Vizcaíno CF, Erazo-Álvarez JC. Alianza entre aprendizaje y juego: gamificación como estrategia metodológica que motiva el aprendizaje del inglés. Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía. 2020;5(1):370-91. doi: https://doi.org/10.35381/r.k.v5i1.788

23. Darsih E, Asikin NA. Mobile assisted language learning: EFL learners' perceptions toward the use of mobile applications in learning English. English Review: Journal of English Education. 2020;8(2):183-94. doi: https://doi.org/10.25134/erjee.v8i2.2999

24. Rebolledo Font De La Vall R, González Araya F. Exploring the benefits and challenges of AI-language learning tools. International Journal of Social Sciences and Humanities Invention. 2023;10(1):7569-76. doi: https://doi.org/10.18535/ijsshi/v10i01.02

ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Octubre 2026
Vol. 7 No. 21, PP. 50-63
https://doi.org/10.56519/4c0d0b95

# APRENDIZAJE MÓVIL DE VOCABULARIO EN INGLÉS CON LINGODEER EN UNA ESCUELA RURAL DEL VALLE DEL CHOTA, ECUADOR: ESTUDIO PRIMARIO PRETEST-POSTEST

# MOBILE VOCABULARY LEARNING WITH LINGODEER IN A RURAL SCHOOL OF THE CHOTA VALLEY, ECUADOR: A PRIMARY PRETEST-POSTTEST

Carlos Leomar De La Cruz Espinoza[1], Martha Viveros Almeida[2]

{carlos.delacruz@upec.edu.ec[1], martha.viveros@upec.edu.ec[2]}

Fecha de recepción: 29/07/2026 / Fecha de aceptación: 21/08/2026 / Fecha de publicación: 14/10/2026

**RESUMEN: En las escuelas rurales, las limitadas oportunidades de exposición al inglés y de práctica autónoma del vocabulario justifican la exploración de herramientas móviles integradas a la enseñanza. En este contexto, este estudio cuantitativo primario examinó el cambio en el logro de vocabulario en inglés durante un periodo de enseñanza apoyada por LingoDeer en una escuela pública rural del Valle del Chota, Ecuador. Este estudio cuantitativo primario examinó el cambio en el logro de vocabulario en inglés durante un periodo de enseñanza apoyada por LingoDeer en una escuela pública rural del Valle del Chota, Ecuador. Se analizaron las respuestas a 30 reactivos y los puntajes emparejados de 70 estudiantes, así como un cuestionario diagnóstico de 71 respondientes. Los totales se verificaron reactivo a reactivo. La media aumentó de 12,26 (DE = 5,12) a 25,80 (DE = 1,42) puntos sobre 30; la ganancia media fue 13,54 (DE = 5,22), t(69) = 21,69, p < 0,001, IC 95 % [12,30; 14,79], r pre-post = 0,067 y dz = 2,59. Los 70 estudiantes mostraron diferencias positivas (rango 2-23; prueba exacta de signos, p < 0,001), con una proporción de 7,1 % en AAR o DAR, que se incrementó a 100,0 %. En el cuestionario, las respuestas «Nunca» oscilaron entre 45,1 % y 67,6 % para mediación digital y entre 56,3 % y 63,4 % para desempeño léxico autopercibido. La consistencia interna fue alta para mediación digital (alfa = 0,966) y desempeño léxico (alfa = 0,968), mientras que el postest de logro produjo un coeficiente negativo (alfa = -0,395). La misma prueba se administró en ambas ocasiones, los puntajes finales estuvieron próximos al techo y el archivo analítico no conservó los identificadores de condición ni medidas verificadas de exposición. Por ello, el artículo informa un cambio primario pretest-postest, pero no atribuye causalmente ese cambio a LingoDeer.**

***Palabras clave: aprendizaje móvil de idiomas; LingoDeer; vocabulario en inglés; TPACK; educación rural; Ecuador***

[1]Unidad Educativa Guardiana De Los Saberes San Gabriel de Piquiucho: Docente de Inglés, https://orcid.org/0009-0001-1171-8451; +593981172433.
[2]Universidad Politécnica Estatal del Carchi: Profesor Ocasional, https://orcid.org/0000-0002-2441-6954, +593979289520.

**ABSTRACT: In rural schools, limited opportunities for exposure to English and independent vocabulary practice justify exploring mobile tools integrated into teaching. In this context, this primary quantitative study examined the change in English vocabulary achievement during a period of instruction supported by LingoDeer in a rural public school in the Chota Valley, Ecuador. This primary quantitative study examined change in English-vocabulary achievement during a period of LingoDeer supported instruction in a rural public school in Ecuador's Chota Valley. Thirty item responses and matched scores from 70 students were analysed, together with a diagnostic questionnaire completed by 71 respondents. Item totals were verified item by item. Mean achievement increased from 12.26 (SD = 5.12) to 25.80 (SD = 1.42) out of 30; mean change was 13.54 (SD = 5.22), t(69) = 21.69, p < .001, 95% CI [12.30, 14.79], pre-post r = .067, and dz = 2.59. All 70 students had positive differences (range 2-23; exact sign test, p < .001), and the proportion in AAR or DAR increased from 7.1% to 100.0%. For the questionnaire, 'Never' responses ranged from 45.1% to 67.6% for digital mediation and from 56.3% to 63.4% for self-perceived lexical performance. Internal consistency was high for digital mediation (alpha = .966) and lexical performance (alpha = .968), whereas the posttest achievement items produced a negative coefficient (alpha = -.395). The same test was administered at both occasions, final scores were near the ceiling, and the analytic file did not retain condition identifiers or verified exposure measures. The article therefore reports primary pretest-posttest change without attributing that change causally to LingoDeer.**

***Keywords: mobile-assisted language learning; LingoDeer; English vocabulary; TPACK; rural education; Ecuador***

## INTRODUCCIÓN

Vocabulary knowledge is the foundation for comprehension and production in listening, speaking, reading and writing. Lexical knowledge is not available for communication until learners have repeated experiences with the form, meaning, pronunciation, and contextual use (1-4). In contemporary research, word knowledge is considered as a multidimensional phenomenon and is differentiated from the productive mastery needed for communication (1,3). The repeated presentation of word lists with spaced intervals of time and attention and retrieval is necessary for acquisition; the presentation of word lists alone is not sufficient for the acquisition of memory (2,4). In a low-proficiency English as a foreign language (EFL) classroom, the limited amount of time for class instruction and the few opportunities for individualized practice can result in a classroom that produces receptive fragments that are not easily transferred to the classroom's oral and written environment.

The present study is based on two theoretical strands. Well-sequenced applications operationalize this principle, which is known as the input-oriented approach, by systematically sequencing and recycling input that is just a little above the learner's level. The sociocultural view of learning sees the zone of proximal development as the space in which learning occurs as a result of mediation (6), which can be provided by software, but requires teacher orchestration to transform individual practice into shared communicative competence.

Mobile-assisted language learning (MALL) can provide portable, repeatable, multimedia practice in the classroom. The recent reviews and meta-analyses, in general, suggest positive results for second-language learning and, in particular, for vocabulary (7-13), although the results are also characterized by significant differences in the effects across learners' ages, intervention duration, learning design, and assessment. Mobile practice as a pedagogical tool is not a treatment itself, but rather a pedagogical tool, and these syntheses do not exclude the possibility of publication bias, weak comparison conditions or incomplete reporting, which can inflate effect estimates. Convenience and gamified feedback are added to the commercial applications, but the mere presence of an application does not guarantee learning. Some of the concerns that persist are small samples, brief exposure, attrition, novelty effects, and weak comparisons (14,15). Incomplete reporting of statistical assumptions, effect sizes, measurement reliability and validity also are common issues identified in reviews of quantitative MALL research (16,17).

The field has evolved from feasibility reports to controlled evaluations. An early synthesis revealed mostly positive results across implementations (18), and more recent meta-analyses indicate moderate to large average effects across implementations, with significant heterogeneity, but not effects similar to the corrected within-person dz reported here (9,10). The proposed mechanisms are: more time on task, immediate corrective feedback, multimedia coding, and spaced review (19). The evidence at the platform level is still inconsistent and is contingent on persistence, dosage, learning design and comparison quality (15). Therefore, a large pooled pre-post standardized change should not be compared directly or interpreted as application efficacy.

LingoDeer organizes each language course into a set of language units that are fixed in terms of difficulty level and content from beginner to intermediate. Each unit includes explicit grammar notes, presentation of words in context, native-speaker recordings, immediate item-level feedback and progress analytics, as well as a dedicated spaced-repetition review module (21). This is a structured, explanation-rich profile and is not as much an implicit, streak-driven platform as it is a platform that might be articulated in the classroom, as unit topics can be mapped onto national curriculum blocks. However, empirical assessment is still limited. A recent qualitative case study reported that Indonesian junior secondary learners showed greater interest, involvement and reported word recall, while the difficulties of pronunciation and cost of premium version were reported (22). The present study fills in this gap in quantitative achievement evidence and in evidence from Latin America.

These concerns are more significant in rural public-school environments where access to devices, connectivity, and technical support can be inconsistent. The Ecuadorian EFL curriculum is structured around five strands of learning (communication and cultural awareness, oral communication, reading, writing, and language through the arts) and has progressive expectations across General Basic Education (23) that align with the Common European Framework of Reference for Languages (24). The most defensible use of digital practice is when it is used to fulfill these curricular goals and is mediated in a purposeful way by the teacher.

The technological pedagogical content knowledge (TPACK) framework supplies that rationale. TPACK treats effective technology integration as the situated interaction of content,

pedagogical, and technological knowledge rather than as the isolated use of a digital tool (25,26). Applied to MALL, TPACK implies that an application's affordances produce learning only when the teacher aligns them with content standards and appropriate pedagogy. In the present context, LingoDeer supplied structured multimedia exercises and immediate feedback, while the teacher connected those activities to curricular vocabulary, the ERCA cycle (experience, reflection, conceptualization, and application), and communicative classroom tasks.

This adaptation was especially important in the predominantly Afro-Ecuadorian rural community of the Chota Valley where opportunities to use English outside of school may be limited, and devices, connectivity, and technical support may be uneven. As a result, LingoDeer was designed to be a teacher-led, curriculum-based tool, not a standalone application that requires constant internet connectivity.

The research team conducted the study in a public educational unit in Piquiucho, a predominantly Afro-Ecuadorian community in the Chota Valley of Carchi Province. Classroom control and intervention assignments were planned, but the final participant-level analytic file retained grade only (8, 9, or 10), not class section or condition. The article thus reports a primary pooled pre test-post test study as opposed to a controlled treatment-effect estimate. Three research questions were addressed: (a) What were baseline patterns of teacher digital mediation and self-reported lexical performance? (b) What were pooled and grade-specific vocabulary-score changes from pretest to posttest? and (c) What were the measurement and design constraints for the interpretation of those changes?

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Design, setting, and data collection.** The present article presents the main quantitative one-group pretest-posttest analysis carried out at the Guardiana de los Saberes San Gabriel de Piquiucho Educational Unit. This study used a baseline contextual questionnaire and a 30-item vocabulary assessment, which were given before and after a period of instruction supported by LingoDeer. The research team documented the responses for each item on the instrument at the participant level and matched the achievement records with coded identifiers. These basic study records were used to calculate all numerical results presented in this article. No qualitative data were gathered or analysed.

**Participants and analytic samples.** There were 70 students who completed the matched 30-item pretest and posttest responses for the achievement analysis, and 71 respondents who completed the contextual questionnaire. The one-participant difference was due to the absence of a student who completed the contextual questionnaire on the day of the achievement posttest, so that student could not be included in the matched pretest-posttest analysis.

The 70 complete achievement pairs were included, including four students who were identified as having special educational needs (SEN) in the enrolment summary. They were assessed as part of the school's regular inclusive classroom practices and the assessment content and scoring criteria were not changed so that the assessment was comparable. There

was no SEN based exclusion or score adjustment. Unfortunately, individual SEN status and specific support measures were not stored in the participant-level analytic file, meaning that SEN-specific sub-group analyses were not possible; this is acknowledged.

***Table 1. Participant distribution, curricular target, and planned classroom assignment.***

| Grade / class group | Boys | Girls | Total | SEN | Planned classroom role / analytic status |
|---|---|---|---|---|---|
| Eighth A | 5 | 5 | 10 | 2 | Planned control; section/condition not retained in analytic file |
| Eighth B | 5 | 5 | 10 | 2 | Planned intervention; section/condition not retained in analytic file |
| Ninth A | 4 | 6 | 10 | 0 | Planned control; section/condition not retained in analytic file |
| Ninth B | 5 | 5 | 10 | 0 | Planned intervention; section/condition not retained in analytic file |
| Tenth (single group) | 12 | 18 | 30 | 0 | LingoDeer-supported instruction; no comparator |
| **Total** | **31** | **39** | **70** | **4** | **70 complete pairs included; no participant-level condition or SEN field** |

*Note. Planned classroom roles, class sections and SEN are recorded as part of the enrollment records. The participant-level analytic file includes coded ID, grade, item responses, and total score but lacks section, condition, sex, and SEN fields. All 70 complete pairs were included, so there is no possibility of separating the planned control and intervention classrooms for a between groups analysis that is reproducible.*

**Instruments.** A locally developed objective test with 30 items and a scoring of 1 point for each correct answer was used as the achievement instrument (0-30). The same form was administered at pretest and posttest; no parallel form or delayed retention test was used. Expert content review and alignment with CEFR A1-A2 and the Ecuadorian curriculum were reported, but independent criterion validation was not conducted. Analysis of the primary binary item responses gave alpha/KR-20 = .814 at pretest and alpha = -.395 at posttest. The negative posttest coefficient is a negative average inter-item covariance and is therefore not a valid estimate of internal consistency for this administration. Unstable inter-item covariances may have been due to the ceiling effect (M = 25.80/30, SD = 1.42) and the lack of variance in scores. The total scores for the post test were therefore considered exploratory. The diagnostic questionnaire comprised 14 items: 1-8 were related to teacher digital mediation, 9-13 were related to self-perceived lexical performance and Item 14 was related to resource preference. Alpha values were .966 for Items 1-8 and .968 for Items 9-13, with a 13-item alpha of 0.983. These coefficients describe internal consistency only and do not establish unidimensionality or construct validity.

***Table 2. Measurement framework and data-collection instruments.***

| Instrument | Construct and content | Scale | Quality evidence reported |
|---|---|---|---|
| Achievement pre-/post-test | Meaning recognition; contextual vocabulary; simple-sentence production; auditory discrimination | 30 items; 0-30 | Primary item-level responses; pretest alpha/KR-20 = .814; posttest alpha = -.395 (not acceptable) |
| Diagnostic questionnaire | Teacher digital mediation (Items 1-8); self-perceived lexical performance (Items 9-13) | 4-point frequency scale (13 items) | Items 1-8 alpha = .966; Items 9-13 alpha = .968; all 13 items alpha = .983; factor structure untested |
| Resource-preference item | Preferred resource for vocabulary development (Item 14) | Single categorical choice | Audio was the modal response: 35/71 (49.3%) |

*Note. Resource-preference results were calculated from the 71 primary questionnaire responses: audio 35 (49.3%), reading 19 (26.8%), dialogues 13 (18.3%), and dictation 4 (5.6%).*

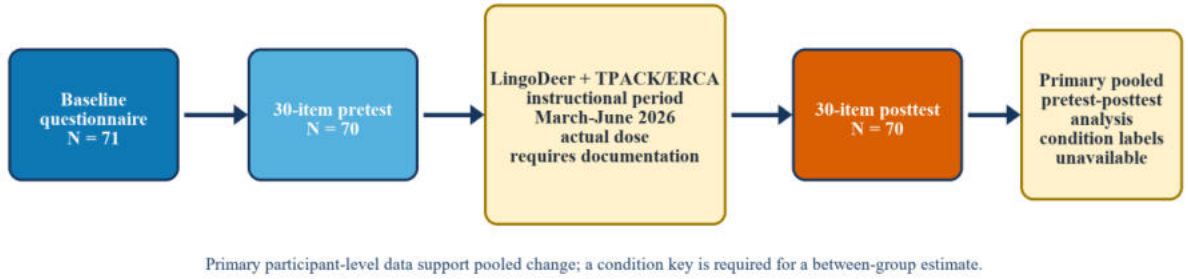



***Figure 1. Study procedure and analytical scope.***

*Note. The diagram presents the primary-data study sequence and the pooled analytic scope. A condition key and documented exposure are required before a control-versus-intervention effect can be estimated.*

***Table 3. Curriculum-to-activity alignment in the instructional guide.***

| Curriculum thread | Grade 8 (A1.1) | Grade 9 (A1.2) | Grade 10 (A2.1) |
|---|---|---|---|
| Communication and cultural awareness | Greetings and introductions | Food origins and healthy choices | Months, festivals, and birthdays |
| Oral communication | Family dialogues | Animals and sound-based practice | Buying clothes: buyer-seller exchanges |
| Reading | Short descriptions of pets | Menus and food labels | Schedules, time, and agendas |
| Writing | Classroom objects and demonstratives | Routines and short messages | Personal diary entries |
| Language through the arts | Colours and visual labelling | Weather vocabulary | Seasons and comparative descriptions |

*Note. Levels and content follow the study's curriculum-convergence matrix and instructional units. A1.1, A1.2, and A2.1 denote the CEFR sublevels set by the Ecuadorian curriculum for eighth, ninth, and tenth grade respectively.*

**Statistical analysis.** Primary item totals were calculated for every participant and matched by coded ID across occasions. Integer totals were preserved and summary values were rounded only after calculation. Means, sample standard deviations, standard errors, ranges, and achievement-band frequencies were computed from the 70 complete paired records. For the paired-samples t test, the pretest-posttest data and a two-sided alpha of .05 were used, and for the 95% confidence interval, df = 69. Participant-level scores were used to calculate Pearson's pre-post correlation, Cohen's dz, and Glass's delta. The paired-samples t test was used and supplemented by an exact two-sided sign test as a sensitivity analysis, due to the questionable normality of the paired difference scores and substantial grade heterogeneity. The item-level responses were used to compute alpha/KR-20 coefficients for the achievement test and for the two subscores of the questionnaire. The analytic file does not contain any condition identifiers, so an effect of control versus intervention was not estimated. Achievement bands were DAR 27-30, AAR 21-26, PAAR 13-20, and NAR 0-12.

## RESULTADOS

**Baseline digital mediation.** Primary questionnaire responses (N = 71) showed that digital tools were seldom integrated into English instruction. 'Never' responses were 57.7% for digital applications as class materials, 62.0% for English audio through applications, 45.1% for audio-repetition exercises, 50.7% for reading-comprehension application frequency, 62.0% for their actual use, 57.7% for writing exercises supported by applications, 63.4% for online applications supporting English learning, and 67.6% for pronunciation practice. Every percentage is an attainable fraction of 71 and was calculated from its count.

**Self-reported lexical performance.** 'Never' responses were 57.7% for understanding main ideas when reading, 63.4% for understanding vocabulary in audio input, 60.6% for using vocabulary in everyday speech, 56.3% for understanding vocabulary while reading, and 63.4% for using appropriate vocabulary in writing. Audio was the modal preferred resource (35/71, 49.3%), followed by reading (19/71, 26.8%), dialogues (13/71, 18.3%), and dictation (4/71, 5.6%). These findings answer the first research question as baseline context; they are not presented as outcomes of the intervention.

**Questionnaire reliability and response pattern.** The alpha for the teacher digital mediation (Items 1-8) was .966, for self-perceived lexical performance (Items 9-13) was .968, and for all 13 scaled items, alpha was .983. Separate subscale coefficients prevent the two conceptually different domains from being considered as a single construct. Very high alpha values, however, may be due to redundancy in the items or to a highly patterned response matrix and are not indicative of factorial validity. Factor analysis, item-total diagnostics, test-retest reliability, and external validation were not conducted.

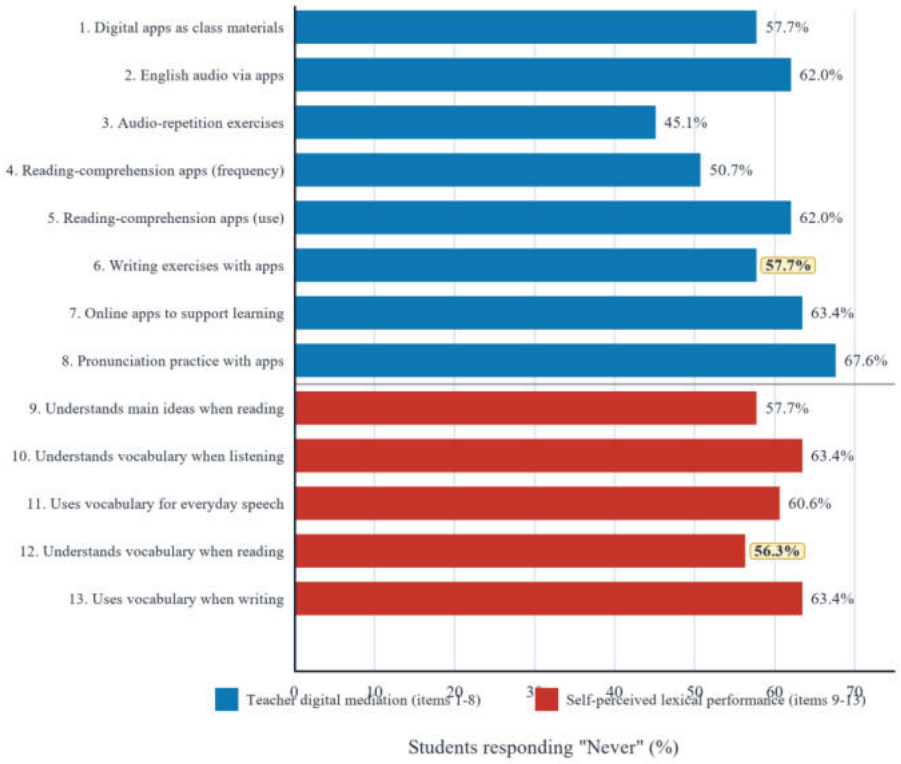



***Figure 2. Baseline «Never» responses for digital mediation and lexical performance.***

*Note. N = 71. Percentages were calculated from primary questionnaire counts. The two corrected rounding values, 41/71 = 57.7% and 40/71 = 56.3%, are highlighted in yellow in the figure.*

**Pooled vocabulary-test change.** For the 70 matched records, the pretest total was 858 (M = 12.26, SD = 5.12, range 5-23) and the posttest total was 1806 (M = 25.80, SD = 1.42, range 23-29). The integer paired-difference total was 948, giving a mean change of 13.54 (SD = 5.22, SE = 0.62, range 2-23), t(69) = 21.69, p < .001, 95% CI [12.30, 14.79]. The pre-post correlation was r = .067, Cohen's dz = 2.59, and Glass's delta = 2.64. All 70 paired differences were positive (range 2–23); the two-sided sign test was exact, p < .001, and did not assume normally distributed paired differences. The sign test is used to assess the direction of change, not the size of the mean difference, and thus complements (not replaces) the paired t test.

***Table 4. Pooled pretest-posttest vocabulary results.***

| Outcome | N | Mean | SD | SE | Difference / inferential result |
|---|---|---|---|---|---|
| Pretest | 70 | 12.26 | 5.12 | 0.61 | n/a |
| Posttest | 70 | 25.80 | 1.42 | 0.17 | n/a |
| Posttest - pretest | 70 | 13.54 | 5.22 | 0.62 | t(69) = 21.69; p < .001; 95% CI [12.30, 14.79] |
| Standardized / sensitivity | 70 | n/a | n/a | n/a | dz = 2.59; Glass delta = 2.64; r = .067; exact sign p < .001 |

*Note. Scores range from 0 to 30. All values were calculated from 70 primary participant-level records; totals were integers and means were rounded to two decimals only after calculation. The exact mean difference is 948/70 = 13.542857. dz standardizes the paired difference; Glass's delta uses the pretest SD. Neither is a between-group causal effect.*

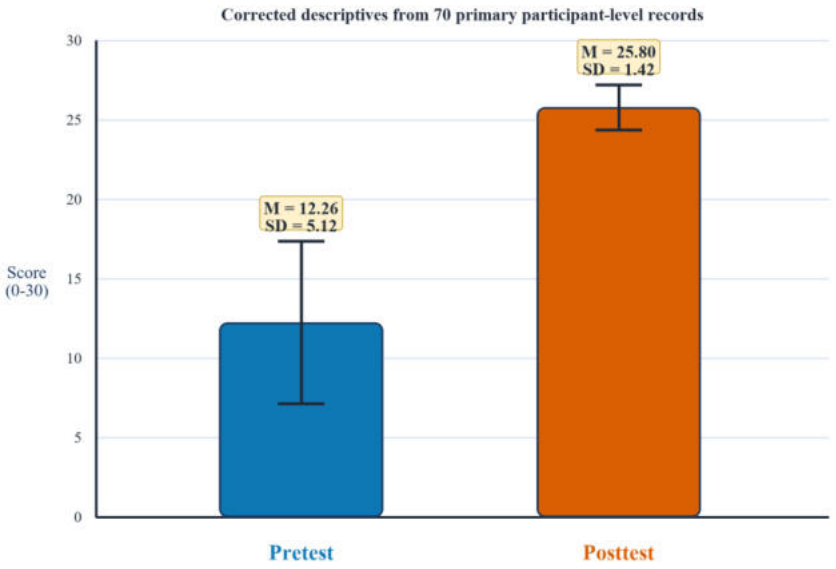



***Figure 3. Mean vocabulary scores before and after the instructional period.***

***Note. Error bars represent +/- 1 sample SD. Yellow labels identify the corrected values calculated from the primary participant-level data.***

**Achievement-band distribution.** At pretest, 42 students (60.0%) were in NAR, 23 (32.9%) in PAAR, 5 (7.1%) in AAR, and none in DAR. At posttest, 48 (68.6%) were in AAR and 22 (31.4%) in DAR; no participant was in PAAR or NAR. Thus, the combined AAR/DAR proportion increased from 7.1% to 100.0%. These counts were calculated directly from the primary participant-level totals. Without retained condition identifiers, the distribution cannot establish a LingoDeer treatment effect.

***Table 5. Distribution across nationally adapted achievement bands.***

| Achievement band | Code | Score range | Pretest n (%) | Posttest n (%) |
|---|---|---|---|---|
| Masters the required learning | DAR | 27-30 | 0 (0.0) | 22 (31.4) |
| Achieves the required learning | AAR | 21-26 | 5 (7.1) | 48 (68.6) |
| Close to achieving the required learning | PAAR | 13-20 | 23 (32.9) | 0 (0.0) |
| Does not achieve the required learning | NAR | 0-12 | 42 (60.0) | 0 (0.0) |
| **Total** | **n/a** | **0-30** | **70 (100.0)** | **70 (100.0)** |

*Note.* The four category labels are translated from the Ecuadorian qualitative scale and proportionally adapted to a 30-point test. DAR = domina los aprendizajes requeridos; AAR = alcanza los aprendizajes requeridos; PAAR = está próximo a alcanzar los aprendizajes requeridos; NAR = no alcanza los aprendizajes requeridos.

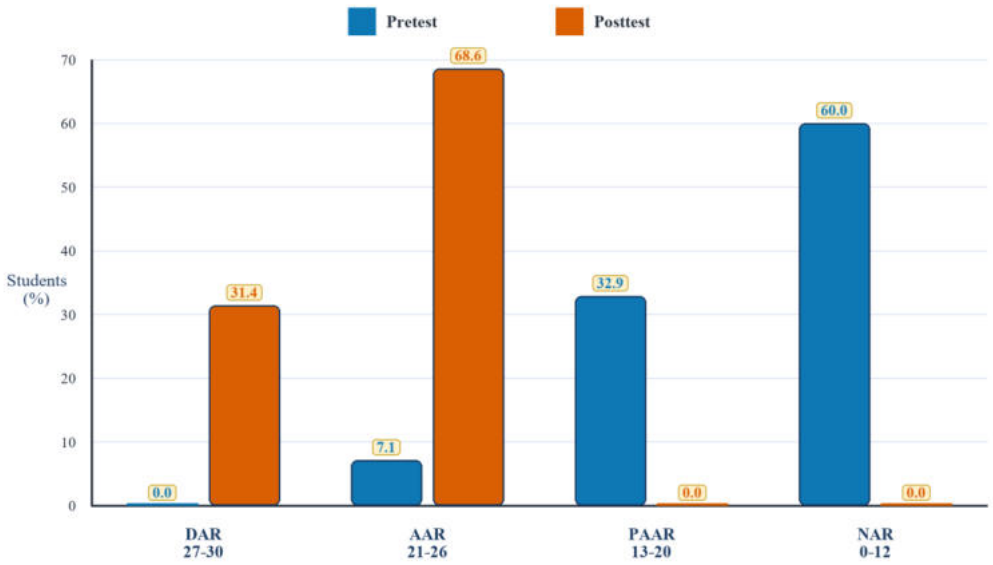



***Figure 4. Pretest and posttest achievement-band distributions.***

*Note. N = 70. Values are percentages calculated from the primary participant-level totals. Yellow labels identify corrected values. DAR, AAR, PAAR, and NAR are defined in Table 5.*

**Magnitude, heterogeneity, and ceiling.** The within-person standardized mean change (dz) is the mean paired difference (13.54) divided by the standard deviation of the paired difference (5.22). It is not an independent-groups effect and should not be interpreted as or compared directly with Hedges' g. The final score compression (restricted posttest variance, SD = 1.42) and the near-ceiling posttest mean (M = 25.80/30), coupled with the large value, suggest that caution should be used when interpreting the results. Therefore, dz is not reported as a large effect size between groups due to LingoDeer. Mean gains differed sharply by grade: 19.20 points in Grade 8 (SD = 2.55), 15.35 in Grade 9 (SD = 1.57), and 8.57 in Grade 10 (SD = 3.02). These differences track distinct baseline levels and show that the pooled statistic mixes grade and curriculum effects. The near-zero pre-post correlation (r = .067) shows little rank-order stability. At posttest every score lay between 23 and 29, the mean was 86% of the maximum, and alpha was negative. Ceiling compression, repeated exposure to the same form, close alignment between instruction and test content, and possible teaching to the test are therefore plausible alternatives to a treatment interpretation.

**Summary of findings.** The primary records support three reproducible descriptions: limited baseline digital mediation and low self-reported lexical performance, a large pooled increase in integer achievement totals, and strong grade heterogeneity followed by a compressed posttest distribution. The final analytic file does not support a control-versus-intervention comparison because condition membership is absent. The negative posttest reliability coefficient, use of the same form twice, lack of a delayed test, missing actual-dose and fidelity logs, and lack of participant-level SEN identifiers materially limit interpretation. The corrected statistics establish primary pretest-posttest change but do not by themselves establish causality.

# DISCUSIÓN

Three main findings emerged from this primary study. First, pre-questionnaire data show that digital mediation is scarce and self-perceived lexical performance is low. Second, the participant-level achievement data reveal a large pooled score gain (all 70 differences were positive). Third, the increase is quite different across grade levels and tapers off to a low, near-ceiling posttest distribution that has negative item reliability. The correct interpretation is a main descriptive change in the teaching period, not that LingoDeer brought about the change.

The baseline results clarify why mobile support was pedagogically relevant. Across the eight digital-mediation items, 45.1%-67.6% selected 'Never'; across the five lexical self-report items, 56.3%-63.4% selected 'Never'. Audio was the modal resource preference. These attainable percentages and separate subscale reliabilities answer the contextual research question without being used as post-intervention evidence.

The corrected mean gain remains much larger than typical educational intervention effects, but several features can inflate it: low and grade-stratified baselines, direct alignment between practised and tested content, immediate feedback, administration of the identical instrument twice, and a posttest ceiling. The fall in SD from 5.12 to 1.42 is descriptive evidence of restricted final-score variance, not proof of equalized learning. The negative posttest alpha further cautions against interpreting the total as a stable latent measure.

TPACK focuses on how LingoDeer contributes to the practice rather than the practice of LingoDeer itself, that is, teacher-led pedagogical orchestration. The teacher chose the technological affordances of the application to achieve specific lexical and phonological goals, integrated them in the ERCA cycle (experience, reflection, conceptualization, application), and linked the digital practice with communicative follow-up exercises that were related to the grade level curriculum. Therefore, the likely teaching process was the teacher's alignment and mediation: LingoDeer provided structured multimedia practice and immediate feedback, and the teacher was able to use these to create contextualized learning opportunities that were linked to the five curricular strands and the progression from A1.1 to A2.1 (23,24). Note that this interpretation should not be understood as evidence that LingoDeer or teacher mediation alone caused the observed change because the study design did not isolate these components experimentally.

The outcome is not solely due to LingoDeer. Control and intervention classrooms were planned, but no section or condition key is included in the participant-level analytic file except for grade. The intended comparison cannot be used in a pooled paired analysis, and may be due to maturation, normal instruction, repeated testing, teaching to the test, attendance selection, regression to the mean, and unequal exposure. A causal or between-group claim must be accompanied by recovery and verification of the condition key as well as actual-dose information.

Implications for practice. The instructional protocol provides a starting plan that is replicable: six units of curriculum aligned instruction, teacher introduction, communicative follow-up, independent practice for 15-20 minutes daily, and weekly review. Future implementations need to record actual sessions, attendance, time on task, module completion, teacher fidelity,

home access and technical interruptions. Before making decisions about adopting the plan, it should be evaluated using parallel assessment forms, a delayed retention measure, and a prespecified control comparison.

Limitations and directions for research. First, the class-section and condition identifiers were not retained in the participant-level analytic file and thus were not available for use of the planned controls. Second, the actual dose, adherence, usage logs, fidelity, and concurrent instruction were not measured or retained. Third, the same test constructed locally was administered twice, there was no delayed test to measure retention, and the post test had ceiling compression and alpha = -.395. Fourth, the enrollment summary shows four students with SEN, and the analytic file does not contain an individual SEN field, and no exclusion was applied for SEN. Fifth, the contextual questionnaire included 71 respondents, whereas the matched achievement sample included 70 because one questionnaire respondent was absent from the achievement posttest and could not be included in the paired analysis.

## CONCLUSIONES

Three conclusions follow from the analysis of the primary participant-level data.

First, the baseline diagnosis establishes a contextual need for additional support. Across digital-mediation items, 45.1%-67.6% of 71 respondents selected 'Never'; across self-perceived lexical-performance items, 56.3%-63.4% selected 'Never'. Audio was the most frequently preferred resource (35/71, 49.3%). These questionnaire findings answer the baseline research question and should not be presented as intervention outcomes.

Second, the primary score data support a large pooled descriptive change: pretest M = 12.26 (SD = 5.12), posttest M = 25.80 (SD = 1.42), mean difference = 13.54 (SD = 5.22), $t(69) = 21.69$, $p < .001$, with AAR/DAR increasing from 7.1% to 100.0%. The corresponding $dz = 2.59$ is a within-person statistic and must not be presented as a controlled application effect.

Third, primary-data status does not resolve the design and measurement limitations. Condition identifiers and verified actual dose are missing; the same test was repeated; final scores are near the ceiling; and posttest alpha is negative. The defensible conclusion is that vocabulary scores increased during the instructional period. A causal claim about LingoDeer requires a verified control/experimental key and a prespecified controlled analysis or a new controlled replication.

## AGRADECIMIENTOS (OPCIONAL)

The authors thank the management team, teaching staff, students, and families of the Guardiana de los Saberes San Gabriel de Piquiucho Educational Unit for their participation and for authorizing the implementation.

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS


1. Nation ISP. Learning vocabulary in another language. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press; 2013. https://doi.org/10.1017/CBO9781139858656
2. Schmitt N. Instructed second language vocabulary learning. Language Teaching Research. 2008;12(3):329-63. https://doi.org/10.1177/1362168808089921
3. Schmitt N, Schmitt D. Vocabulary in language teaching. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press; 2020. https://doi.org/10.1017/9781108569057
4. Webb S, Nation P. How vocabulary is learned. Oxford: Oxford University Press; 2017.
5. Krashen SD. The input hypothesis: issues and implications. London: Longman; 1985.
6. Vygotsky LS. Mind in society: the development of higher psychological processes. Cambridge (MA): Harvard University Press; 1978.
7. Burston J, Giannakou K. MALL language learning outcomes: a comprehensive meta-analysis 1994-2019. ReCALL. 2022;34(2):147-68. https://doi.org/10.1017/S0958344021000240
8. Hao T, Wang Z, Ardasheva Y. Technology-assisted vocabulary learning for EFL learners: a meta-analysis. Journal of Research on Educational Effectiveness. 2021;14(3):645-67. https://doi.org/10.1080/19345747.2021.1917028
9. Lin JJ, Lin H. Mobile-assisted ESL/EFL vocabulary learning: a systematic review and meta-analysis. Computer Assisted Language Learning. 2019;32(8):878-919. https://doi.org/10.1080/09588221.2018.1541359
10. Mahdi HS. Effectiveness of mobile devices on vocabulary learning: a meta-analysis. Journal of Educational Computing Research. 2018;56(1):134-54. https://doi.org/10.1177/0735633117698826
11. Peng H, Jager S, Lowie W. Narrative review and meta-analysis of MALL research on L2 skills. ReCALL. 2021;33(3):278-95. https://doi.org/10.1017/S0958344020000221
12. Yu A, Trainin G. A meta-analysis examining technology-assisted L2 vocabulary learning. ReCALL. 2022;34(2):235-52. https://doi.org/10.1017/S0958344021000239
13. Zhou Y, Zhou M. A meta-analysis on mobile-assisted vocabulary learning: do mobile applications help? ReCALL. 2026;38(1):75-93. https://doi.org/10.1017/S0958344025100335
14. Kukulska-Hulme A, Shield L. An overview of mobile assisted language learning: from content delivery to supported collaboration and interaction. ReCALL. 2008;20(3):271-89. https://doi.org/10.1017/S0958344008000335
15. Loewen S, Crowther D, Isbell DR, Kim KM, Maloney J, Miller ZF, et al. Mobile-assisted language learning: a Duolingo case study. ReCALL. 2019;31(3):293-311. https://doi.org/10.1017/S0958344019000065
16. Burston J, Athanasiou A, Giannakou K. Quantitative experimental L2 acquisition MALL studies: a critical evaluation of research quality. ReCALL. 2024;36(1):22-39. https://doi.org/10.1017/S0958344023000149
17. Hou Z, Aryadoust V. A review of the methodological quality of quantitative mobile-assisted language learning research. System. 2021;100:102568. https://doi.org/10.1016/j.system.2021.102568
18. Burston J. Twenty years of MALL project implementation: a meta-analysis of learning outcomes. ReCALL. 2015;27(1):4-20. https://doi.org/10.1017/S0958344014000159

19. Nakata T. Computer-assisted second language vocabulary learning in a paired-associate paradigm: a critical investigation of flashcard software. Computer Assisted Language Learning. 2011;24(1):17-38. https://doi.org/10.1080/09588221.2010.520675
20. Stockwell G, Hubbard P. Some emerging principles for mobile-assisted language learning. Monterey (CA): The International Research Foundation for English Language Education; 2013.
21. LingoDeer. LingoDeer: learn languages [Internet]. 2023 [cited 2026 Jul 23]. Available from: https://www.lingodeer.com/
22. Triwiyanti I, Dalimunte AA. Learning English vocabulary by LingoDeer: case study of Indonesian junior high school students. Acuity: Journal of English Language Pedagogy, Literature and Culture. 2025;10(3):276-89. https://doi.org/10.35974/acuity.v10i3.4166
23. Ministerio de Educación del Ecuador. English as a foreign language curriculum [Internet]. Quito: Ministerio de Educación; 2016 [cited 2026 Jul 23]. Available from: https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/08/0-EFL_v2.pdf
24. Council of Europe. Common European Framework of Reference for Languages: learning, teaching, assessment, companion volume. Strasbourg: Council of Europe Publishing; 2020.
25. Mishra P, Koehler MJ. Technological pedagogical content knowledge: a framework for teacher knowledge. Teachers College Record. 2006;108(6):1017-54. https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x
26. Koehler MJ, Mishra P. What is technological pedagogical content knowledge? Contemporary Issues in Technology and Teacher Education. 2009;9(1):60-70.
27. Li Y, Hafner CA. Mobile-assisted vocabulary learning: investigating receptive and productive vocabulary knowledge of Chinese EFL learners. ReCALL. 2022;34(1):66-80. https://doi.org/10.1017/S0958344021000161

ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Octubre 2026
Vol. 7 No. 21, PP. 64-79
https://doi.org/10.56519/cst2dj80

# ESTRATEGIAS SOCIOAFECTIVAS PARA LA ENSEÑANZA DEL INGLÉS A ADULTOS MAYORES: ESTUDIO DIAGNÓSTICO DE MÉTODOS MIXTOS EN LA COMUNIDAD RURAL DE SIDCAY, ECUADOR

# SOCIO-AFFECTIVE STRATEGIES FOR TEACHING ENGLISH TO OLDER ADULTS: A MIXED-METHODS DIAGNOSTIC STUDY IN THE RURAL COMMUNITY OF SIDCAY, ECUADOR

Verónica Margoth Parra Illescas[1], Martha Viveros Almeida[2]

{veronica.parra@upec.edu.ec[1], martha.viveros@upec.edu.ec[2]}

Fecha de recepción: 07/07/2026 / Fecha de aceptación: 21/08/2026 / Fecha de publicación: 14/10/2026

**RESUMEN: Los adultos mayores rurales de América Latina permanecen ausentes de la oferta y la investigación en enseñanza del inglés. Este estudio diagnosticó las condiciones socioafectivas relacionadas con el aprendizaje del inglés en adultos mayores de Sidcay, comunidad rural de Cuenca, Ecuador. Se empleó un diseño mixto concurrente con predominio cuantitativo y un componente cualitativo breve y contextual. Veinticinco adultos de 60 años o más respondieron oralmente un cuestionario Likert de 24 ítems organizado a priori en cuatro dimensiones; cinco integrantes de una muestra cualitativa separada participaron en entrevistas semiestructuradas de 2 a 7 minutos. La consistencia interna por dimensión osciló entre 0,749 y 0,798. Las respuestas mostraron mayor acuerdo con motivación y valor percibido (M = 3,95; DE = 0,66), preferencias socio-relacionales (M = 3,81; DE = 0,74) y necesidades de inglés oral y funcional (M = 3,73; DE = 0,66), y menor acuerdo con barreras afectivas redactadas en sentido negativo (M = 2,86; DE = 0,79). Las 24 medias por ítem se situaron entre 2,64 y 4,08, y 16 ítems presentaron desviaciones estándar iguales o superiores a 1,00, lo que indica desacuerdo interno considerable. Las entrevistas aportaron cuatro categorías tópicas recurrentes sobre conexión y actividad, preparación emocional, apoyo docente y usos orales cotidianos, que complementan, pero no validan los patrones de la encuesta. Dado que los ítems positivos coinciden con tres dimensiones, los negativos solo con barreras y la administración fue oral, el sesgo de aquiescencia y la presencia de la entrevistadora no pueden separarse de las diferencias sustantivas. Los resultados son, por tanto, descriptivos y provisionales. El estudio aporta un instrumento documentado, un protocolo replicable de administración oral para adultos**

[1]Universidad Politécnica Estatal del Carchi Posgrado Ecuador, ORCID: https://orcid.org/0009-0009-9978-5517; +59399 970 2572.
2Profesor Ocasional en la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Ecuador, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2441-6954; +593979289520.

**mayores con alfabetización heterogénea y un primer perfil descriptivo de esta población, junto con un marco de ocho estrategias socioafectivas propuesto para evaluación futura.**

***Palabras clave: estrategias socioafectivas; adultos mayores; inglés como lengua extranjera; educación rural; aprendizaje a lo largo de la vida; Ecuador***

**ABSTRACT: Older adults in rural Latin America remain largely absent from English language teaching provision and research. This study diagnosed socio-affective conditions related to English learning among older adults in Sidcay, a rural community in Cuenca, Ecuador. A concurrent, quantitatively weighted mixed-methods design included a brief contextual qualitative component. Twenty-five adults aged 60 or over answered an orally administered 24-item Likert questionnaire organized a priori into four dimensions; five members of a separate qualitative sample completed semi-structured interviews lasting 2-7 minutes. Dimension-specific internal consistency ranged from 0.749 to 0.798. Responses showed greater agreement with motivation and perceived value (M = 3.95, SD = 0.66), social-relational preferences (M = 3.81, SD = 0.74), and oral, functional learning needs (M = 3.73, SD = 0.66), and less agreement with negatively worded affective barriers (M = 2.86, SD = 0.79). All 24 item means fell between 2.64 and 4.08, and 16 items showed standard deviations at or above 1.00, indicating substantial within-group disagreement. The interviews supplied four recurring topical categories concerning connection and activity, emotional readiness, teacher support, and everyday oral uses; these complement, but do not validate, the survey patterns. Because positive wording coincided with three dimensions, negative wording occurred only in the barrier dimension, and administration was oral, acquiescent responding and interviewer presence cannot be separated from substantive differences. The findings are therefore descriptive and provisional. The study contributes a documented instrument, a replicable oral-administration protocol for older learners with heterogeneous literacy, and a first descriptive profile of this population, together with an eight-component socio-affective teaching framework proposed for future evaluation.**

***Keywords: socio-affective strategies; older adults; English as a foreign language; rural education; lifelong learning; Ecuador***

## INTRODUCCIÓN

Population ageing is one of the defining demographic processes of the twenty-first century, and international policy has responded by framing lifelong learning as a right and as a determinant of wellbeing in later life. The 2030 Agenda for Sustainable Development calls for inclusive, equitable, quality education and lifelong learning opportunities for all (1); the World Health Organization defines active and healthy ageing as the optimization of opportunities for health, participation, and security throughout the life course (2,3); and the Inter-American Convention on Protecting the Human Rights of Older Persons, ratified by Ecuador, explicitly recognizes older persons' right to education adapted to their interests and needs (4). Ecuador's own normative framework points in the same direction: the Constitution establishes education as a lifelong right (5) and the Organic

Law on Older Adults mandates educational inclusion for persons aged 65 and over (6). These instruments frame English learning for rural older adults as a right pending fulfilment.

Against this normative backdrop, the empirical situation of English language learning in Ecuador is unfavourable. In the EF English Proficiency Index 2025, Ecuador ranked 83rd among 123 countries and territories, with one of the lowest scores in Latin America (7); the index uses a self-selected online sample and is indicative rather than representative. Formal English provision concentrates on children, adolescents, and university students, while older adults, particularly in rural areas, are practically absent from both provision and research. Yet a growing international literature shows that foreign language learning (FLL) in the third age is feasible and beneficial: it is associated with cognitive stimulation and possible protective effects against age-related decline (8-10), with gains in subjective wellbeing, self-confidence, and social integration (11,12), and with socio-affective factors emerging as central drivers of success (13,14).

Socio-affective strategies occupy a specific place in the language learning strategy literature. In Oxford's taxonomy (15), affective strategies (lowering anxiety, self-encouragement, monitoring emotions) and social strategies (asking questions, cooperating with peers, empathizing) form two of the six major strategy groups, while O'Malley and Chamot (16) group them as a single socio-affective category operating through interaction with others and control over affect. Two classic mechanisms explain why they matter. The affective filter hypothesis proposes that anxiety, low self-confidence, and low motivation raise a filter that blocks comprehensible input from becoming acquisition (17); socio-affective strategies operate precisely by lowering that filter. Sociocultural theory locates learning in socially mediated activity within the zone of proximal development (18), so cooperation, peer support, and guided interaction are not accessories but the very mechanism of development. In this study, socio-affective teaching strategies are defined as intentional instructional actions that integrate emotional support and structured social interaction to foster motivation, confidence, and participation.

For older learners these strategies are structural rather than peripheral. Andragogy suggests that adults learn best when instruction is based on their self-direction, draws on their accumulated experience, and is problem-solving and immediately relevant (19); critical pedagogy introduces a dialogic element in which learners co-construct knowledge (20); and foreign language geragogy proposes that age-related change be considered a design parameter rather than a deficit and that internalized ageist beliefs be counteracted (21). On the affective side, foreign language classroom anxiety, which includes communication apprehension, fear of negative evaluation and test anxiety, is consistently related to avoidance of oral participation (22), while anxiety and enjoyment are partially independent, reducing anxiety and increasing enjoyment are different pedagogical tasks (23). Integrative and instrumental orientations (24) and learners' future self-images (25) keep older adults engaged in the long run, while for older adults, documented motives are mostly intrinsic and social, not occupational (11,12).

The empirical research on third-age FLL has been rapidly expanding. Foreign language training has been suggested as cognitive therapy against age-related decline due to the recruitment of neural networks that overlap with those that are most affected by ageing (8,26). Intervention studies provide some support: intensive courses were effective in enhancing attentional

switching in older participants (9); and reviews found that FLL can maintain or improve cognitive functions in healthy older adults, but reported small sample sizes and heterogeneous designs (10,27). Socio-affective outcomes are also well represented: wellbeing, enjoyment, and social contact (11,12); appreciation of oral practice and group belonging with no significant cognitive gains (14); and self-efficacy and group cohesion conditioning both language gains and wellbeing benefits (13). Senior learners also deploy compensatory strategies that instruction should legitimate and train (28). Regarding content, meaningful learning indicates anchoring new material in prior knowledge (29); a communicative orientation that prioritizes functional ability over formal accuracy (30) suggests that the realistic horizon is the Pre-A1 and A1 oral descriptors of the Common European Framework of Reference (31).

This literature is geographically skewed: most studies come from European or North American urban contexts (27,32), and Latin American rural communities are almost entirely unrepresented; no study of this population in rural Ecuador was located. Sidcay, a rural community of Ricaurte parish in Cuenca canton, Azuay province, illustrates the gap: its older adults participate actively in community programmes and express interest in learning English, but no formal provision exists for them and no descriptive evidence is available on which a programme could be built. The general objective is therefore to produce a first descriptive account of the socio-affective conditions surrounding English language learning among older adults in Sidcay. Four specific objectives operationalize it: (a) to characterize reported motivation and perceived value; (b) to describe reported affective barriers and social-relational preferences; (c) to describe reported content and methodological preferences; and (d) to propose, for future evaluation, a framework of socio-affective teaching strategies informed by the observed response patterns. The study addresses four research questions: RQ1, what levels of motivation and perceived value do participants report?; RQ2, what affective barriers and social-relational preferences do they report?; RQ3, what content and methodological preferences do they express?; and RQ4, which socio-affective teaching strategies merit testing given the observed profile? Because the instrument was newly designed, unbalanced in wording, and orally administered to a small convenience sample, the study is framed as descriptive and provisional. Its contribution lies in documenting an instrument, a field protocol, and a first response profile, not in estimating population parameters or pedagogical effects.

## MATERIALES Y MÉTODOS

The study used a concurrent, quantitatively weighted mixed-methods diagnostic design. Quantitative and qualitative material was collected during the same fieldwork period and analysed separately, but the brief qualitative component was used only to contextualize the survey patterns. It was not treated as an independent thematic study or as respondent-level validation. The scope was descriptive and the design non-experimental and cross-sectional: it characterized socio-affective conditions at one point in time as a basis for pedagogical design (33,34). No intervention was applied.

Fieldwork took place in Sidcay, a rural community of Ricaurte parish, Cuenca canton, Azuay province, Ecuador, whose older adult population participates regularly in community-centre and parish activities. The 2022 census confirms the sustained ageing of the national population and the weight of older adults in rural parishes (35). The survey sample comprised 25 adults selected through non-probabilistic convenience sampling. Inclusion criteria were age 60 or over, voluntary participation with signed informed consent, regular attendance at community programmes, and no self-reported condition impeding participation in an orally administered survey. The sample included 15 women (60.0%) and 10 men (40.0%), aged 62-78 years (M = 70.0, SD = 4.5). Educational attainment was heterogeneous: 9 participants (36.0%) reported none or incomplete primary education, 6 (24.0%) completed primary education, and 10 (40.0%) reported secondary education or higher. Five people were recruited purposively for the separate qualitative component. They were not linked respondent-by-respondent to the survey dataset and were assigned interview codes I01-I05, distinct from survey codes P01-P25.

Two instruments and one procedural record were used. First, a researcher-designed questionnaire contained 24 Likert-type items (1 = strongly disagree to 5 = strongly agree) organized a priori into four six-item content dimensions: motivation and perceived value (MOT), affective barriers (BAR), social-relational preferences (SOC), and learning needs and preferences (NEC). Item content was derived from the socio-affective strategy literature (15,16), foreign language anxiety research (22), and third-age foreign-language studies (13,21). Three expert judges in English language teaching and research methodology reviewed clarity, relevance, and cultural adequacy. This process supported content validity only; it did not establish a four-factor structure. The sample was too small for exploratory or confirmatory factor analysis, so dimensionality remains untested. Internal consistency was estimated separately for each a priori dimension (36): alpha = 0.772 for MOT, 0.798 for BAR, 0.782 for SOC, and 0.749 for NEC. No total-scale alpha or total score was used, because the four domains are conceptually distinct. All MOT, SOC, and NEC items were positively worded, whereas all BAR items were negatively worded; the instrument included neither balanced keying nor a separate acquiescence indicator. Second, an eight-question semi-structured interview guide addressed language-learning history, emotions, motives, fears, relational preferences, useful content, expected teacher behaviour, and expectations. A field log additionally recorded administration conditions; it served as a procedural record and was not analysed as a data source.

Authorization was obtained from the community centre leadership and parish authorities, and the study was presented at a community meeting. Given participants' heterogeneous literacy, the questionnaire was administered orally and individually in Spanish: the researcher read each item, checked comprehension, and recorded the response; administration lasted approximately 20 minutes. This procedure reduced literacy demands but may have increased interviewer-presence and acquiescence effects. Interviews were conducted individually in Spanish in a quiet room of the community centre, audio-recorded with consent, transcribed verbatim, and lasted approximately 2-7 minutes. All data were collected in July 2026.

Quantitative analysis comprised item- and dimension-level means, standard deviations, and percentage agreement (responses of 4 or 5), together with dimension-specific Cronbach alpha.

Because the small sample, shared administration session, and wording-direction confound make inter-dimension associations especially vulnerable to common-method and acquiescence effects, no correlation was used as substantive evidence and no hypothesis test was conducted. Analyses were run in Python with reproducible data-processing scripts. The five brief interviews were examined through semantic descriptive coding informed by thematic-analysis procedures (37) and supported by a coding matrix (38). The matrix served as an audit record for code-category-excerpt links; complete transcripts were reread, and discrepant accounts were retained rather than forced into consensus. The sole researcher conducted the interviews and coding; no independent second coding or member checking was undertaken. Outputs are therefore reported as recurring topical categories, not saturated themes. Integration used a joint display to examine complementarity between two unlinked samples; no respondent-level convergence was inferred.

All participants were informed about the study, its purpose, audio recording, anonymity, and the right to withdraw without any consequences, and they were asked to participate in the study voluntarily. The identities of the surveys were anonymized as P01-P25 and the identities of the interviews were anonymized as I01-I05. All data was kept on password protected devices that were only accessible to the researcher. The study was conducted following the ethical guidelines of Universidad Politécnica Estatal del Carchi and the protection of older adults established in the national legislation (6).

## RESULTADOS

The survey involved 25 participants: 15 women (60.0%) and 10 men (40.0%), aged 62 to 78 years (M = 70.0, SD = 4.5); 12 (48.0%) were aged 60-69 years and 13 (52.0%) were aged 70-79 years. Educational attainment was diverse, with secondary education or higher the most frequent category (n = 10, 40.0%), followed by none or incomplete primary education (n = 9, 36.0%) and completed primary education (n = 6, 24.0%). Table 1 summarizes the sociodemographic profile. No participant was aged 80 or over, so the findings describe the young-old and middle-old segments of the community rather than the oldest-old.

***Table 1. Sociodemographic characteristics of participants (n = 25).***

| Variable | Category | f | % |
|---|---|---|---|
| Sex | Female | 15 | 60.0 |
| | Male | 10 | 40.0 |
| Age group | 60-69 | 12 | 48.0 |
| | 70-79 | 13 | 52.0 |
| | 80 or over | 0 | 0.0 |
| Educational level | None / incomplete primary | 9 | 36.0 |
| | Complete primary | 6 | 24.0 |
| | Secondary or higher | 10 | 40.0 |

*Note. f = frequency. Source: field survey.*

Internal consistency for the four a priori dimensions was alpha = 0.772 for motivation and perceived value, 0.798 for affective barriers, 0.782 for social-relational preferences, and 0.749 for learning needs and preferences. These coefficients are reported only as dimension-specific reliability estimates in this administration; they do not demonstrate factor structure. A total-scale coefficient was not calculated or interpreted, because the four domains are conceptually distinct.

Motivation and perceived value was the highest-rated dimension (M = 3.95, SD = 0.66), with 70.0% of item responses in the agreement categories. The highest-rated items were the desire to learn words and phrases (MOT1; M = 4.08, 76.0% agreement) and viewing English learning as an important personal achievement (MOT3; M = 4.08, 76.0%); the lowest was feeling good about learning new things at this age (MOT6; M = 3.60, 52.0%). Affective barriers showed a moderate mean (M = 2.86, SD = 0.79), and only 25.3% of barrier-item responses indicated agreement. Fear of making mistakes was the highest-rated barrier (BAR2; M = 3.08, 24.0% agreement), followed by frustration when not understanding (BAR5; M = 2.92, 32.0%); embarrassment about speaking before others was the lowest (BAR1; M = 2.64, 24.0%).

Social-relational preferences were endorsed at a comparable level (M = 3.81, SD = 0.74; 60.0% agreement). Feeling comfortable with same-age peers (SOC3; M = 3.88, 64.0%) and feeling valued when sharing life experiences (SOC5; M = 3.88, 64.0%) were the highest-rated items. Songs, games, and group dynamics were the lowest-rated item in this dimension, although still above the scale midpoint (SOC4; M = 3.68, 56.0%). Learning needs and preferences also showed a moderately high mean (M = 3.73, SD = 0.66; 59.3% agreement). Participants most strongly endorsed speaking and listening before writing (NEC4; M = 3.96, 72.0%) and interest in family and community topics (NEC3; M = 3.92, 68.0%). Community-based objects, images, and examples received the lowest endorsement (NEC6; M = 3.40, 36.0%). Table 2 details item- and dimension-level statistics and, as shown in Figure 1, motivation and perceived value ranked highest, followed by social-relational preferences and learning needs, whereas affective barriers ranked lowest.

***Table 2. Descriptive statistics by item and dimension (n = 25).***

| Dimension / item | M | SD | % agreement |
|---|---|---|---|
| **Motivation and perceived value (MOT) - dimension** | **3.95** | **0.66** | **70.0** |
| MOT1 I would like to learn words and phrases in English. | 4.08 | 0.76 | 76.0 |
| MOT2 Learning English would keep my mind active. | 4.04 | 0.84 | 76.0 |
| MOT3 Learning English would be an important personal achievement for me. | 4.08 | 1.00 | 76.0 |
| MOT4 I would like to use simple English phrases with my family or with visitors. | 4.00 | 0.96 | 72.0 |
| MOT5 I would gladly attend English classes in my community. | 3.92 | 1.00 | 68.0 |
| MOT6 Learning new things at my age makes me feel good. | 3.60 | 1.15 | 52.0 |
| **Affective barriers (BAR) - dimension** | **2.86** | **0.79** | **25.3** |
| BAR1 I feel embarrassed speaking English in front of other people. | 2.64 | 1.11 | 24.0 |
| BAR2 I am afraid of making mistakes when I try to say something in English. | 3.08 | 1.12 | 24.0 |
| BAR3 I get nervous when I think about learning a new language. | 2.88 | 1.27 | 28.0 |
| BAR4 I feel I am no longer of an age to learn English. | 2.88 | 0.93 | 20.0 |
| BAR5 I get frustrated easily when I do not understand something. | 2.92 | 1.26 | 32.0 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| BAR6 I feel insecure when participating in front of a group. | 2.76 | 1.01 | 24.0 |
| **Social-relational preferences (SOC) - dimension** | **3.81** | **0.74** | **60.0** |
| SOC1 I prefer learning in a group rather than alone. | 3.84 | 1.11 | 60.0 |
| SOC2 I like helping my classmates and being helped by them. | 3.76 | 0.88 | 56.0 |
| SOC3 I feel more comfortable learning with people of my own age. | 3.88 | 1.27 | 64.0 |
| SOC4 Songs, games, and group activities encourage me to participate. | 3.68 | 1.14 | 56.0 |
| SOC5 Sharing my life experiences in class would make me feel valued. | 3.88 | 0.88 | 64.0 |
| SOC6 The teacher's kind and patient treatment is very important to me. | 3.80 | 1.04 | 60.0 |
| **Learning needs and preferences (NEC) - dimension** | **3.73** | **0.66** | **59.3** |
| NEC1 I am interested in learning English about greetings and daily life. | 3.88 | 0.88 | 64.0 |
| NEC2 I am interested in learning English about health topics. | 3.60 | 1.00 | 56.0 |
| NEC3 I am interested in learning English about family and community. | 3.92 | 1.04 | 68.0 |
| NEC4 I prefer speaking and listening rather than writing in English. | 3.96 | 1.02 | 72.0 |
| NEC5 I need classes to move slowly and with plenty of repetition. | 3.64 | 1.08 | 60.0 |
| NEC6 I would like classes to use objects, images, and examples from my community. | 3.40 | 0.91 | 36.0 |

*Note. Scale 1-5. % agreement = responses 4 or 5. Items were administered orally in Spanish and are translated here. MOT, SOC, and NEC items were positively worded; BAR items were negatively worded. Comparisons across dimensions may therefore reflect acquiescence and wording direction as well as substantive content. Source: field survey.*

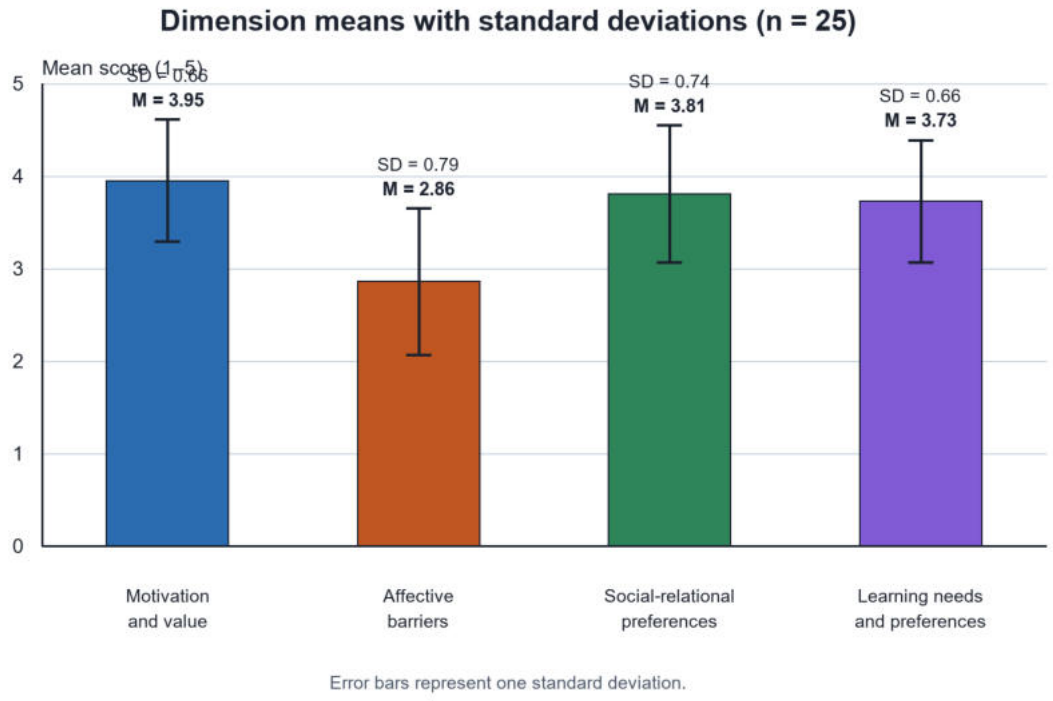



***Figura 1. Medias por dimensión con desviaciones estándar (n = 25).***

Dispersion was substantial at item level and qualifies every mean reported above. All 24 item means fell between 2.64 and 4.08, so no item approached the floor or the ceiling of the scale; 19 of the 24 means lay above the midpoint of 3.00, and the five below it were all barrier items. Item standard deviations ranged from 0.76 to 1.27, and 16 of the 24 items returned a standard deviation at or above 1.00, with eight at or above 1.10. On a five-point scale answered by 25 people, dispersion of this magnitude indicates that respondents did not answer uniformly within any dimension. Within-dimension spread of item means also differed markedly: social-relational preferences was the most homogeneous dimension (item means 3.68-3.88, spread 0.20), whereas learning needs and preferences was the most differentiated (3.40-3.96, spread 0.56). Agreement percentages followed the same pattern, ranging from 56.0% to 64.0% across the social-relational items but from 36.0% to 72.0% across the learning-needs items. The lowest agreement recorded for any item was 20.0% (BAR4, feeling too old to learn English) and the highest was 76.0%, shared by three motivation items. Group averages therefore conceal a distribution in which a substantial minority answered against the dimension trend on most items.

Across the instrument, all positively worded MOT, SOC, and NEC items had means above the scale midpoint, whereas the negatively worded BAR items had lower means overall. The wording confound is complete: all 18 MOT, SOC, and NEC items were positively keyed and all six BAR items negatively keyed, so no item permits the two influences to be separated. Pooled across items, the positively worded set averaged 3.83 and the negatively worded set 2.86, a difference of 0.97 scale points that coincides exactly with the wording split. Because responses were also elicited orally, this pattern is compatible with acquiescent responding and interviewer effects as well as with substantive differences, and their relative magnitude cannot be estimated from these data. Dimension rankings and positive-item endorsement are therefore provisional response patterns rather than clean estimates of construct differences. Accordingly, the descriptive contrasts in Table 2 are presented without hypothesis tests, factor-based scores, or respondent-level causal interpretation. No correction for acquiescence was estimated, because the instrument included neither content-balanced item pairs nor an independent response-style measure.

The five brief interviews yielded four recurring topical categories used to contextualize, rather than validate, survey responses. The first, English as connection, activity, and agency, grouped accounts of mental activity, recovering forgotten knowledge, family communication, and interaction with visitors. I02 described learning as a way to remain active through knowledge, while I05 emphasized speaking with children and understanding grandchildren (I02; I05).

The second category, varied emotional readiness, retained contrasting accounts. Some interviewees denied that fear was a barrier to learning, others mentioned nervousness, embarrassment, pronunciation, grammar, and potential ridicule. I01 shared concerns that individuals might be ridiculed for their pronunciation, while I03 shared that they were willing to attend with a desire to learn instead of fear (I01; I03). These accounts were not reconciled because it is impossible to determine which one is more dominant with a group of five.

The third category, safety through supportive and dynamic teaching, included the preferences for group participation, peers of similar age or ability, teacher kindness, encouragement, participatory activities, music, images, videos, and manageable groups. I03 showed how critical trust is by noting that a learner might not come back when a teacher instills fear or degrades the learner (I03).

The fourth category, functional oral English in family and community contexts, included greetings, health, family communication, visitors, everyday exchanges, and familiar community activities. I05 mentioned talking to children, understanding grandchildren and greeting others, and I03 proposed family, local businesses, gardens and community life as class topics. These categories are summarized in Table 3, but cannot be said to be prevalent or saturated.

***Table 3. Recurring topical categories and illustrative quotations.***

| Topical category | Indicative content | Illustrative quotation (translated; code) |
|---|---|---|
| C1. English as connection, activity, and agency | Mental activity; recovering knowledge; family communication; visitors and foreign people | Keeping myself active through knowledge. (I02) |
| C2. Varied emotional readiness | Confidence and curiosity; nervousness; embarrassment; fear of mistakes or ridicule | Pronunciation is very difficult, and I fear people will make fun of me. (I01) |
| C3. Safety through supportive and dynamic teaching | Group learning; peer support; trusting teacher; participatory activities | If the teacher makes you afraid, you do not return. (I03) |
| C4. Functional oral English in family and community contexts | Greetings; health; family; visitors; familiar community activities | To speak with my children, understand my grandchildren, and greet people. (I05) |

*Note. Categories summarize a brief interview set and are not prevalence estimates; no claim of thematic saturation is made. Source: interviews.*

Table 4 places the survey patterns beside related material from the separate interview sample to show complementarity. Interview accounts supplied concrete examples and contrasting cases within the same broad domains, but they cannot corroborate survey prevalence, because the samples were unlinked and unequal in size. The display is therefore an interpretive aid, not evidence of respondent-level convergence.

***Table 4. Joint display of complementary quantitative and qualitative material.***

| Dimension | Quantitative finding | Related interview category | Complementary contribution |
|---|---|---|---|
| Motivation and perceived value | M = 3.95, SD = 0.66; 70.0% agreement | C1 | Connection, activity, and agency supplied examples of possible motives. |
| Affective barriers | M = 2.86, SD = 0.79; 25.3% agreement | C2 | Contrasting emotional accounts showed why a group mean may obscure individual concerns. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Social-relational preferences | M = 3.81, SD = 0.74; 60.0% agreement | C3 | Descriptions of group participation and teacher trust contextualized social preferences. |
| Learning needs and preferences | M = 3.73, SD = 0.66; 59.3% agreement | C4 | Examples involving greetings, family, health, and community illustrated possible content. |

*Note. The two samples were unlinked; the display shows complementarity, not respondent-level convergence.*
*Source: author's elaboration.*

## DISCUSIÓN

In the answers to RQ1, the answers were relatively high for learning English for words and phrases, personal achievement, mental activity, and social contact. These topics are similar to those found in the third-age language-learning research (11,12). All motivation items were, however, positively worded and elicited orally. The resemblance to previous studies thus helps to generate hypotheses rather than test the observed level.

As for RQ2, there was a mix of agreement with the negatively worded barrier items and accounts from the interviews of fear of mistakes, pronunciation difficulty, embarrassment, and possible ridicule. This item-level dispersion further supports this interpretation: 16 of 24 items have standard deviations of 1.00 or higher, and the group means mask true differences, so it would be a design mistake to assume that older learners are all alike in their emotional needs, regardless of the wording confound. Group learning, peer support and patient teacher were endorsed as positive, as was socially mediated learning and evidence of group belonging (13,14,18). However, both motivation and social preferences were positive, self-reported, and measured in a single assessment. Therefore, their exploratory association is not used as evidence; common-method variance and acquiescence are potential explanations. Emotional support is a reasonable precaution pedagogically, but needs to be tested in interventions.

For RQ3, oral English related to daily life, health, family and community was the most common response, along with paced and concrete support. This aligns with meaningful learning and compensatory-strategy principles (28,29) and proposes Pre-A1/A1 oral targets (31). The preference items were positively worded, so these priorities should be validated by cognitive interviewing, forced-choice or ranking tasks, and pilot observation prior to a curriculum being determined. The relatively weak endorsement of community-based objects and images (NEC6; M = 3.40) also supports the need to engage in negotiation with learners over materials rather than assuming local relevance.

There are only three contributions that can be made without going beyond the evidence. First, the study reports the development of a 24-item instrument, its dimension-level reliability, and the wording limitation and revisions needed for a population for which no instrument had been previously available in Ecuador, which should be corrected by others rather than repeated. Second, it outlines a feasible method of oral administration for older adults with diverse literacy, including the cost of interviewer presence, a practical limitation that written instruments cannot

address for this population. Third, it offers a preliminary descriptive profile of the older adults in the Ecuadorian Andes who live in rural areas, along with an explicit measurement agenda. All of these contributions do not rely on the disputed inference from the dimension means.

Table 5 provides a preliminary pedagogical framework for the diagnostic response patterns and interview examples and maps them to low-cost classroom options to answer RQ4. It is a discussion-based design proposal, not an empirical result; none of its strategies was implemented or evaluated in this study.

***Table 5. Provisional socio-affective teaching framework for future evaluation in Sidcay.***

| Strategy | Socio-affective mechanism | Sample classroom action | Provisional basis |
|---|---|---|---|
| 1. Trust circles at session start | Lowering the affective filter through belonging (17) | Five-minute opening round sharing news or feelings in Spanish, closing with one English greeting | Moderate barriers (BAR M = 2.86) and interview concerns about embarrassment and insecurity |
| 2. Stable peer-support pairs | Social mediation within the zone of proximal development (18) | Fixed learning partners who rehearse dialogues before whole-group sharing | Preference for group learning and peer support (SOC M = 3.81) |
| 3. Life-experience anchoring | Meaningful learning (29); geragogical use of experience (21) | Vocabulary built from participants' own stories, crops, trades, and family photos | Functional family and community content (NEC M = 3.73; C1 and C4) |
| 4. Error-friendly norms with delayed, gentle correction | Reduction of fear of negative evaluation (22) | Public agreement that errors are learning steps; corrections modelled later, never person-targeted | Fear of mistakes and possible ridicule in interview accounts (C2) |
| 5. Songs, games, and choral repetition | Enjoyment as an engine of engagement (23); memory support (28) | Short repetitive songs and movement games recycling target phrases | Interest in participatory activities and group dynamics (SOC4 M = 3.68; C3) |
| 6. Slow-paced spiral recycling with multimodal support | Geragogical pacing and compensatory design (21) | Few items per session, large print, images and real objects, systematic recycling across sessions | Need for paced learning and multimodal support (NEC5 M = 3.64; NEC6 M = 3.40) |
| 7. Visible progress and celebratory feedback | Self-efficacy and motivational self-image (24,25) | Personal achievement cards stamped each session; group celebration of milestones | Motivation and personal achievement (MOT M = 3.95; MOT3 M = 4.08) |
| 8. Community showcases | Social recognition within active ageing (2) | Brief end-of-cycle demonstrations of greetings and phrases for family and neighbours | Family and visitor communication motives and community connection (MOT4 M = 4.00; C1 and C4) |

*Note. These unimplemented design options are the author's interpretation of provisional survey response patterns and brief interview examples; they require learner co-design and empirical evaluation.*

There were six restrictions on interpretation. First, the wording of the items was confounded with dimension: all the MOT, SOC and NEC items were positive and all the BAR items were negative. Part or all of the cross-dimension pattern may be due to acquiescence and interviewer effects, which are likely to be stronger when the question is administered orally. Second, all survey domains shared source, format, setting and occasion, which means that substantive interpretation of inter-dimensional associations is hindered by common-method variance. Third, the four dimensions were specified a priori. Content relevance, not factor structure, is supported by three expert reviews, and n = 25 is not sufficient for factor analysis. Fourth, the convenience sample from one community allows for only tentative contextual transfer. Fifth, the qualitative part consisted of five unlinked interviews (2-7 minutes) that were coded by one researcher without member checking or independent coding, and the categories are examples and contrasts, not saturation, prevalence or validation. The researcher's role in instrument design, interviewing, and analysis could also have led to a focus on socio-affective issues; although the coding matrix and the keeping of discrepant accounts provide a limited audit trail, these are not sufficient to eliminate this influence. Sixth, the cross-sectional design does not allow for effects to be determined and the framework is untested. Balanced wording or an acquiescence measure, cognitive pre-testing, larger validation sample, longer linked interviews, independent qualitative audit or participant feedback, and pilot intervention should be used in future work.

## CONCLUSIONES

The results of this diagnostic study provide a preliminary description of the responses to the survey and brief accounts of the interviews in one rural community in Ecuador. First, the respondents supported the learning of English for personal achievement, mental activity, family communication and practical interaction. These results suggest topics to be confirmed, as there was wide dispersion of items and positive wording may have led to an inflated level of agreement, and a lack of oral administration.

Second, endorsement of the affective barriers was not completely absent, as evidenced by some individual responses to nervousness, mistakes, embarrassment, and ridicule, and the distribution of responses to these items suggests that concerns were not evenly distributed. Group-based, supportive, and orally oriented instruction with a connection to daily life was also mentioned by interviewees. The examples support testing emotionally safe teaching practices, but the short, non-linked interviews do not provide any information on the extent of the preferences.

Third, the eight-strategy framework is not an assessed outcome, but a proposed framework for future implementation based on the context. Its value will be determined by balanced measure validation, co-design by learners and pilot testing of participation and oral production. The study does add to the concrete: a documented instrument with its limitations explicitly stated, an oral administration protocol for learners with heterogeneous literacy, and a first descriptive profile of a population not found in the regional literature. No claims are made for generalisation beyond Sidcay, and the differences between questionnaire responses, illustrative interview accounts and tested pedagogical effects should be maintained in any programmatic use of the findings.

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS


1. United Nations. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development (A/RES/70/1). Nueva York: United Nations; 2015.
2. World Health Organization. Active ageing: a policy framework. Ginebra: World Health Organization; 2002.
3. World Health Organization. Decade of healthy ageing: baseline report. Ginebra: World Health Organization; 2020.
4. Organization of American States. Inter-American Convention on Protecting the Human Rights of Older Persons (A-70). Washington DC: OAS; 2015.
5. Asamblea Nacional del Ecuador. Constitución de la República del Ecuador. Registro Oficial 449, 20 de octubre de 2008. Quito: Asamblea Nacional del Ecuador; 2008.
6. Asamblea Nacional del Ecuador. Ley Orgánica de las Personas Adultas Mayores. Registro Oficial Suplemento 484, 9 de mayo de 2019. Quito: Asamblea Nacional del Ecuador; 2019.
7. EF Education First. EF English Proficiency Index 2025. Lucerna: EF Education First; 2025. Disponible en: https://www.ef.com/epi/
8. Antoniou M, Gunasekera GM, Wong PCM. Foreign language training as cognitive therapy for age-related cognitive decline: a hypothesis for future research. Neuroscience and Biobehavioral Reviews. 2013;37(10):2689-98. doi:10.1016/j.neubiorev.2013.09.004
9. Bak TH, Long MR, Vega-Mendoza M, Sorace A. Novelty, challenge, and practice: the impact of intensive language learning on attentional functions. PLoS ONE. 2016;11(4):e0153485. doi:10.1371/journal.pone.0153485
10. Klimova B. Learning a foreign language: a review on recent findings about its effect on the enhancement of cognitive functions among healthy older individuals. Frontiers in Human Neuroscience. 2018;12:305. doi:10.3389/fnhum.2018.00305
11. Klimova B, Pikhart M, Cierniak-Emerych A, Dziuba S, Firlej K. A comparative psycholinguistic study on the subjective feelings of well-being outcomes of foreign language learning in older adults from the Czech Republic and Poland. Frontiers in Psychology. 2021;12:606083. doi:10.3389/fpsyg.2021.606083
12. Pikhart M, Klimova B. Maintaining and supporting seniors' wellbeing through foreign language learning: psycholinguistics of second language acquisition in older age. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2020;17(21):8038. doi:10.3390/ijerph17218038
13. Pfenninger SE, Polz S. Foreign language learning in the third age: a pilot feasibility study on cognitive, socio-affective and linguistic drivers and benefits in relation to previous bilingualism of the learner. Journal of the European Second Language Association. 2018;2(1):1-13. doi:10.22599/jesla.36
14. Ware C, Damnee S, Djabelkhir L, Cristancho V, Wu YH, Benovici J, et al. Maintaining cognitive functioning in healthy seniors with a technology-based foreign language program: a pilot feasibility study. Frontiers in Aging Neuroscience. 2017;9:42. doi:10.3389/fnagi.2017.00042
15. Oxford RL. Language learning strategies: what every teacher should know. Nueva York: Newbury House; 1990.
16. O'Malley JM, Chamot AU. Learning strategies in second language acquisition. Cambridge: Cambridge University Press; 1990. doi:10.1017/CBO9781139524490

17. Krashen SD. Principles and practice in second language acquisition. Oxford: Pergamon Press; 1982.
18. Vygotsky LS. Mind in society: the development of higher psychological processes. Cambridge MA: Harvard University Press; 1978.
19. Knowles MS, Holton EF, Swanson RA. The adult learner: the definitive classic in adult education and human resource development. 8th ed. Londres: Routledge; 2015.
20. Freire P. Pedagogy of the oppressed. Nueva York: Continuum; 1970.
21. Ramírez Gómez D. Language teaching and the older adult: the significance of experience. Bristol: Multilingual Matters; 2016.
22. Horwitz EK, Horwitz MB, Cope J. Foreign language classroom anxiety. The Modern Language Journal. 1986;70(2):125-32. doi:10.1111/j.1540-4781.1986.tb05256.x
23. Dewaele JM, MacIntyre PD. The two faces of Janus? Anxiety and enjoyment in the foreign language classroom. Studies in Second Language Learning and Teaching. 2014;4(2):237-74. doi:10.14746/ssllt.2014.4.2.5
24. Gardner RC. Social psychology and second language learning: the role of attitudes and motivation. Londres: Edward Arnold; 1985.
25. Dörnyei Z. The L2 motivational self system. En: Dörnyei Z, Ushioda E, editores. Motivation, language identity and the L2 self. Bristol: Multilingual Matters; 2009. p. 9-42.
26. Antoniou M, Wright SM. Uncovering the mechanisms responsible for why language learning may promote healthy cognitive aging. Frontiers in Psychology. 2017;8:2217. doi:10.3389/fpsyg.2017.02217
27. Klimova B, Pikhart M. Current research on the impact of foreign language learning among healthy seniors on their cognitive functions from a positive psychology perspective: a systematic review. Frontiers in Psychology. 2020;11:765. doi:10.3389/fpsyg.2020.00765
28. Piechurska-Kuciel E, Szyszka M. Compensatory strategies in senior foreign language students. En: Gabryś-Barker D, editora. Third age learners of foreign languages. Bristol: Multilingual Matters; 2018. p. 108-24. doi:10.21832/9781783099412-009
29. Ausubel DP. The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers; 2000.
30. Canale M, Swain M. Theoretical bases of communicative approaches to second language teaching and testing. Applied Linguistics. 1980;1(1):1-47. doi:10.1093/applin/I.1.1
31. Council of Europe. Common European Framework of Reference for Languages: learning, teaching, assessment. Companion volume. Estrasburgo: Council of Europe Publishing; 2020. Disponible en: https://www.coe.int/lang-cefr
32. Gabryś-Barker D, editora. Third age learners of foreign languages. Bristol: Multilingual Matters; 2018. doi:10.21832/9781783099412
33. Creswell JW, Plano Clark VL. Designing and conducting mixed methods research. 3rd ed. Thousand Oaks: SAGE; 2018.
34. Hernández-Sampieri R, Mendoza CP. Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Ciudad de México: McGraw-Hill; 2018.
35. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Censo de Población y Vivienda 2022: resultados definitivos. Quito: INEC; 2023. Disponible en: https://www.censoecuador.gob.ec/
36. Cronbach LJ. Coefficient alpha and the internal structure of tests. Psychometrika. 1951;16(3):297-334. doi:10.1007/BF02310555

37. Braun V, Clarke V. Using thematic analysis in psychology. Qualitative Research in Psychology. 2006;3(2):77-101. doi:10.1191/1478088706qp063oa
38. Miles MB, Huberman AM, Saldaña J. Qualitative data analysis: a methods sourcebook. 4th ed. Thousand Oaks: SAGE; 2020.

ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Octubre 2026
Vol. 7 No. 21, PP. 80-92
https://doi.org/10.56519/zpsgaj57

# DESARROLLO DE ADSORBENTES SOSTENIBLES A PARTIR DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES PARA LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES EMERGENTES EN AGUAS RESIDUALES: REVISIÓN SISTEMÁTICA

# DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE ADSORBENTS FROM AGROINDUSTRIAL WASTE FOR THE REMOVAL OF EMERGING CONTAMINANTS IN WASTEWATER: A SYSTEMATIC REVIEW

Cristina Gisela Arias Arias[1], María Belen Jaramillo[2], Lorena Patricia Flores Luna[3]

{cristinaariasarias3838@gmail.com[1], maria.jaramillo3873@utc.edu.ec[3], lp93fl@hotmail.com[3]}

Fecha de recepción: 01/07/2026 / Fecha de aceptación: 03/09/2026 / Fecha de publicación: 14/10/2026

**RESUMEN: La existencia de contaminantes emergentes fármacos, antibióticos, colorantes sintéticos y plaguicidas en las aguas residuales representa una creciente amenaza para los ecosistemas acuáticos y la salud pública, dado que las plantas de tratamiento convencionales no fueron diseñadas para su eliminación. En este contexto, los adsorbentes obtenidos a partir de residuos agroindustriales se han erigido como una alternativa sostenible, económica y acorde con los conceptos de economía circular. El objetivo fue analizar la evidencia científica sistemática publicada entre 2016 y 2026 en relación con el desarrollo y la eficacia de adsorbentes sostenibles derivados de residuos agroindustriales para la remoción de contaminantes emergentes en aguas residuales. Se llevó a cabo una revisión sistemática de tipo bibliográfico siguiendo los lineamientos PRISMA 2020, llevando a cabo búsquedas en las bases de datos Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink, PubMed y Royal Society of Chemistry. Se incluyeron investigaciones primarias y de revisión, indexadas, publicadas en inglés o español, que evaluaran adsorbentes de origen agroindustrial frente a metales pesados, colorantes, fármacos, antibióticos y/o plaguicidas. Se sintetizaron los hallazgos de 27 fuentes indexadas. Los biosorbentes y biocarbones procedentes de cáscaras, cascarillas, semillas y bagazos presentan eficiencias de remoción que, tras modificación química o activación térmica, en la mayoría de las ocasiones superan el 80–95 % para metales pesados y colorantes, y capacidades de adsorción de hasta 612 mg/g para determinados antibióticos. La regeneración del material y la validación de los resultados en matrices reales siguen siendo los principales retos identificados. Los residuos agroindustriales se configuran como una materia prima viable, de bajo coste, para el diseño de adsorbentes sostenibles, con un real potencial para complementar los sistemas de**

[1]Investigador Independiente, https://orcid.org/0009-0001-6052-1049
[2]Investigador Independiente, https://orcid.org/0009-0006-8986-9256
[3]Investigador Independiente, https://orcid.org/0009-0006-4370-9732

**tratamiento convencionales de aguas residuales, aunque requerían más evidencia sobre su desempeño a nivel piloto industrial.**

***Palabras clave: Adsorción, biosorbentes, residuos agroindustriales, contaminantes emergentes, aguas residuales, economía circular***

**ABSTRACT: The presence of emerging contaminants—such as pharmaceuticals, antibiotics, synthetic dyes, and pesticides—in wastewater poses a growing threat to aquatic ecosystems and public health, since conventional wastewater treatment plants were not designed to remove them. In this context, adsorbents derived from agro-industrial waste have emerged as a sustainable, cost-effective alternative that aligns with the principles of the circular economy. The objective was to analyze the systematic scientific evidence published between 2016 and 2026 regarding the development and efficacy of sustainable adsorbents derived from agro-industrial waste for the removal of emerging contaminants in wastewater. A bibliographic systematic review was conducted following the PRISMA 2020 guidelines, with searches performed in the Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink, PubMed, and Royal Society of Chemistry databases. The review included indexed primary and review studies published in English or Spanish that evaluated agroindustrial adsorbents against heavy metals, dyes, pharmaceuticals, antibiotics, and/or pesticides. The findings from 27 indexed sources were synthesized. Biosorbents and biochar derived from shells, husks, seeds, and bagasse exhibit removal efficiencies that, following chemical modification or thermal activation, in most cases exceed 80–95% for heavy metals and dyes, and adsorption capacities of up to 612 mg/g for certain antibiotics. Material regeneration and the validation of results in real matrices remain the main challenges identified. Agro-industrial waste emerges as a viable, low-cost raw material for the design of sustainable adsorbents, with real potential to complement conventional wastewater treatment systems, although more evidence on their performance at the industrial pilot scale is needed.**

***Keywords: Adsorption, biosorbents, agroindustrial waste, emerging contaminants, wastewater, circular economy***

## INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso cada vez más escaso y vulnerable al crecimiento poblacional, la aceleración de la industrialización y el cambio climático. Por lo tanto, el empirismo de su contaminación ha dejado de ceñirse a los condicionantes clásicos del oxígeno demandado en su medio biológico, el de los sólidos en suspensión o el de los metales pesados, para dar entrada a un grupo heterogéneo de compuestos que han sido incluidos por los autores bajo el término de contaminantes emergentes, entre los cuales encontramos fármacos, productos de cuidado personal, colorantes sintéticos, plaguicidas o disruptores endocrinos (1), (2). Dichos compuestos tienen una aparición discreta en el medio acuático, unas concentraciones que comúnmente se encuentran en una gama de ng/L hasta µg/L, presentan una alta persistencia medio ambiental algunos de ellos pueden incluso ser considerados como emergentes por su potencial oncogénico y poseen efectos toxicológicos que se encuentran todavía por explicar, lo que ha incentivado el interés creciente de la comunidad científica internacional en el desarrollo de tecnologías de remediación más eficientes y sostenibles.

Numerosos estudios realizados a nivel mundial evidencian que las plantas convencionales de tratamiento de aguas residuales, cuya finalidad principal es la eliminación de materia orgánica y de nutrientes, no son capaces de eliminar completamente este tipo de sustancias, obteniéndose unas eficiencias medias de eliminación de solamente el 48 % hasta el 77 % en determinados grupos de antibióticos (3). Como resultado de lo anterior, los contaminantes emergentes son vertidos de manera indefinida hacia ríos, lagos y acuíferos, tal y como sucede en la resistencia antimicrobiana, en la disrupción endocrina para los organismos acuáticos y en los peligros que todavía no son cuantificables e identificables para la salud humana (4), (5).

Como respuesta a esta problemática se ha puesto en práctica múltiples tecnologías con carácter de tratamiento avanzado (procesos de oxidación avanzada, filtración por membranas, ósmosis inversa, fotocatálisis, adsorción…), cada una con sus ventajas y desventajas concretas. La adsorción ha llegado a ser una de las opciones más prometedoras debido a su sencilla operatividad, bajo coste relativo, alta eficiencia y facilidad de escalado en contraposición a tecnologías de altos costes energéticos o generadoras de subproductos tóxicos (6) (7). Sin embargo, la utilización de carbón activado comercial en forma de adsorbente de referencia entraña costes en la producción y regeneración elevados, lo que ha generado un interés por encontrar materiales alternativos y renovables de coste reducido.

En este sentido, los residuos agroindustriales (cáscaras de frutas, cascarillas de cereales, bagazos, semillas, pulpas y subproductos agroindustriales de café, cacao, banano, arroz, caña de azúcar) han despertado un interés especial como materia prima para un biosorbente y un biocarbono (1), (8). Estos materiales, que son generados anualmente en volúmenes de millones de toneladas y que son incinerados o dispuestos de forma inadecuada en muchos países, poseen una composición rica en celulosa, hemicelulosa, lignina y grupos funcionales superficiales (hidroxilo, carboxilo, carbonilo) capaces de interaccionar con distintas familias de contaminantes a través de mecanismos de intercambio iónico, complejación superficial, interacciones electrostáticas y enlaces de hidrógeno (9), (2).

Su uso como adsorbentes puede suponer, además de una solución de bajo coste para el tratamiento de aguas residuales, una alternativa para hacer frente al problema ambiental que la disposición inadecuada de estos residuos produce, alineándose con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (10) relativo a la producción y al consumo responsables y la economía circular o el concepto de «de residuo a riqueza» (11), (12). A nivel específico, la evidencia científica ha registrado el potencial de los residuos agroindustriales para la eliminación de al menos cuatro grandes familias de contaminantes. En primer lugar, para la eliminación de metales pesados (Pb, Cd, Cr, Ni, Cu, Zn), biosorbentes procedentes de cáscara de café, cacao, semillas de melón, tallos de plantas y otros residuos fibrosos han mostrado capacidades de adsorción competitivas frente a los materiales comerciales, en particular tras procesos de modificación ácida, alcalina o mixta (10), (13), (14).

En segundo lugar, para la eliminación de colorantes textiles, distintas revisiones sistemáticas han documentado que biocarbones procedentes de cáscaras de banano, bagazo de caña y cascara de arroz obtienen eficiencias de eliminación superiores al 85 % bajo condiciones óptimas de pH y dosificación (1), (9). Por último, en relación con los fármacos y los antibióticos, se ha verificado que biocarbones obtenidos por medio de fibra de palma de aceite, cascarilla de arroz y de otros subproductos agrícolas pueden adsorber hasta 612 mg/g para azitromicina y 600 mg/g para eritromicina, evidenciando eficiencias de remoción superiores al 95 % en

condiciones controladas (15), (16). Por último, para los plaguicidas se han evaluado adsorbentes modificados a partir de cascarilla de arroz y biocarbones de paja de trigo con resultados prometedores para imazetapir, imazamox y alaclor (17), (18).

A pesar de todo este acervo creciente de información, la literatura se caracteriza por una evidente heterogeneidad metodológica; así, los estudios son diferentes en relación a la materia prima utilizada, las condiciones de modificación o activación utilizadas, los modelos de isoterma y cinética utilizados para ajustar los datos experimentales y las condiciones fisicoquímicas de trabajo (pH, temperatura, dosis de adsorbente, concentración inicial del contaminante). Esta heterogeneidad metodológica hace difícil la posibilidad de una comparación directa entre estudios y, en consecuencia, limita la posibilidad de elegir los materiales y condiciones más esperanzadores para una eventual aplicación a nivel piloto o industrial (6), (19). De igual forma, la existencia de ensayos que analicen la regeneración, la reutilización y el comportamiento de los biosorbentes en sistemas de agua residual real ha sido denunciada repetidamente, en contraposición con la mayor parte de los ensayos que tienen lugar en soluciones sintéticas monocomponente (6), (3).

El problema de investigación que guía la elaboración del presente trabajo se puede formular del modo siguiente: si bien existe un volumen importante de producción científica alrededor de adsorbentes producidos a partir de residuos agroindustriales, dicha evidencia se encuentra diseminada entre diferentes familias de contaminantes, tipos de residuos y enfoques metodológicos, sin que exista un estado del arte reciente y sistemático que sintetice tales hallazgos y permita identificar patrones de eficiencia, vacíos de conocimiento y líneas de investigación preferentes para contextos como el latinoamericano, donde el repositorio de residuos agroindustriales es elevado y donde las alternativas tecnológicas de bajo coste son especialmente apreciadas (20), (14).

La justificación de esta revisión sistemática radica en el hecho de que, en suma, tres consideraciones resultan pertinentes para sostenerla. Primero, la necesidad ambiental y/o sanitaria de disponer de tecnologías de remediación accesibles ante la presencia creciente de contaminantes emergentes en cuerpos de agua. Segundo, la pertinentica económica y ambiental de valorizar residuos agroindustriales que hoy día suponen un activo ambiental en determinada medida en muchas cadenas productivas, de convertirlos en insumos con valor agregado. Tercero, la pertinencia metodológica de sistematizar la evidencia dispersa mediante un procedimiento riguroso y replicable que sirva de referencia para investigadores, tomadores de decisiones y operadores del sector del tratamiento de aguas en la región.

Por lo tanto, el objetivo de la revisión sistemática que se presenta a continuación es analizar la evidencia científica publicada entre el año 2016 y el 2026 sobre la producción y la eficiencia de adsorbentes sostenibles producidos a partir de residuos agroindustriales para la remoción de contaminantes emergentes en aguas residuales, con énfasis en los tipos de residuos empleados, los mecanismos de adsorción implicados, las eficiencias de remoción reportadas y los principales vacíos de conocimiento que guía la futura investigación en el área.

# MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo responde a una investigación bibliográfica basada en un diseño de revisión sistemática de la literatura científica, realizado bajo las directrices de la declaración PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), reconocida internacionalmente como guía metodológica para asegurar la transparencia, la replicación y el rigor en la búsqueda, selección y síntesis de los estudios primarios y secundarios. La opción decisión por una síntesis narrativa y no por un metaanálisis cuantitativo se fundamenta en que la alta heterogeneidad de las variables experimentales que se han reportado en los estudios primarios (materia prima, contaminante objetivo, condiciones de operación, unidades de reporte) no es posible agregar estadísticamente los resultados.

La población de análisis se conformó por artículos científicos indexados de tipo experimental, revisiones sistemáticas y revisiones narrativas publicados entre enero de 2016 y julio de 2026, que abordaran o discutieran el desarrollo, la caracterización o la evaluación de adsorbentes o biosorbentes de residuos agroindustriales (cáscaras, cascarillas, bagazos, semillas, pulpas, tallos y subproductos vegetales) en remoción de contaminantes emergentes (fármacos, antibióticos, colorantes sintéticos, plaguicidas y metales pesados de relevancia ambiental) en matrices de agua residual o soluciones acuosas sintéticas representativas.

La búsqueda de información se desarrolló en bases de datos científicas indexadas de alto reconocimiento internacional: Scopus, Web of Science, ScienceDirect (Elsevier), SpringerLink, PubMed/PMC y Royal Society of Chemistry (RSC Publishing), complementada con la verificación cruzada de referencias en Google Scholar.Se hicieron combinaciones de los términos de búsqueda en los idiomas español e inglés que incluyeron: «agricultural waste», «agro-industrial waste», «biosorbent», «biochar», «emerging contaminants», «wastewater treatment», «adsorption», «heavy metals», «pharmaceuticals», «dyes» y «pesticides», utilizando los operadores booleanos AND/OR.

Para cada una de los trabajos incluidos se extrajeron, cuando era posible, las siguientes variables: tipo de residuo agroindustrial que sirvió de precursor, tipo de contaminante objetivo, tipo de proceso de modificación o activación del adsorbente, eficiencia de remoción (%), capacidad máxima de adsorción del adsorbente (qmax, mg/g), el modelo de isoterma de mejor ajuste (Langmuir, Freundlich, etc.), el modelo cinético de mejor ajuste (pseudo-primer orden, pseudo-segundo orden), condiciones experimentales relevantes (pH, dosis de adsorbente, temperatura) y rendimiento en ciclos de regeneración.

Dado el carácter cualitativo-descriptivo de la revisión, el análisis de los datos se desarrolló mediante estadísticas descriptivas simples (rangos, valores extremos, frecuencias de aparición de los distintos modelos de isoterma y cinética) y síntesis narrativa por categoría de contaminantes, sin la utilización de técnicas inferenciales ni de meta-análisis cuantitativos, acorde con la heterogeneidad de los estudios primarios incluidos.

El sistema de búsqueda, selección y análisis de la información se basó en las cuatro fases que han sido establecidas por el protocolo PRISMA 2020-21: identificación, cribado, elegibilidad e inclusión. La Tabla 1 proporciona los detalles de los criterios metodológicos que fueron utilizados en cada una de las fases.

***Tabla 1. Matriz metodológica del proceso de revisión sistemática según PRISMA 2020.***

| Fase PRISMA | Criterio aplicado | Detalle |
|---|---|---|
| Identificación | Bases de datos consultadas | Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink, PubMed/PMC, RSC Publishing |
| Identificación | Periodo de búsqueda | Enero de 2016 – julio de 2026 |
| Identificación | Palabras clave | agricultural/agro-industrial waste; biosorbent; biochar; emerging contaminants; adsorption; heavy metals; pharmaceuticals; dyes; pesticides |
| Cribado | Criterios de inclusión | Artículos indexados en revistas con revisión por pares; texto completo disponible; idioma español o inglés; adsorbente de origen agroindustrial; contaminante de tipo emergente o metal pesado de relevancia ambiental |
| Cribado | Criterios de exclusión | Estudios sin datos experimentales o de síntesis verificables; adsorbentes sintéticos no derivados de biomasa; duplicados entre bases de datos; congresos sin arbitraje; publicaciones anteriores a 2016 |
| Elegibilidad | Evaluación de calidad | Revisión del título, resumen y texto completo por los autores; verificación de la indexación de la revista y del DOI |
| Inclusión | Síntesis de datos | Extracción de variables en matriz de datos: residuo precursor, contaminante, eficiencia de remoción, qmax, isoterma, cinética, regeneración |
| Inclusión | Número final de fuentes | 27 fuentes indexadas incorporadas a la síntesis narrativa final |

La aplicación estructurada del protocolo PRISMA 2020 permitió delimitar de manera objetiva el universo de estudios analizados, minimizando el riesgo de sesgo en la selección de la evidencia. La combinación de bases de datos multidisciplinarias (ciencias ambientales, química e ingeniería) garantizó una cobertura amplia de la producción científica sobre el tema, mientras que los criterios de exclusión permitieron descartar estudios que no aportaban evidencia experimental verificable o que se encontraban fuera del periodo de interés. Este procedimiento otorga trazabilidad y replicabilidad al proceso de búsqueda, aspectos centrales de cualquier revisión sistemática de calidad.

## RESULTADOS

En lo siguiente, se enumeran los resultados más destacados de la revisión, organizándolos en cuatro grupos dependiendo del tipo de contaminante objetivo: metales pesados, colorantes sintéticos, fármacos y antibióticos, y plaguicidas. Para cada tipo de contaminante se nombran los residuos agroindustriales que más se estudian en los trabajos revisados, las eficacias de remoción ofrecidas y los mecanismos de la adsorción que predominan. Esto último sirve para mostrar una visión comparativa y objetiva del estado de la cuestión.

**Remoción de metales pesados**

En la Tabla 2 se indican los residuos agroindustriales más trabajados como biosorbentes de metales pesados (Pb, Cd, Cr, Ni, Cu y Zn) en la literatura revisada. En general, los trabajos reportan que las modificaciones químicas (tratamientos ácidos, alcalinos o mixtos) aumentan entre 1.5 y 3 veces la capacidad de adsorción de los materiales respecto a su forma cruda, principalmente a consecuencia de la exposición de nuevos grupos funcionales superficiales (3), (9).

***Tabla 2. Biosorbentes agroindustriales evaluados para la remoción de metales pesados.***

| Residuo agroindustrial | Metal(es) evaluado(s) | Hallazgo principal | Ref. |
|---|---|---|---|
| Cáscara de café (Arabica) y cacao (Theobroma) | Pb(II) | Biosorbentes agroindustriales latinoamericanos con capacidad efectiva de remoción de plomo en soluciones acuosas | (14) |
| Residuo de semilla de melón (Cucumis melo) desgrasada | Metales pesados seleccionados | Biosorbente renovable con buen ajuste a modelos cinéticos e isotérmicos clásicos | (10) |
| Rumex acetosella (biomasa modificada ácida/alcalina/mixta) | Cationes metálicos | Las modificaciones alcalina y mixta mejoran significativamente la capacidad de remoción frente al material sin tratar | (13) |
| Residuos fibrosos de origen vegetal (alimentario) | Metales pesados diversos | Los grupos pectina, hemicelulosa y celulosa favorecen la unión de iones metálicos; capacidad variable según fuente y modificación | (12) |
| Residuos agrícola-industriales diversos (cáscaras, bagazos) | Metales pesados de relevancia ambiental | Los biosorbentes de bajo costo constituyen alternativa viable frente a intercambiadores iónicos comerciales | (11) |

La información obtenida apunta a que los residuos de elevado contenido en compuestos fenólicos, pectina y celulosa, como pueden ser la cáscara de café y la cáscara de cacao, ampliamente presentes en países productores, como Ecuador, Colombia o Perú, poseen una específica afinidad por cationes divalentes como el Pb(II). Esto debe de ser considerado en un contexto especialmente productivo en Latinoamérica en donde existen grandes volúmenes de generación de residuos de bajo valor (14), (13). Por otro lado, se debe resaltar que el tipo de modificación química experimental del precursor (es decir, el material inicial) fue la clave determinante en el rendimiento final de la eficiencia de la utilización de los residuos, independientemente del tipo concreto de biomasa que se utilizó. Este hallazgo coincide con la consideración de que el pH y la existencia de grupos funcionales disponibles serían las variables que más pesan en los procesos de biosorción de metales (9), (3).

**Remoción de colorantes sintéticos**

Con respecto a los colorantes utilizados en los textiles, cuya vertiente incontrolada de la carga también afecta el nivel de penetración de luz solar y la actividad fotosintética en cuerpos de agua, la evidencia revisada coincide en señalar que los biocarbones y carbones

activados obtenidos mediante carbonización de los residuos agroindustriales (cáscara de banano, bagazo de caña, cascarilla de arroz, tallos de piña) alcanzan eficiencias de remoción que oscilan entre 80% y 95% en condiciones óptimas de pH y dosificación, sean colorantes

aniónicos o catiónicos (1), (9), (7). En el modelo de isoterma de Langmuir, el cual hace la suposición de que se produce una adsorption en monocapa en sitios homogéneamente energéticos, fue reportado como el que mayor cantidad de datos de ajuste se correspondía con el de mayor cantidad de datos de ajuste en la mayoría de los estudios revisados, y la cinética de pseudo-segundo orden predominó como descriptor de la naturaleza del proceso de adsorción, sugiriendo un mecanismo de quimisorción como una etapa limitante de la velocidad de reacción (1), (6).

**Remoción de fármacos y antibióticos**

La Tabla 3 brinda una escala con los principales resultados sobre el proceso de eliminación de fármacos y antibióticos con biocarbones y carbones activados de origen agroindustrial, clase de contaminantes emergentes que ha recibido la mayor atención científica en los últimos años porque se relaciona directamente con la resistencia antimicrobiana (21).

***Tabla 3. Desempeño de biocarbones agroindustriales en la remoción de fármacos y antibióticos.***

| Residuo precursor | Contaminante | Resultado reportado | Ref. |
|---|---|---|---|
| Cascarilla de arroz (biocarbón, 450–600 °C) | Azitromicina y eritromicina | Remoción superior al 95 %; capacidades máximas de 612,22 y 599,72 mg/g respectivamente | (15) |
| Marlojo/olote de maíz (corn cob) | Antibióticos tipo tirosina | Capacidad de adsorción de 14,4 mg/g; mejor ajuste al modelo de Langmuir | (15) |
| Fibra de palma de aceite (biocarbón) | Tres fármacos representativos | Buen ajuste cinético e isotérmico; mecanismo confirmado mediante análisis computacional | (16) |
| Huesos de aceituna (olive stones) | Residuos farmacéuticos diversos | Remoción eficiente mediante diseño de mezclas experimentales optimizado | (19) |
| Biomasa microbiana y polímeros naturales | Fármacos en general | Biomateriales compuestos con potencial de aplicación industrial, aún en fase de escalamiento | (18) |
| Biocarbón agroindustrial general | Plantas de tratamiento convencionales (línea base) | Eficiencia promedio de remoción de antibióticos de apenas 48–77 % sin tratamiento avanzado | (15) |

Los datos indican que los biocarbones producidos a temperaturas de pirólisis moderadas a altas (450–600 °C) tienen capacidades de adsorción significativamente mayores para moléculas de fármacos voluminosos como son los macrólidos, frente a adsorbentes de menor grado de carbonización (15). Este resultado se puede explicar de acuerdo con el hecho de que el aumento de la temperatura de pirólisis favorece el desarrollo de microporosidad, área superficial específica e hidrofobicidad, que son características que determinan la retención de compuestos orgánicos de baja polaridad (16), (22).También es importante destacar que la eficiencia de eliminación lograda por los biocarbones agroindustriales supera con creces la media reportada para plantas convencionales sin un tratamiento avanzado, lo cual refuerza el argumento de que la necesidad de incluir etapas de adsorción con materiales de bajo coste puede ser una solución técnicamente razonable para agregar a los sistemas existentes (15), (3).

**Remoción de plaguicidas**

En el caso de los plaguicidas, se presenta una evidencia relativamente menor aunque también con muy buenos resultados. La cascarilla de arroz modificada se ha probado con éxito en la eliminación de los herbicidas imazetapir e imazamox, mientras que los biocarbones generados a partir de paja de trigo mostraban eficiencias en la eliminación del herbicida alaclor entre el 76 % y el 94 %, alcanzando capacidades máximas de adsorción de hasta 1,94 mg/g bajo el modelo de Langmuir y una cinética de pseudo-segundo orden (17), (20). Una reciente revisión sobre el uso de biocarbones como adsorbentes de plaguicidas, la cual estudió 76 artículos de laboratorio, concluyó que el atrazina era el compuesto utilizado con mayor frecuencia (presente en el 22% de los artículos) y que el rendimiento de estos adsorbentes depende de forma crítica de la biomasa precursora, de las condiciones de pirolisis y de las estrategias de modificación superficial que se utilicen (20).

**Mecanismos de adsorción, isotermas y modelos cinéticos**

De modo transversal a las cuatro categorías de contaminantes analizadas, la revisión pone de manifiesto que los mecanismos de adsorción que han sido reportados con mayor frecuencia son, junto con el intercambio iónico, el de complejación superficial, las interacciones electrostáticas, las interacciones por formación de enlaces de hidrógeno y las interacciones π–π. Y todos ellos dependerán de la cláusula de la naturaleza del contaminante, así como del adsorbente (9), (6), (7). En cuanto a los modelos matemáticos utilizados para describir el proceso, el modelo de isoterma de Langmuir se encontraba presente en la mayoría de los artículos revisados antes que el de Freundlich, lo que sugiere que el mecanismo de adsorción definido es de monocapa sobre superficies energéticamente homogéneas; y el modelo cinético que mejor se ajustaba a la gran mayoría de los casos revisados lo constituye el cinético de pseudo-segundo orden, confirmando la hipotesis de que la quimisorción sería el que limitaría la velocidad del proceso (1), (7), (9).

# DISCUSIÓN

Los resultados de esta revisión corroboran, en términos generales, la tendencia prevista por Kainth et al. (3) y Osman et al. (6), donde se determina que los biosorbentes a partir de residuos agroindustriales son opciones técnicamente competitivas respecto a los carbones activados comerciales, pero además son más económicos y favorecen la valorización de residuos; no obstante, al contrastar los resultados simplificados de los trabajos aquí reseñados, esto con los resultados de Chong et al. (1) y Karić et al. (2), presenta la coincidencia más que relevante y es que la inmensa mayoría de los trabajos primarios continúan evaluando el desempeño de los adsorbentes en soluciones sintéticas monocomponente, impidiendo así realizar extrapolaciones a matrices de agua residual real caracterizadas por la misma presencia de contaminantes, materia orgánica disuelta, variaciones de pH, temperatura y fuerza iónica.

En lo que respecta a la eliminación de metales pesados, los resultados obtenidos coinciden con los de Karim et al. (12) así como con los de Ligarda-Samanez et al. (13), en cuanto indica que la modificación química de la biomasa precursor es la que más mejora su capacidad de adsorción, sin importar la biomasa específica. Este comportamiento es congruente con los principios fisicoquímicos de la biosorción, donde se muestra cómo la disponibilidad de grupos funcionales activos sobre la superficie del biosorbente determina la adsorción de iones metálicos. Sin embargo, en contradicción a lo afirmado por Saxena et al. (11), quienes

conceden un gran peso al tamaño de partícula del biosorbente, la revisión presente no encontró evidencia suficientemente sistematizada respecto a dicha variable en los artículos más recientes, constituyendo esto una brecha metodológica a abordar en futuros trabajos.

Con relación a la eliminación de fármacos y antibióticos, los resultados de Ajala et al. y de Grisales-Cifuentes et al. , que presentan capacidades de adsorción de algunos cientos de mg/g para diferentes antibióticos, contrastan considerablemente con los valores menores (del orden de algunas decenas de mg/g) obtenido para otros fármacos por parte de Boudrahem et al. y de Rusu et al. (18). La diferencia entre estas dos referencias puede llegar a ser importante, dado que, como se reseña, la eficiencia de los biosorbentes agroindustriales tampoco puede ser generalizada para todas las familias farmacéuticas. Más bien la eficiencia como añaden Monisha et al. (17) y Kang et al. (22) en sus revisiones del biocarbón aplicado a la remediación de residuos farmacéuticos dependerá de la estructura molecular del contaminante, de la polaridad de este, así como de la afinidad del contaminante hacia los grupos funcionales presentes en el material empleado para la remediación (23).

Por otro lado, en el caso específico de los plaguicidas, la escasez relativa de estudios hallados en esta revisión comparados con las categorías de metales pesados y fármacos concuerda con la aseveración de Beljin et al. (24), ya que, de la totalidad de plaguicidas usados en el mundo, solo una proporción muy reducida ha sido objeto de estudio más allá del uso de adsorbentes de tipo biológico, constituyendo ésta una limitación importante, sobre todo cuando el problema de la contaminación causada por agroquímicos es de gran magnitud, especialmente en los países de la región andina.

Por último, uno de los elementos transversales salidos de la discusión de los distintos estudios, como uno de los puntos a mejorar, es la escasa evidencia disponible acerca de la regeneración y reutilización de los biosorbentes en múltiples ciclos de adsorción-desorción, un aspecto clave para la viabilidad económica de este tipo de tecnologías a escala real. Si bien algunos estudios han reportado eficiencias de regeneración de más del 70 % tras varios ciclos gracias al uso de ácidos, álcalis o agentes quelantes (6), (9), la mayoría de las investigaciones primarias no abordan este punto de forma sistemática, aspecto que constituye, junto con la validación en matrices reales y el escalado a nivel planta piloto, una de las líneas de investigación futura que se deriva de esta revisión (25), (26).

## CONCLUSIONES

La citada revisión sistemática adolece de aportar la evidencia científica publicada desde 2016 hasta un año de finalización en 2026 en torno al desarrollo y la eficiencia de los adsorbentes sostenibles provenientes de residuos agroindustriales para la remoción de contaminantes emergentes en las aguas residuales, cumpliendo así el objetivo planteado desde el principio. Los resultados obtenidos permiten concluir que los residuos agroindustriales con cascaras, cascarillas, bagazos, semillas y los subproductos agroindustriales del café, el cacao, el arroz y de la caña de azúcar son la materia prima técnicamente viable y de coste reducido para el diseño de biosorbentes y biocarbones adecuados para las aguas residuales.

Se concluye que la modificación química o la activación térmica del material precursor, constituyen el factor determinante para aumentar de una forma importante la capacidad de

adsorción ya que se han alcanzado eficiencias de remoción superiores al 80 % para metales pesados y colorantes y capacidades de adsorción de varios cientos de mg por gramo para algunos antibióticos, mientras que la evidencia existente para la remoción de plaguicidas, a pesar de ser esperanzadora, es todavía relativamente pobre, también que existen brechas metodológicas importantes en la literatura revisada, sobre todo en lo que respecta hasta la evaluación del desempeño de los adsorbentes en matrices de agua residual real, la sistematización de los ciclos de regeneración y reutilización, o el escalado de los procesos desde el nivel de laboratorio hasta plantas piloto o de tratamiento en la industria.

Cerrar estas brechas es necesario para confirmar el paso de estas tecnologías desde la investigación básica hasta la aplicación práctica y sostenible. Finalmente, se concluye que el aprovechamiento de residuos agroindustriales como adsorbentes, para zonas agrícolas de producción como Ecuador o de Latinoamérica, representa una oportunidad estratégica porque permite atacar simultáneamente dos problemáticas ambientales relevantes: la mala disposición de los residuos agrícolas y la contaminación del agua por contaminantes emergentes, acorde con los principios de la economía circular y los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Chong ZT, Soh LS, Yong WF. Valorization of agriculture wastes as biosorbents for adsorption of emerging pollutants: Modification, remediation and industry application. Results in Engineering. 2023 Mar;17:100960. doi:10.1016/j.rineng.2023.100960
2. Karić N, Maia AS, Teodorović A, Atanasova N, Langergraber G, Crini G, et al. Bio-waste valorisation: Agricultural wastes as biosorbents for removal of (in)organic pollutants in wastewater treatment. Chemical Engineering Journal Advances. 2022 Mar;9:100239. doi:10.1016/j.ceja.2021.100239
3. Kainth S, Sharma P, Pandey OP. Green sorbents from agricultural wastes: A review of sustainable adsorption materials. Applied Surface Science Advances. 2024 Feb;19:100562. doi:10.1016/j.apsadv.2023.100562
4. Aguilar-Rosero J, Urbina-López ME, Rodríguez-González BE, León-Villegas SX, Luna-Cruz IE, Cárdenas-Chávez DL. Development and Characterization of Bioadsorbents Derived from Different Agricultural Wastes for Water Reclamation: A Review. Applied Sciences. 2022 Mar 7;12(5):2740. doi:10.3390/app12052740
5. Bobde P V., Sharma AK, Kumar R, Pandey JK, Wadhwa S. Recent advances on sustainable removal of emerging contaminants from water by bio-based adsorbents. New Journal of Chemistry. 2023;47(38):17626–44. doi:10.1039/D3NJ03731B
6. Osman AI, El-Monaem EMA, Elgarahy AM, Aniagor CO, Hosny M, Farghali M, et al. Methods to prepare biosorbents and magnetic sorbents for water treatment: a review. Environ Chem Lett. 2023 Aug 4;21(4):2337–98. doi:10.1007/s10311-023-01603-4
7. Kumar A, Nighojkar A, Varma P, Prakash NJ, Kandasubramanian B, Zimmermann K, et al. Algal mediated intervention for the retrieval of emerging pollutants from aqueous media. J Hazard Mater. 2023 Aug;455:131568. doi:10.1016/j.jhazmat.2023.131568
8. Amalina F, Razak ASA, Krishnan S, Sulaiman H, Zularisam AW, Nasrullah M. Biochar production techniques utilizing biomass waste-derived materials and environmental applications – A review. Journal of Hazardous Materials Advances. 2022 Aug;7:100134. doi:10.1016/j.hazadv.2022.100134

9. Ghosh S, Nandasana M, Webster TJ, Thongmee S. Agrowaste-generated biochar for the sustainable remediation of refractory pollutants. Front Chem. 2023 Nov 16;11. doi:10.3389/fchem.2023.1266556
10. Akhtar T, Batool F, Ahmad S, Al-Farraj ES, Irfan A, Iqbal S, et al. Defatted Seed Residue of Cucumis Melo as a Novel, Renewable and Green Biosorbent for Removal of Selected Heavy Metals from Wastewater: Kinetic and Isothermal Study. Molecules. 2022 Oct 7;27(19):6671. doi:10.3390/molecules27196671
11. Saxena A, Bhardwaj M, Allen T, Kumar S, Sahney R. Adsorption of heavy metals from wastewater using agricultural–industrial wastes as biosorbents. Water Science. 2017 Oct 1;31(2):189–97. doi:10.1016/j.wsj.2017.09.002
12. Karim A, Raji Z, Karam A, Khalloufi S. Valorization of Fibrous Plant-Based Food Waste as Biosorbents for Remediation of Heavy Metals from Wastewater—A Review. Molecules. 2023 May 20;28(10):4205. doi:10.3390/molecules28104205
13. Ligarda-Samanez CA, Choque-Quispe D, Palomino-Rincón H, Ramos-Pacheco BS, Moscoso-Moscoso E, Huamán-Carrión ML, et al. Modified Polymeric Biosorbents from Rumex acetosella for the Removal of Heavy Metals in Wastewater. Polymers (Basel). 2022 May 28;14(11):2191. doi:10.3390/polym14112191
14. Lavado-Meza C, De la Cruz-Cerrón L, Cisneros-Santos G, De la Cruz AH, Angeles-Suazo J, Dávalos-Prado JZ. Arabica-coffee and teobroma-cocoa agro-industrial waste biosorbents, for Pb(II) removal in aqueous solutions. Environmental Science and Pollution Research. 2023 Jan 8;30(2):2991–3001. doi:10.1007/s11356-022-22233-3
15. AJALA OA, AKINNAWO SO, BAMISAYE A, ADEDIPE DT, ADESINA MO, OKON-AKAN OA, et al. Adsorptive removal of antibiotic pollutants from wastewater using biomass/biochar-based adsorbents. RSC Adv. 2023;13(7):4678–712. doi:10.1039/D2RA06436G
16. Grisales-Cifuentes CM, Serna Galvis EA, Porras J, Flórez E, Torres-Palma RA, Acelas N. Kinetics, isotherms, effect of structure, and computational analysis during the removal of three representative pharmaceuticals from water by adsorption using a biochar obtained from oil palm fiber. Bioresour Technol. 2021 Apr;326:124753. doi:10.1016/j.biortech.2021.124753
17. Monisha RS, Mani RL, Sivaprakash B, Rajamohan N, Vo DVN. Green remediation of pharmaceutical wastes using biochar: a review. Environ Chem Lett. 2022 Feb 3;20(1):681–704. doi:10.1007/s10311-021-01348-y
18. Rusu L, Suceveanu EM, Blaga AC, Nedeff FM, Șuteu D. Insights into Recent Advances of Biomaterials Based on Microbial Biomass and Natural Polymers for Sustainable Removal of Pharmaceuticals Residues. Polymers (Basel). 2023 Jul 1;15(13):2923. doi:10.3390/polym15132923
19. Boudrahem F, Yahiaoui I, Saidi S, Yahiaoui K, Kaabache L, Zennache M, et al. Adsorption of pharmaceutical residues on adsorbents prepared from olive stones using mixture design of experiments model. Water Science and Technology. 2019 Sep 1;80(5):998–1009. doi:10.2166/wst.2019.346
20. de Souza TF, Dias Ferreira GM. Biochars as Adsorbents of Pesticides: Laboratory-Scale Performances and Real-World Contexts, Challenges, and Prospects. ACS ES&T Water. 2024 Oct 11;4(10):4264–82. doi:10.1021/acsestwater.4c00399
21. Page M, McKenzie J, Bossuyt P. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ. 2021;(372):71.

22. Kang Z, Jia X, Zhang Y, Kang X, Ge M, Liu D, et al. A Review on Application of Biochar in the Removal of Pharmaceutical Pollutants through Adsorption and Persulfate-Based AOPs. Sustainability. 2022 Aug 16;14(16):10128. doi:10.3390/su141610128
23. Kaur P, Kaur P, Kaur K. Adsorptive removal of imazethapyr and imazamox from aqueous solution using modified rice husk. J Clean Prod. 2020 Jan;244:118699. doi:10.1016/j.jclepro.2019.118699
24. Ouyang J, Zhou L, Liu Z, Heng JYY, Chen W. Biomass-derived activated carbons for the removal of pharmaceutical mircopollutants from wastewater: A review. Sep Purif Technol. 2020 Dec;253:117536. doi:10.1016/j.seppur.2020.117536
25. Alazaiza M, Albahnasawi A, Ali G, Bashir M, Nassani D, Al Maskari T, et al. Application of Natural Coagulants for Pharmaceutical Removal from Water and Wastewater: A Review. Water (Basel). 2022 Jan 6;14(2):140. doi:10.3390/w14020140
26. Akhtar M, Sarfraz M, Ahmad M, Raza N, Zhang L. Use of low-cost adsorbent for waste water treatment: Recent progress, new trend and future perspectives. Desalination Water Treat. 2025 Jan;321:100914. doi:10.1016/j.dwt.2024.100914

InvestiGO Revista Científica Multidisciplinaria
ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Octubre 2026
Vol. 7 No. 21, PP. 93-111
https://doi.org/10.56519/pdhhp995

# APRENDER A APRENDER EN LA ERA DE LA IA: METACOGNICIÓN, AUTORREGULACIÓN Y ESTRATEGIAS DE RECUPERACIÓN PARA PREVENIR LA DEPENDENCIA DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

# LEARN IN THE AGE OF AI: METACOGNITION, SELF-REGULATION, AND RETRIEVAL STRATEGIES TO PREVENT DEPENDENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Rodolfo Christian Cañarte Lino[1], Alex Roberto Morán Naranjo [2], Ángel Wladimir Pilco Cajilema[3], Lizbeth Jacqueline Alarcón Silva[4]

{rocanarte8016@gmail.com[1], morannaranjoalex@gmail.com [2], wladimir.95a@gmail.com[3], bgub.alarconlizbeth@gmail.com[4]}

Fecha de recepción: 01/09/2026 / Fecha de aceptación: 02/10/2026 / Fecha de publicación: 14/10/2026

**RESUMEN: La integración de la inteligencia artificial generativa en educación ha cambiado la forma de buscar información, resolver problemas y producir textos. Esta transformación ha creado tensión entre el apoyo al aprendizaje y la posible externalización de procesos cognitivos. Esta revisión sistemática analizó la relación entre metacognición, autorregulación, práctica de recuperación y patrones de dependencia cognitiva en el aprendizaje mediado por inteligencia artificial. Se siguió las directrices PRISMA 2020 y PRISMA-S, y se realizaron búsquedas en las bases de datos Scopus, Web of Science, ERIC, ScienceDirect, SpringerLink y PsycINFO, complementadas con una búsqueda en Google Scholar. La última búsqueda se realizó el 10 de septiembre de 2026, y se incluyeron artículos desde enero de 2020 hasta septiembre de 2026. Las bases de datos proporcionaron 1.247 resultados, y la búsqueda en Google Scholar arrojó otros 89 resultados. A continuación, se excluyeron los duplicados y se evaluaron los criterios de elegibilidad, y se calcularon que 7 estudios fueron artículos primarios y 10 documentos de investigación secundaria y de síntesis, para un total de 17 documentos. De los siete estudios primarios, dos eran ensayos aleatorios publicados en revistas científicas, uno era un ensayo aleatorio cuyo contenido circulaba en forma de preprint no revisado por pares, tres eran estudios mixtos y uno era un estudio transversal de tipo encuesta. Los estudios identifican factores como el uso no optimizado de la IA, lo que conducía a menores resultados a largo plazo en comparación con la asistencia al aprendizaje sin IA, el aumento de la externalización cognitiva y una mayor dependencia, aunque estas variables dependían del contexto y de las**

[1]Investigador Independiente, Ecuador, https://orcid.org/0009-0001-6939-7144; rocanarte8016@gmail.com
[2]Investigador Independiente, Ecuador, https://orcid.org/0009-0004-3676-5993; morannaranjoalex@gmail.com
[3]Investigador Independiente, Ecuador, https://orcid.org/0009-0009-1474-790X; wladimir.95a@gmail.com
[4]Investigador Independiente, Ecuador, https://orcid.org/0009-0002-0725-9560; bgub.alarconlizbeth@gmail.com

**instrucciones. Algunos estudios mencionan la metacognición y la autorregulación como factores explicativos de las diferencias detectadas en el uso de la IA. La «secuencia de recuperación primero, asistencia de la IA a continuación, verificación y pensamiento» fue la hipótesis operativa deducida de la revisión de la literatura. En resumen, en determinados marcos pedagógicos, el uso de la IA puede estar condicionado para fomentar el aprendizaje autónomo.**

***Palabras clave: Inteligencia artificial; Metacognición; Aprendizaje autorregulado; Práctica de recuperación; Dependencia cognitiva; Tecnología educativa***

**ABSTRACT: The integration of generative artificial intelligence in education has transformed the way information is searched, problems are solved, and texts are produced. This transformation has created tension between learning support and the potential externalization of cognitive processes. This systematic review analyzed the relationship between metacognition, self-regulation, retrieval practice, and patterns of cognitive dependence in artificial intelligence-mediated learning. The PRISMA 2020 and PRISMA-S guidelines were followed. Searches were conducted in the Scopus, Web of Science, ERIC, ScienceDirect, SpringerLink, and PsycINFO databases, supplemented by a search of Google Scholar. The final search was conducted on September 10, 2026, and studies published between January 2020 and September 2026 were considered eligible. The databases yielded 1,247 records, while the Google Scholar search identified an additional 89 records. Duplicates were subsequently removed, and the eligibility criteria were assessed. A total of 17 documents were included: seven primary research articles and ten secondary research and synthesis documents. Of the seven primary studies, two were randomized controlled trials published in scientific journals, one was a randomized trial available as a non-peer-reviewed preprint, three were mixed-methods studies, and one was a cross-sectional survey study. The studies identified several factors associated with the use of AI, including suboptimal use of AI, which was associated with poorer long-term learning outcomes compared with learning without AI assistance, increased cognitive offloading, and greater dependence on AI, although these variables varied according to the context and the instructions provided. Some studies identified metacognition and self-regulation as explanatory factors for the differences observed in AI use. The sequence of "retrieval first, AI assistance second, verification, and thinking" emerged as the operational hypothesis derived from the literature review. Overall, within certain pedagogical frameworks, AI use may be structured to foster autonomous learning.**

***Keywords: Artificial intelligence; Metacognition; Self-regulated learning; Retrieval practice; Cognitive dependence; Educational technology***

## INTRODUCCIÓN

Las tecnologías emergentes de la inteligencia artificial generativa se están imponiendo de forma dominante en las prácticas educativas. ChatGPT, Gemini y Copilot son solo algunos ejemplos destacados de la transformación revolucionaria que esta tecnología está trayendo a la

comunicación, la escritura asistida, la resolución de problemas y la tutoría. Esta rápida adopción, sin embargo, está rodeada de controversia con respecto a sus consecuencias pedagógicas y cognitivas. Aunque esta tecnología ofrece oportunidades sin precedentes de personalización, retroalimentación e interacción continua, también podrían surgir riesgos importantes para la autonomía mental y la eficacia del aprendizaje de los estudiantes.

Definición de términos. La metacognición, tal como conceptualizó Flavell, se refiere a la comprensión estructural de los procesos cognitivos, al mismo tiempo que regula y monitorea la obtención del conocimiento. A partir del marco de autorregulación de Zimmerman, extraímos el concepto de autocontrol del aprendizaje, que consiste en formular planos, actuar para alcanzar metas, evaluar, monitorear y revisar las acciones para optimizar los resultados del aprendizaje. El concepto de uso cognitivo de herramientas externas fue presentado por Risko y Gilbert bajo el nombre de «desvío cognitivo». La teoría de las dificultades deseables fue propuesta por Bjork y Bjork para explicar la aparición del uso inteligente de la práctica espaciada y otros métodos de aprendizaje difíciles. La teoría de la carga cognitiva, desarrollada por Sweller et al., aporta el concepto de la disminución de la carga cognitiva mediante el uso de herramientas externas. El método de práctica de recuperación fue conceptualizado por Roediger y Karpicke para enfatizar la importancia de la recuperación activa de la información almacenada en la memoria a corto y largo plazo. Los conceptos de «efecto Google» y de «ilusión de conocimiento», asociados con la búsqueda de información, pueden utilizarse para explicar el mecanismo detrás del uso cognitivo de la inteligencia artificial en la educación.

Diferenciar los conceptos de metacognición, autorregulación del aprendizaje, práctica de recuperación, desvío cognitivo y «adicción a la IA» es uno de los principales desafíos en la conceptualización de las tecnologías emergentes de IA. La noción de metacognición cubre una variedad de marcos cognitivos, como la regulación cognitiva, el monitoreo en tiempo real y la modificación de las acciones. La noción de autorregulación del aprendizaje describe un proceso cíclico de autorregulación, que comprende objetivos, acción, retroalimentación, estrategias y evaluación. La práctica de recuperación difiere de la metacognición en que se centra específicamente en la recuperación activa de la información de la memoria. El desvío cognitivo presupone el uso de herramientas externas para facilitar la realización de tareas, mientras que la «adicción a la IA» se refiere a una «tendencia mental funcional» en el enfoque de problemas, juicios y toma de decisiones mediante el uso de la IA, así como a un «descenso de la autorregulación cognitiva o de la autoría» por parte del usuario de la herramienta. Por último, el sesgo de automatización se refiere a la aceptación de soluciones de programas informáticos especializados a pesar de la presencia de soluciones alternativas bien razonadas. El principal problema está en el hecho de que los distintos estudios a menudo exploran las mismas nocios conceptuales, aunque utilizando términos diferentes. Así, los términos «uso cognitivo de la IA» y «dependencia de la IA» son tratados como construcciones únicas por algunos investigadores, mientras que otros intentan correlacionar estos términos con variables como el sesgo de automatización o la adicción a la IA.

La dependencia cognitiva es uno de los principales problemas que actualmente se exploran con respecto al uso de la inteligencia artificial en la educación. El principal dilema es distinguir entre

el uso cognitivo y el uso dependiente de la IA. Algunos de los estudios analizados presentan las características del uso dependiente de la IA en términos del sesgo de automatización y de problemas subyacentes de dependencia. Según los resultados de un experimento, el uso espontáneo de la ayuda de la IA puede conducir a problemas de dependencia cognitiva entre los estudiantes. Esta revisión tuvo como objetivo cerrar la brecha en la comprensión del uso de la inteligencia artificial para el aprendizaje autorregulado. Algunos estudios han explorado la influencia de la práctica de recuperación en el aprendizaje autorregulado; sin embargo, los hallazgos acerca de las relaciones entre la práctica de recuperación y la dependencia cognitiva siguen siendo escasos.

Vacío científico y justificación. Existe un vacío en la investigación sobre las tecnologías de IA y el aprendizaje autorregulado, particularmente en el papel de la motivación. Las dos últimas revisiones sistemáticas abordan parcialmente el tema. Aunque algunos artículos analizados estaban orientados a identificar la influencia de la IA y la práctica de recuperación sobre el aprendizaje autorregulado, la estructura del marco teórico y de los modelos del aprendizaje autorregulado no estaba en el centro del interés. El estudio realizado por Sardi et al. ofreció uno de los primeros análisis de los efectos de la IA sobre el aprendizaje autorregulado. En este estudio se utilizaron 38 artículos, y el 71,4 % de ellos reportó efectos positivos. Al mismo tiempo, en el artículo se pasó por alto la identificación de las diferencias en el orden de aplicación de la práctica de recuperación y el uso cognitivo de la IA. En el artículo de Banihashem et al. se presentaron otros datos relacionados con el tema. Este artículo se centra en el impacto del aprendizaje basado en la IA en una serie de conductas y cogniciones autorreguladoras; sin embargo, se ignora la consideración del uso cognitivo del aprendizaje basado en la IA.

El objetivo principal de esta revisión es definir el alcance del impacto de la práctica de recuperación, la metacognición y la autorregulación en el aprendizaje autorregulado, al tiempo que se explora la posibilidad de que el uso de la inteligencia artificial conduzca a una «adicción a la IA» o a un uso dependiente de la IA. Para cumplir el objetivo, la revisión constó de cuatro preguntas de investigación: RQ1, que busca identificar cómo se utiliza la IA generativa en actividades educativas, ¿en qué forma o grado?; RQ2, que tiene como objetivo centrarse en el papel de la metacognición en el uso de la IA; RQ3, que busca comprender cómo las variables del aprendizaje autorregulado, incluida la práctica de recuperación, la retención y la transferencia de conocimientos, la autonomía cognitiva, la autorregulación y la adicción a la IA, interactúan o se relacionan con la práctica de recuperación; y RQ4, que tiene como objetivo identificar los enfoques que permiten utilizar la IA en actividades autorreguladas sin perjudicar el aprendizaje autorregulado.

Finalmente, el objetivo de esta revisión sistemática es analizar a partir del material científico reciente los principales mecanismos del aprendizaje autorregulado, usando la práctica de recuperación, la metacognición y la autorregulación como predictores. Además, se integró el concepto de «usar la IA sin depender de ella» y se identificaron las posibles amenazas de la dependencia cognitiva.

Objetivos:

(1) Determinar cómo se está introduciendo actualmente la IA generativa en diversas actividades educativas.

(2) Identificar el papel de las actividades metacognitivas en el uso de la IA.

(3) Explorar las interacciones entre la autorregulación, la autonomía cognitiva y el aprendizaje basado en la IA.

(4) Realizar una visión general del papel de la práctica de recuperación en el aprendizaje basado en la IA.

(5) Resumir posibles problemas de dependencia cognitiva y «adicción a la IA» a partir del material científico.

(6) Describir posibles enfoques basados en la IA que promueven el aprendizaje autorregulado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Enfoque y diseño. Esta investigación es una revisión sistemática de la literatura científica. No se hizo metaanálisis porque los diseños, instrumentos y medidas de resultado fueron muy variados durante la extracción de datos. La revisión siguió las recomendaciones de PRISMA 2020 y la extensión PRISMA-S para el reporte de búsquedas. El protocolo no se registró en un registro público de protocolos. Esta falta se reconoce como una limitación metodológica de esta revisión. Revisores y resolución de discordancias. Los estudios fueron seleccionados de manera independiente por dos revisores. Las diferencias fueron resultados de discusión y consenso. En caso de discordancia persistente, se consultó a un tercer revisor. El acuerdo en la fase de cribado por título y resumen se cifras mediante el coeficiente kappa de Cohen, que fue de $\kappa = 0,84$ ; Esto indica un acuerdo sustancial entre los revisores . El acuerdo en la evaluación del texto completo fue del 100% tras la discusión. Las referencias se organizaron y deduplicaron utilizando el software Rayyan.

Criterios de elegibilidad (PICOS). Los criterios de elegibilidad se definen por los PICOS:

- P (Población): estudiantes, alumnos o adultos en cursos o programas de escuelas / universidades, y población objetivo de estudios que investigan procesos cognitivos asociados con facilitar o apoyar el aprendizaje utilizando ia
- I (Intervención/Exposición): intervención con una herramienta de ia generativa o lenguaje; la secuencia de la asistencia (antes / después de que el alumno intenta descubrir la respuesta); asistencia limitada ilimitada
- C (Comparador): sin asistencia generativa; la asistencia antes/después de que el alumno intente recuperar la respuesta;
- O (Resultados): retención, transferencia, metacognición, autorregulación del aprendizaje, pensamiento crítico, dependencia cognitiva, descarga cognitiva.

- S (Diseño del estudio): experimental, cuasiexperimental, observacional, cualitativo, métodos mixtos; revisión sistemática, metaanálisis, revisión de alcance y otros estudios de síntesis si son relevantes para formular la pregunta de investigación

Fuentes de información y período de búsqueda. Se realizaron búsquedas sistemáticas en Scopus,WoS, ERIC, ScienceDirect, SpringerLink y PsycINFO. La fecha límite para la búsqueda fue el 10 de septiembre de 2026. Además, se utilizó Google Scholar para identificar registros adicionales. En el material suplementario S1 se detallan el número resultante de registros, los términos y los criterios de inclusión / exclusión. Ecuaciones de búsqueda. Las estrategias de búsqueda se desarrollaron teniendo en cuenta las diferencias en las opciones de formato y sintaxis utilizadas en diversas bases de datos. Las ecuaciones de búsqueda, campos incluidos, filtros y fechas de ejecución, se proporcionan como material suplementario S1.

Criterios de inclusión. Se incluyen artículos publicados entre 2020 y 2026. Se incluyen estudios de investigación, experimentales, cuasiexperimentales, observacionales, cualitativos, revisiones sistemáticas, metaanálisis y estudios de síntesis. Se aceptaron artículos en inglés y español. Se incluyen investigaciones sobre estudiantes o participantes en cursos o programas de escuelas o universidades o sobre procesos cognitivos asociados con la facilitación/apoyo del aprendizaje humano mediante ia. Se incluyen estudios sobre el uso (aplicaciones) de ia para respaldar el aprendizaje humano (procesos cognitivos involucrados en la retención, la transferencia, la metacognición, la autorregulación del aprendizaje, el pensamiento crítico, la dependencia cognitiva y el offloading cognitivo), así como estudios que exploran el papel de ia en la facilitación del aprendizaje humano. Se incluyeron artículos con una metodología adecuadamente expuesta.

Criterios de exclusión. Fuera del período de inclusión (2020 -2026), salvo la literatura de base. Estudios de naturaleza puramente técnica (sobre el desarrollo de modelos de ia) sin aplicaciones educativas. Editoriales, cartas al editor y opiniones sin metodología. Publicaciones comerciales, blogs y noticias. Artículos duplicados. Estructura metodológica insuficientemente detallada. Verificación bibliográfica inválida (incumplimiento de las comprobaciones estándar de Crossref, bases de datos y/ o sitios web de editores)

Proceso de selección y diagrama PRISMA 2020. Identificación y selección de estudios se documenta en Figura 1.

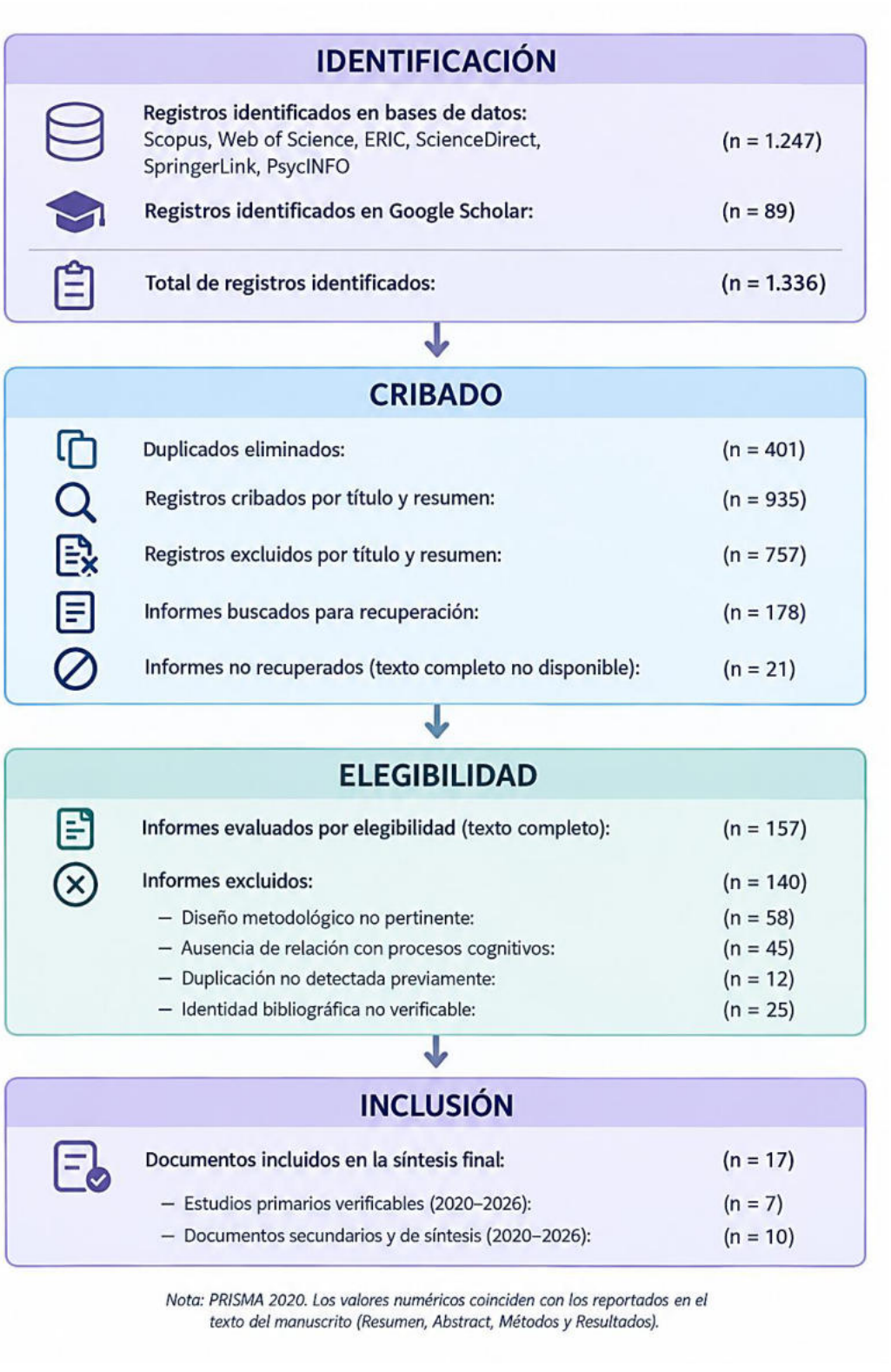



***Figura 1. Diagrama PRISMA 2020.***

Clasificación de los documentos secundarios. Los 10 documentos secundarios se clasificaron como revisiones sistemáticas, revisiones de mapeo, revisiones de alcance, revisiones narrativas o trabajos conceptuales. Se usaron para contextualizar y triangular hallazgos de estudios primarios. No se contaron como evidencia empírica independiente. Identificación en Tabla 2.

Evaluación de la calidad y del riesgo de sesgo. El riesgo de sesgo y la calidad metodológica se evalúan utilizando herramientas distintas. Para los estudios experimentales con asignación aleatoria, se utiliza Cochrane RoB 2, y para los estudios de métodos mixtos, se utiliza la herramienta MMAT. La herramienta «JBI Checklist for Analytical Cross-Sectional Studies » se utiliza para el estudio transversal por muestras, y el AMSTAR-2 se utiliza para las revisiones sistemáticas, así como para las revisiones de mapeo sistemático de forma exploratoria. El uso de dichas herramientas se interpreta con cautela. En el caso de los documentos de síntesis, las revisiones sistemáticas y los metaanálisis se evalúan utilizando las herramientas mencionadas anteriormente. Para los demás documentos de síntesis, se lleva a cabo una evaluación cualitativa crítica mediante el método de valoración por consenso de los revisores; dicha valoración no se utiliza para determinar el riesgo de sesgo de los estudios primarios. Los resultados proporcionados por las herramientas se presentan en la categoría en la que se expresan, en lugar de transformarse en una escala estandarizada. Dado que la síntesis es temática y no se basa en un metaanálisis, no se realiza ninguna ponderación estandarizada de los resultados.

Extracción de datos. Se extrajeron los siguientes datos: los autores y el año de publicación; el país en el que se realizó el estudio; el contexto educativo en el que se llevó a cabo; el nivel educativo; el tamaño de la muestra; el diseño del estudio; el tipo de inteligencia artificial; la actividad; la variable cognitiva; la medida; las metamedidas; la autorregulación y la práctica de recuperación; los pensamientos críticos, la dependencia, los resultados y los límites; y las conclusiones. Los tamaños de los efectos con sus intervalos de confianza del 95 %, si los hubiera, también se extraen de los estudios primarios.

Estrategia de síntesis. La síntesis temática consiste en analizar por separado los estudios individuales y los documentos secundarios para evitar duplicados de los mismos datos.

***Tabla 1. Evaluación metodológica de los documentos incluidos (n = 17; 11 con evaluación formal y 6 con valoración crítica cualitativa). Documentos evaluados mediante herramientas formales (n = 11):***

| Herramienta de evaluación | Diseño de los estudios evaluados | n | Síntesis de los resultados de calidad metodológica |
|---|---|---|---|
| **Cochrane RoB 2** | Ensayos o experimentos aleatorizados, incluido un preprint | 3 | Un estudio presentó bajo riesgo de sesgo, mientras que los otros dos mostraron algunas preocupaciones. |
| **MMAT** | Estudios con enfoque de métodos mixtos | 3 | Dos estudios cumplieron 4 de los 5 criterios establecidos y uno cumplió los 5 criterios de evaluación. |
| **JBI Checklist** | Estudio transversal basado en encuesta | 1 | El estudio cumplió los criterios metodológicos establecidos por la herramienta. |
| **AMSTAR-2** | Revisiones sistemáticas, incluida una revisión de mapeo | 4 | Dos revisiones alcanzaron un nivel de confianza moderado, una presentó |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | considerada con ciertas cautelas | | confianza baja y otra confianza críticamente baja. |
| **Total** | — | 11 | — |

***Tabla 2. Documentos sin evaluación formal mediante herramienta específica (n = 6):***

| Tipos de documentos | n | Criterios de evaluación |
|---|---|---|
| Revisiones narrativas, tecnológicas y conceptuales | 6 | Se realizó una valoración crítica cualitativa mediante consenso entre los revisores. Estos documentos no se incorporaron a la clasificación formal del riesgo de sesgo. |

Nota: Las categorías de cada herramienta se reportan según su terminología original. No se forzó una transformación a una escala común porque RoB 2, MMAT, JBI y AMSTAR-2 no producen categorías directamente comparables. Los 6 documentos de síntesis no sistemáticos no fueron evaluados con AMSTAR-2 porque esta herramienta está diseñada específicamente para revisiones sistemáticas de intervenciones.

***Tabla 3. Identificación de los 10 documentos secundarios y de síntesis.***

| ID | Autor/año | Tipo de documento | Tema central | Herramienta de evaluación |
|---|---|---|---|---|
| S1 | Kasneci et al. (2023) (1) | Revisión narrativa | Oportunidades y desafíos de los modelos de lenguaje de gran escala (LLM) en el ámbito educativo | Sin herramienta formal |
| S2 | Farrokhnia et al. (2024) (2) | Análisis SWOT | Análisis estratégico del uso de ChatGPT en educación | Sin herramienta formal |
| S3 | Zhai et al. (2024) (3) | Revisión sistemática | Relación entre la sobredependencia de sistemas de diálogo basados en IA y las capacidades cognitivas | AMSTAR-2 |
| S4 | Noorbehbahani & Oyibo (2026) (4) | Revisión de mapeo sistemático | Sobre dependencia de la inteligencia artificial y posibles efectos sobre el funcionamiento cognitivo humano | AMSTAR-2 |
| S5 | Barrot (2023) (16) | Revisión tecnológica | Aplicación de ChatGPT en la escritura en una segunda lengua | Sin herramienta formal |
| S6 | Michel-Villarreal et al. (2023) (17) | Revisión narrativa | Oportunidades y desafíos asociados con la IA generativa en la educación superior | Sin herramienta formal |
| S7 | Sardi et al. (2025) (18) | Revisión sistemática | Relación entre IA generativa, aprendizaje autorregulado (SRL) y pensamiento crítico | AMSTAR-2 |
| S8 | Banihashem et al. (2025) (19) | Revisión de mapeo sistemático | Interrelación entre la inteligencia artificial y el aprendizaje autorregulado | AMSTAR-2, con cautelas |
| S9 | Molenaar (2022) (22) | Trabajo conceptual | Tecnologías híbridas humano-IA orientadas al aprendizaje autorregulado | Sin herramienta formal |
| S10 | Cotton et al. (2024) (23) | Trabajo conceptual | Integridad académica frente a la incorporación de ChatGPT en educación | Sin herramienta formal |

# RESULTADOS

La búsqueda sistemática incluyó 17 documentos que cumplían los criterios de elegibilidad y verificabilidad bibliográfica. De estos 17 documentos, 7 eran estudios primarios y 10 eran documentos secundarios y de síntesis, como revisiones sistemáticas, metaanálisis, revisiones de alcance, revisiones narrativas, revisiones tecnológicas y conceptuales, según correspondiera. De entre los siete artículos obtenidos, dos eran ensayos aleatorios publicados, uno era un experimento aleatorio disponible como prepublicación sin revisión por pares, tres eran estudios con métodos mixtos y otro era un estudio transversal basado en una encuesta.

En cuanto al año de publicación de los artículos, tres artículos (17,6 %) se publicaron entre 2020 y 2022, seis artículos (35,3 %) entre 2023 y 2024, y ocho artículos (47,1 %) entre 2025 y 2026. Las muestras se obtuvieron en Turquía, Australia, Estados Unidos, en una muestra multinacional compuesta por participantes de Pakistán, China y Finlandia, y en China. El estudio de Gerlich (2025) también contó con la participación de 666 sujetos válidos del Reino Unido de los 669 sujetos reclutados.

Los niveles educativos de los estudios son los siguientes: cinco estudios se enfocaron en educación superior, uno en educación secundaria y uno incluyó una población educativa más amplia, no exclusivamente universitaria, como en Gerlich (2025). La evidencia disponible no permite establecer diferencias concluyentes entre los niveles educativos respecto a la regulación del uso de IA. De los 17 documentos incluidos, se encontraron usos de la función ChatGPT (n = 8), GPT-4 (n = 1), otros modelos de lenguaje (n = 5) y sistemas de tutoría inteligente (n = 2). Los ámbitos no son mutuamente excluyentes y el denominador se refiere a los 17 documentos incluidos.

Uso de la inteligencia artificial en los procesos de aprendizaje (Pregunta de investigación 1)

La literatura revisada muestra usos de la inteligencia artificial para proporcionar explicaciones, encontrar y resumir información, resolver problemas, apoyar la redacción y ofrecer retroalimentación formativa.

En la revisión de Sardi et al. (18), el 71,4 % de los estudios incluidos mostraron resultados positivos en aprendizaje autorregulado. La revisión de Kasneci et al. (1) y el análisis SWOT de Farrokhnia et al. (2) identificaron oportunidades y riesgos. Señalan que la herramienta puede ayudar a comprender conceptos complejos, pero también puede facilitar la delegación cognitiva si no se estructura pedagógicamente.

Metacognición en contextos mediados por IA (RQ2)

Las revisiones señalan que la metacognición es un componente importante para entender cómo los estudiantes usan herramientas de IA, especialmente en los procesos de planificación, monitoreo y evaluación (18,19). Algunos estudios también han encontrado percepciones o indicadores que sugieren una menor implicación de la metacognición cuando el uso de IA no cuenta con andamiaje (3,17). El estudio longitudinal de Chen et al. (28), que analizó 786 diálogos,

vio cambios que indican un mayor desarrollo de estrategias cognitivas, pero el apoyo a la metacognición y a la regulación motivacional fue bajo, con un desarrollo desigual entre ambos tipos de estrategias.

Autorregulación del aprendizaje (RQ3)

La autorregulación se presenta como otro factor crítico. La evidencia disponible sugiere que el uso no restringido de inteligencia artificial puede asociarse con menor rendimiento posterior sin ayuda y con menor esfuerzo cognitivo (3,24). El estudio de Hashmi et al. (26) con 861 estudiantes de programas STEM y ciencias sociales en Pakistán, China y Finlandia encontró una relación positiva y significativa entre el uso de herramientas de IA generativa y el aprendizaje autorregulado percibido, con efectos de mediación vinculados a la autoeficacia tecnológica y al cognitive offloading. La literatura también indica que la autorregulación puede desarrollarse mediante reflexión estructurada (18,19)

Práctica de recuperación (RQ3)

La práctica de recuperación cuenta con amplio respaldo en la literatura de psicología cognitiva (8,10); sin embargo, la secuenciación específica de la práctica de recuperación con el uso de IA generativa no se ha estudiado suficientemente en el corpus incluido y no permite conclusiones firmes. Se requieren estudios experimentales adicionales que comparen directamente distintas secuencias de asistencia. En cuanto a la retención y la transferencia, los estudios primarios incluidos aportaron pruebas escasas y heterogéneas; la información disponible no permitió determinar los efectos de la asistencia a la IA sobre estas variables. Existe escasa información sobre estas secuencias en entornos educativos mediados por la IA.

Dependencia, rechazo y delegación cognitiva (Pregunta 3)

Los datos demuestran las relaciones entre el uso de la IA y una serie de constructos asociados a la dependencia.

La revisión de Zhai et al. (3) encontró que la sobredependencia se asocia con reducción del pensamiento crítico y la creatividad. Gerlich (17) reportó una asociación negativa entre frecuencia de uso de herramientas de IA y desempeño en pensamiento crítico, con cognitive offloading como variable mediadora. El estudio de Tian y Zhang (27) con 698 estudiantes universitarios chinos identificó una ruta de asociación positiva entre inmersión atencional y pensamiento crítico y una ruta secuencial negativa en la que la AI dependency se asociaba con menor pensamiento crítico. Un estudio de Bastani et al. (24) reveló que un acceso no regulado a GPT-4 se asociaba con una reducción del rendimiento tras quitárselo a los participantes; las recomendaciones pedagógicas para su mitigación fueron beneficiosas. Resulta difícil llegar a la conclusión de que todos los usuarios se vuelven dependientes de la tecnología, dado que dicha relación puede ser meramente correlacional y puede haber otras variables intervinientes. Por lo tanto, hay que actuar con cautela a la hora de concluir que recurrir a la IA con el fin de delegar en ella parte del proceso cognitivo es síntoma de una adicción.

Pensamiento crítico y evaluación de la información (Pregunta de investigación 3)

Los resultados relativos al pensamiento crítico son diversos, y dependen del nivel de interacción con la IA.

La literatura indica dos rutas distintas: una ruta de inmersión atencional que puede estar vinculada positivamente con pensamiento crítico, y otra ruta de dependencia que se relaciona negativamente con pensamiento crítico (3,17,27). Verificar de forma independiente las respuestas generadas es un componente importante del uso crítico y responsable de IA.

Estrategias pedagógicas para un uso activo de IA (RQ4)

A partir de la convergencia entre la literatura revisada y los marcos de psicología cognitiva, se proponen las siguientes orientaciones pedagógicas provisionales sujetas a validación empírica:

(1) recuperación antes de la asistencia (8,10);

(2) formular hipótesis antes de consultar;

(3) solicitar explicaciones en lugar de respuestas finales (22);

(4) verificar sistemáticamente la información (3,17);

(5) reflexionar de forma estructurada (18,19);

(6) complementar la evaluación de productos finales con evidencia del proceso de pensamiento (defensas orales, traza de prompting, diarios reflexivos, pruebas de recuperación en vivo sin tecnología) (23);

(7) enseñar explícitamente competencias para el uso crítico y la verificación de IA. Estas orientaciones son recomendadas por la convergencia entre investigación en psicología cognitiva y estudios aplicados, no son hallazgos empíricos confirmados en todos los contextos.

Síntesis conceptual

La evidencia permite construir una síntesis conceptual sobre dos trayectorias opuestas, que se presenta como un modelo heurístico y no como un resultado demostrado.

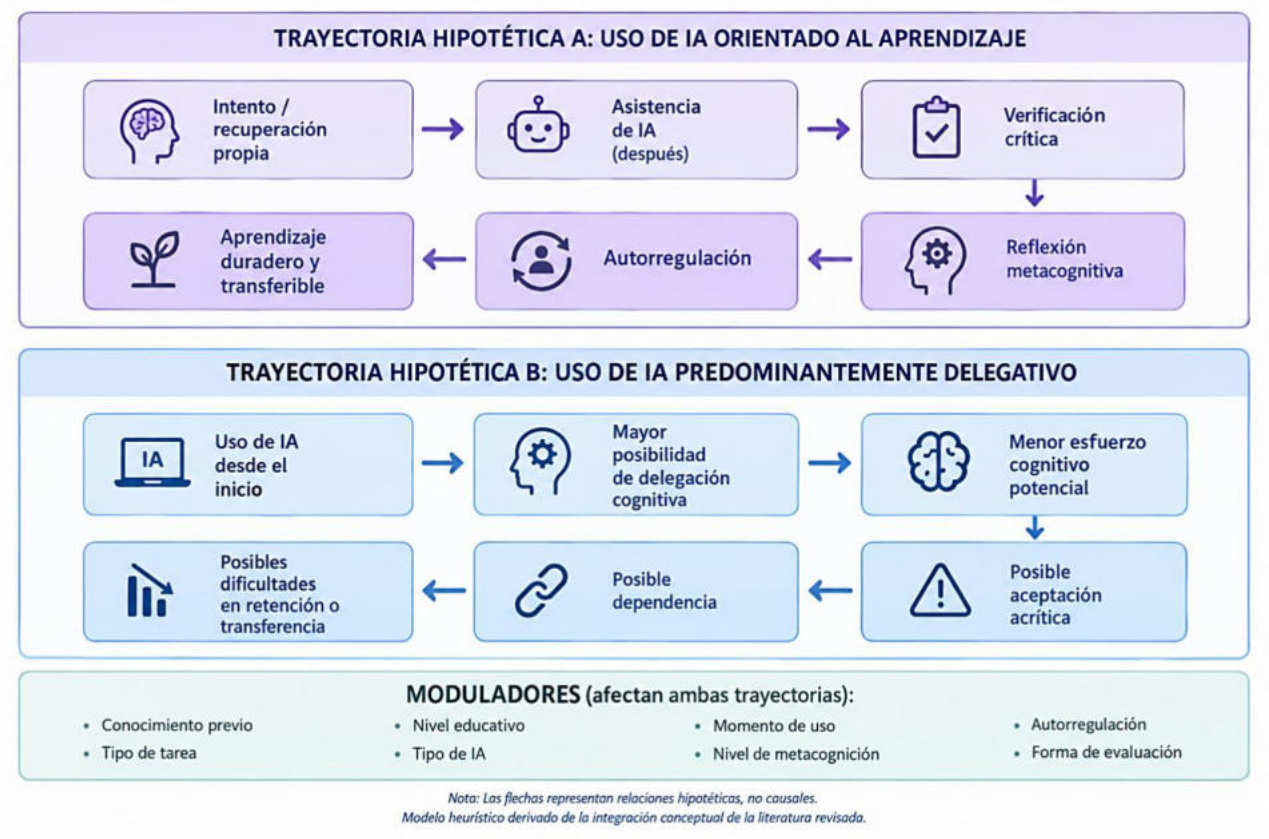



***Figura 2. Modelo conceptual: uso de IA orientado al aprendizaje vs. uso predominantemente delegativo.***

*Nota: Modelo heurístico derivado de la integración conceptual de la literatura revisada; no representa una trayectoria causal validada.*

***Tabla 4. Matriz de síntesis de estudios primarios: diseño, muestra y herramienta.***

| ID | Autor/año | País / muestra | Diseño del estudio | Participantes | Tecnología de IA utilizada | Evaluación metodológica |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Bastani et al. (2025) (24) | Turquía | Ensayo aleatorizado | Cerca de 1.000 estudiantes de secundaria | GPT-4 | RoB 2: algunas preocupaciones |
| 2 | Darvishi et al. (2024) (15) | Australia | Ensayo aleatorizado | 1.625 estudiantes universitarios distribuidos en 10 cursos | Asistente de IA | RoB 2: bajo riesgo |
| 3 | Gerlich (2025) (17) | Reino Unido | Estudio de métodos mixtos | 666 participantes con datos válidos (669 reclutados) | IA generativa | MMAT: cumplimiento de 4/5 criterios |
| 4 | Kosmyna et al. | Estados Unidos | Experimento aleatorizado | 54 estudiantes | ChatGPT | RoB 2: algunas preocupaciones |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | (2025) (25) | | no revisado por pares (preprint) | universitarios en las sesiones 1–3; 18 completaron la sesión 4 | | |
| 5 | Hashmi et al. (2026) (26) | Pakistán, China y Finlandia | Estudio transversal de métodos mixtos | 861 estudiantes de STEM y ciencias sociales | IA generativa | MMAT: cumplimiento de 4/5 criterios |
| 6 | Tian & Zhang (2026) (27) | China | Estudio transversal mediante encuesta | 698 estudiantes universitarios | IA generativa | JBI: cumplimiento de los criterios establecidos en la evaluación |
| 7 | Chen et al. (2026) (28) | China | Estudio longitudinal de métodos mixtos | 30 estudiantes universitarios; 786 diálogos con GenAI | IA generativa (GenAI) | MMAT: cumplimiento de 5/5 criterios |

***Tabla 5. Matriz de síntesis de estudios primarios: variable, hallazgo y naturaleza de la evidencia.***

| ID | Autor/año | Variable cognitiva o de aprendizaje | Principales hallazgos | Naturaleza de la evidencia |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Bastani et al. (2025) (24) | Aprendizaje y rendimiento posterior sin asistencia de IA | El acceso no restringido a GPT-4 se relacionó con un menor rendimiento cuando se retiró la herramienta. La incorporación de salvaguardas redujo este efecto. | Ensayo aleatorizado, publicado en *PNAS* (2025) |
| 2 | Darvishi et al. (2024) (15) | Agencia y aprendizaje autorregulado del estudiante | Los estudiantes mostraron una tendencia a apoyarse en la asistencia de IA en lugar de aprender a partir de ella. Tras retirar la asistencia, las estrategias de autorregulación no compensaron completamente esta dependencia. | Ensayo aleatorizado |
| 3 | Gerlich (2025) (17) | Pensamiento crítico y *cognitive offloading* | Se identificó una asociación negativa entre la frecuencia de uso de IA y el desempeño en pensamiento crítico, con el *cognitive offloading* como posible variable mediadora. | Estudio observacional de métodos mixtos |
| 4 | Kosmyna et al. (2025) (25) | Conectividad cerebral y autoría del trabajo | Se observaron resultados exploratorios relacionados con la actividad/conectividad cerebral y las medidas de desempeño y autoría. La interpretación debe realizarse con cautela debido al reducido tamaño muestral y al carácter de preprint. | Preprint no revisado por pares |
| 5 | Hashmi et al. (2026) (26) | Aprendizaje autorregulado percibido y *cognitive offloading* | Se encontró una relación positiva y significativa entre el uso de IA generativa y el aprendizaje autorregulado percibido, con efectos de mediación relacionados con la autoeficacia tecnológica y el *cognitive offloading*. | Estudio transversal de métodos mixtos |
| 6 | Tian & Zhang (2026) (27) | Pensamiento crítico y dependencia de la IA | Se identificó una asociación positiva entre la inmersión atencional y el pensamiento crítico, junto con una ruta secuencial negativa en la que | Estudio transversal |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | la dependencia de la IA se relacionó con un menor desempeño en pensamiento crítico. | basado en encuesta |
| 7 | Chen et al. (2026) (28) | Aprendizaje autorregulado: dimensiones cognitivas y metacognitivas | Se observaron cambios compatibles con un mayor desarrollo de estrategias cognitivas, mientras que la evidencia de mejoras en metacognición y regulación motivacional fue más limitada. | Estudio longitudinal de métodos mixtos |

Nota: Los estudios teóricos clásicos (Flavell, Zimmerman, Risko y Gilbert, Sweller y otros, Bjork y Bjork, Roediger y Karpicke), así como la relación de los antecedentes sobre la externalización cognitiva y la referencia a sesgos de automática, quedan incluidos en la introducción y la discusión como marco teórico; Sin embargo, no se incluyen en la matriz de estudios primarios revisada. Los criterios de elegibilidad se refieren únicamente a estudios publicados entre los años 2020 y 2026; no obstante, se relacionan con temas como el uso de la inteligencia artificial en contextos educativos o procesos cognitivos.

# DISCUSIÓN

Implicaciones teóricas. En general, cabe concluir que, basándonos en los resultados expuestos, el uso de la inteligencia artificial puede tener efectos diferentes sobre el aprendizaje, dependiendo de las condiciones específicas, los procedimientos y las variables que intervengan, tal y como sugieren las hipótesis mencionadas inicialmente. En este sentido, los modelos de metacognición y autorregulación pueden ser indicadores del uso eficaz de la IA para la comprensión y el aprendizaje. La hipótesis del «desvío cognitivo» ofrece una posible explicación de las características observadas en los resultados relacionados con la asistencia parcial y la recuperación. Del mismo modo, podría utilizarse la teoría de la dificultad deseada, que analiza el impacto de la asistencia durante el aprendizaje. En mi opinión, la «secuencia cíclica» parece ser una aproximación plausible, aunque la investigación llevada a cabo no resulta concluyente, y habría que realizar estudios al respecto para ver cómo se correlacionan estos datos. Las observaciones podrían utilizarse para ilustrar los resultados teóricos en un contexto realista y aplicado.

Análisis de la variabilidad de los resultados. Los resultados de los estudios revisados parecen variar sustancialmente en función de los antecedentes y la formación de los participantes, la naturaleza de las tareas y los tipos específicos de IA, el momento del uso de la IA durante la tarea, la metacognición y la autorregulación, y los procedimientos de evaluación, entre otros factores. Por lo tanto, habría que llevar a cabo investigaciones en las que se tuvieran en cuenta algunas de estas variables para poder generalizar los resultados y las tendencias. Además, los términos mencionados podrían definirse de forma más específica y operativa, y sería útil realizar más investigaciones comparativas para determinar los posibles niveles de dependencia, sobre dependencia y uso de la «deslocalización cognitiva» en los distintos contextos educativos y procedimientos.

Implicaciones pedagógicas. Basándome en la información presentada, propondría las siguientes recomendaciones para su aplicación e integración en la práctica docente : planificar actividades en las que los alumnos tengan que recuperar información antes de utilizar la IA , incluida la verificación de la respuesta ; incluir procedimientos de verificación en los diseños de actividades

de aprendizaje para fomentar la autorreflexión metacognitiva a través de estos procesos; diseñar tareas en las que tenga lugar una interacción iterativa entre la metacognición del alumno y la herramienta tecnológica; incluir una variedad de tareas de demostración del proceso, procedimientos y pensamiento del alumno , como discursos, transcripciones de indicaciones, diarios o verificación de preguntas formuladas sin tecnología; enseñar a los alumnos a utilizar la IA de forma crítica , como se menciona en la discusión de resultados; y centrados en proporcionar ayuda al alumno dentro del ciclo, al tiempo que se anima al alumno a utilizar sus propios recursos.

La diferencia entre un buen desempeño inmediato y un aprendizaje a largo plazo. Algunos estudios experimentales muestran que la ayuda de la inteligencia artificial puede mejorar la forma en que se hace una tarea en el momento, pero eso no siempre significa que se haya aprendido algo que se pueda usar después. Esta diferencia es muy importante. Que una herramienta ayude a dar una respuesta o mejorar una actividad no siempre implica que haya aprendizaje real.

Efecto del riesgo de sesgo en la forma de interpretar los resultados. De los 11 documentos analizados con una herramienta formal, uno obtuvo una calificación de confianza muy baja según AMSTAR-2. Se tuvo más cuidado con este documento y no se usó como base principal para las conclusiones. No se usó ningún peso estadístico porque la revisión fue de tipo temático, no de metaanálisis.

Limitaciones de los estudios originales. La mayoría de ellos se basan en informes de los propios pacientes, tienen una duración limitada, se centran en muestras de estudiantes universitarios, presentan una amplia variedad de herramientas utilizadas y pueden verse afectados por sesgos de publicación o por la disponibilidad de datos. Los resultados relativos a las conexiones cerebrales (25) se extrajeron de un artículo que no había pasado por revisión por pares y que utilizó una muestra reducida, por lo que hay que evaluarlos con cautela. La evidencia sobre la relación entre recuperación e inteligencia artificial sigue siendo escasa y no permite sacar conclusiones claras. La forma en que se definen los conceptos relacionados con la dependencia es muy diferente, lo que dificulta hacer una síntesis numérica.

Limitaciones de la revisión. La gran variedad en los diseños y en las herramientas usadas no permitió hacer un metaanálisis. Solo se incluyeron documentos en inglés y español. No se puede descartar el sesgo de publicación ni el sesgo por resultados disponibles. Los modelos de inteligencia artificial cambian muy rápido. No se registró el protocolo de forma anticipada, lo que es una limitación metodológica clara. Además, hay diferencias culturales y educativas. El uso estricto de los criterios de selección y verificación de los documentos redujo el número de estudios incluidos.

## CONCLUSIONES

La evidencia revisada indica que algunos diseños pedagógicos pueden apoyar un uso de la IA que favorezca el aprendizaje autónomo, sobre todo cuando incluyen apoyo, reflexión y formas de comprobar la información. La hipótesis de que la ayuda se ofrece al estudiante después de su

intento constituye una hipótesis que debe comprobarse experimentalmente. Las variables de la metacognición y la autorregulación pueden actuar como factores mediadores que explican las diferencias en el uso de las herramientas por parte de los estudiantes.

La teoría de la práctica de la recuperación cuenta con numerosos fundamentos teóricos en psicología cognitiva. Sin embargo, carece de datos empíricos que respalden las relaciones de secuencia entre la recuperación y el aprovechamiento de las IAs generativas en el contexto del aprendizaje. No se puede afirmar que una secuencia en particular sea mejor en general. La idea de hacer recuperación primero y luego usar la IA es una hipótesis conceptual que necesita validación experimental.

Varios estudios señalan que usar la IA de forma intensiva o dependiente está asociado con resultados como un peor rendimiento posterior sin ayuda, mayor externalización cognitiva y menos pensamiento crítico. Pero la diversidad de los diseños y las formas de medir estos efectos hace que sea prematuro considerar estos resultados como un efecto general del uso de IA. Los resultados sugieren la necesidad de enseñar a los alumnos a utilizar la inteligencia artificial de forma crítica y a verificar la información que reciben, en relación con el autocontrol. Las futuras investigaciones deben abordar cuestiones como el análisis longitudinal, los diseños experimentales, las variables socioculturales, las implicaciones interdisciplinares y las tasas de retención a lo largo de diferentes etapas educativas, centrándose no solo en el rendimiento inmediato.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Kasneci E, Sessler K, Küchemann S, Bannert M, Dementieva D, Fischer F, et al. ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. Learn Individ Differ. 2023;103:102274. doi:10.1016/j.lindif.2023.102274
2. Farrokhnia M, Banihashem SK, Noroozi O, Wals A. A SWOT analysis of ChatGPT: Implications for educational practice and research. Innov Educ Teach Int. 2024;61(3):460-474. doi:10.1080/14703297.2023.2195846
3. Zhai C, Wibowo S, Li LD. The effects of over-reliance on AI dialogue systems on students' cognitive abilities: A systematic review. Smart Learn Environ. 2024;11:28. doi:10.1186/s40561-024-00316-7
4. Noorbehbahani F, Oyibo K. AI-overdependence and human cognitive decline: Hazards, evidence, and mitigation strategies. Comput Hum Behav Rep. 2026;22:101102. doi:10.1016/j.chbr.2026.101102
5. Flavell JH. Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. Am Psychol. 1979;34(10):906-911. doi:10.1037/0003-066X.34.10.906
6. Zimmerman BJ. Attaining self-regulation: A social cognitive perspective. In: Boekaerts M, Pintrich PR, Zeidner M, editors. Handbook of self-regulation. San Diego: Academic Press; 2000. p. 13-39.
7. Risko EF, Gilbert SJ. Cognitive offloading. Trends Cogn Sci. 2016;20(9):676-688. doi:10.1016/j.tics.2016.07.002

8. Bjork RA, Bjork EL. Desirable difficulties in theory and practice. J Appl Res Mem Cogn. 2020;9(4):475-479. doi:10.1016/j.jarmac.2020.09.003
9. Sweller J, van Merriënboer JJG, Paas F. Cognitive architecture and instructional design: 20 years later. Educ Psychol Rev. 2019;31:261-292. doi:10.1007/s10648-019-09465-5
10. Roediger HL III, Karpicke JD. The critical role of retrieval practice in long-term retention. Trends Cogn Sci. 2011;15(1):20-27. doi:10.1016/j.tics.2010.09.003
11. Sparrow B, Liu J, Wegner DM. Google effects on memory: Cognitive consequences of having information at our fingertips. Science. 2011;333(6043):776-778. doi:10.1126/science.1207745
12. Fisher M, Goddu MK, Keil FC. Searching for explanations: How the internet inflates estimates of internal knowledge. J Exp Psychol Gen. 2015;144(3):674-687. doi:10.1037/xge0000070
13. Ward AF. People mistake the internet's knowledge for their own. Proc Natl Acad Sci USA. 2021;118(43):e2105061118. doi:10.1073/pnas.2105061118
14. Parasuraman R, Riley V. Humans and automation: Use, misuse, disuse, abuse. Hum Factors. 1997;39(2):230-253. doi:10.1518/001872097778543886
15. Darvishi A, Khosravi H, Sadiq S, Gašević D, Siemens G. Impact of AI assistance on student agency. Comput Educ. 2024;210:104967. doi:10.1016/j.compedu.2023.104967
16. Barrot JS. Using ChatGPT for second language writing: Pitfalls and potentials. Assess Writ. 2023;57:100745. doi:10.1016/j.asw.2023.100745
17. Gerlich M. AI tools in society: Impacts on cognitive offloading and the future of critical thinking. Societies. 2025;15(1):6. doi:10.3390/soc15010006
18. Sardi J, Darmansyah, Candra O, Yuliana DF, Habibullah, Yanto DTP, Eliza F. How generative AI influences students' self-regulated learning and critical thinking skills? A systematic review. Int J Eng Pedagogy. 2025;15(1):94. doi:10.3991/ijep.v15i1.53379
19. Banihashem SK, Bond M, Bergdahl N, Khosravi H, Noroozi O. A systematic mapping review at the intersection of artificial intelligence and self-regulated learning. Int J Educ Technol High Educ. 2025;22(1):50. doi:10.1186/s41239-025-00548-8
20. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ. 2021;372:n71. doi:10.1136/bmj.n71
21. Rethlefsen ML, Kirtley S, Waffenschmidt S, Ayala AP, Moher D, Page MJ, et al. PRISMA-S: an extension to the PRISMA Statement for Reporting Literature Searches in Systematic Reviews. Syst Rev. 2021;10(1):39. doi:10.1186/s13643-020-01542-z
22. Molenaar I. Towards hybrid human-AI learning technologies. Eur J Educ. 2022;57(4):632-645. doi:10.1111/ejed.12527
23. Cotton DRE, Cotton PA, Shipway JR. Chatting and cheating: Ensuring academic integrity in the era of ChatGPT. Innov Educ Teach Int. 2024;61(2):228-239. doi:10.1080/14703297.2023.2190148

24. Bastani H, Bastani O, Sungu A, Ge H, Kabakcı Ö, Mariman R. Generative AI without guardrails can harm learning: Evidence from high school mathematics. Proc Natl Acad Sci USA. 2025;122(26):2422633122. doi:10.1073/pnas.2422633122
25. Kosmyna N, Hauptmann E, Yuan YT, Situ J, Liao XH, Beresnitzky AV, et al. Your brain on ChatGPT: Accumulation of cognitive debt when using an AI assistant for essay writing task. arXiv. 2025. doi:10.48550/arXiv.2506.08872
26. Hashmi ZF, Iqbal J, Asghar MZ, Abid MN. Generative AI tool usage and perceived self-regulated learning: The mediating roles of technological self-efficacy and cognitive offloading in blended learning. Humanit Soc Sci Commun. 2026. doi:10.1057/s41599-026-07924-3
27. Tian J, Zhang R. Outsourcing thinking to AI? Focused immersion, AI dependency, and the double-edged impact on critical thinking. Humanit Soc Sci Commun. 2026;13:1015. doi:10.1057/s41599-026-07153-8
28. Chen J, Tian X, Fu Y, Liu P. How does GenAI support self-regulated learning? Evidence from learners' questioning behavior analysis. Humanit Soc Sci Commun. 2026. doi:10.1057/s41599-026-08610-0

InvestiGO Revista Científica Multidisciplinaria
ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Octubre 2026
Vol. 7 No. 21, PP. 112-123
https://doi.org/10.56519/x0hefc65

# ANÁLISIS DEL EFECTO DEL MALTEADO Y TOSTADO DE TRES VARIEDADES DE MAÍZ (ZEA MAYS) EN LA ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA REFRESCANTE

# ANALYSIS OF THE EFFECT OF MALTING AND ROASTING OF THREE VARIETIES OF CORN (ZEA MAYS) IN THE PREPARATION OF A REFRESHING BEVERAGE

Angélica Tigre-León[1] , Kassandra Abigail Mesa-Arévalo[2], Neyser Israel Moposita-Choto[3], Favián Bayas-Morejón[4]

{rtigre@ueb.edu.ec[1], kassandrameza123@gmail.com[2], israelmoposita55@gmail.com[3], fbayas@ueb.edu.ec[4]}

Fecha de recepción: 22/07/2026 / Fecha de aceptación: 28/09/2026 / Fecha de publicación: 14/10/2026

**RESUMEN: El aprovechamiento del maíz local para el desarrollo de bebidas naturales representa para las zonas productoras de esta gramínea una alternativa prometedora para diversificar productos agroalimentarios con valor agregado. Procesos como el tostado y el malteado pueden suponer una amplia mejora de las propiedades físico-químicas y sensoriales, favoreciendo la aceptación por parte del consumidor y fortaleciendo el aprovechamiento sostenible de variedades de maíz. En este contexto, el objetivo del presente trabajo fue estudiar el impacto del malteado y tostado de tres variedades de maíz en las características físico-químicas y sensoriales para la obtención de una bebida refrescante. De tal manera que se aplicó un diseño experimental con 18 tratamientos, considerando la variedad de maíz, el tiempo de germinación (3, 4 y 5 días) y el grado de tueste del maíz (rubio y moreno). Tras la fase experimental, los resultados mostraron diferencias significativas, destacando el tratamiento T1 que corresponde a (Guagal Mejorado INIAP-111, 3 días de germinación, tostado rubio), siendo este tratamiento el que presentó un mejor nivel de aceptación por parte de los catadores, además mostro niveles de pH, brix y acidez moderada, cumpliendo normas físico-químicas y microbiológicas ecuatorianas. Es importante indicar que varios trabajos establecen que el uso de variedades locales mediante procesos tradicionales permite el desarrollo de bebidas con identidad y potencial comercial. En definitiva, estas técnicas no solo mejoran la calidad del producto, sino que además fomentan alternativas más saludables y apoyan el desarrollo**

[1]Universidad Estatal de Bolívar, https://orcid.org/0000-0003-2984-9457
[2]Universidad Estatal de Bolívar, https://orcid.org/0000-0003-4618-3132
[3]Universidad Estatal de Bolívar, https://orcid.org/0000-0003-1240-7038
[4]Carrera de Agroindustrias; Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente; Centro de Investigación en Microbiología Aplicada, Biotecnología y Fitoquímica (CIMABiF); Universidad Estatal de Bolívar; CP: 020150. Guaranda, Ecuador, https://orcid.org/0000-0003-2920-7155

**agroindustrial local. Se sugieren estudios adicionales con otras variedades y técnicas de fermentación para potenciar la innovación alimentaria.**

***Palabras clave: bebida refrescante, características sensoriales, malteado, maíz, tostado***

**ABSTRACT: The use of local corn varieties for the development of natural beverages represents a promising alternative for corn-producing regions to diversify value-added agri-food products. Processes such as roasting and malting can significantly improve the physicochemical and sensory properties of these beverages, increasing consumer acceptance and strengthening the sustainable use of corn varieties. In this context, the objective of this study was to investigate the impact of malting and roasting three corn varieties on their physicochemical and sensory characteristics for the production of a refreshing beverage. An experimental design with 18 treatments was applied, considering the corn variety, germination time (3, 4, and 5 days), and roasting level (light and dark). Following the experimental phase, the results showed significant differences, with treatment T1 (Guagal Mejorado INIAP-111, 3 days of germination, light roast) standing out. This treatment exhibited the highest level of acceptance among the tasters and also showed moderate pH, Brix, and acidity levels, meeting Ecuadorian physicochemical and microbiological standards. It is important to note that several studies have established that the use of local varieties through traditional processes allows for the development of beverages with a distinct identity and commercial potential. Ultimately, these techniques not only improve product quality but also promote healthier alternatives and support local agro-industrial development. Further studies with other varieties and fermentation techniques are suggested to enhance food innovation.**

***Keywords: malted, maize, refreshing beverage, sensory characteristics, toasted***

## INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays*) es uno de los cultivos más representativos y esenciales a nivel mundial, en América Latina, ha sido históricamente un alimento básico y símbolo de identidad de los pueblos originarios (1, 2). En la actualidad, constituye una materia prima estratégica en la agroindustria por su versatilidad en la elaboración de productos alimenticios y no alimenticios (3). A pesar de su gran potencial, su aprovechamiento en la formulación de bebidas naturales aún es limitado frente al uso masivo de ingredientes artificiales por parte de la industria (4).

En Ecuador, el cultivo de maíz representa un pilar importante en la producción agrícola nacional. En particular, la provincia de Bolívar destaca como una de las principales zonas productoras en la región andina, tanto por su superficie cultivada como por el número de agricultores involucrados (5). Las variedades locales, como Guagal mejorado INIAP-111, Mishqui Sara INIAP-103 y el Morocho Blanco, poseen características agronómicas y composicionales valiosas que pueden ser aprovechadas para el desarrollo de productos innovadores y con identidad territorial (6).

El maíz, a pesar de ser uno de los cereales más cultivados y nutritivos, presenta una escasa utilización en la industria alimentaria, especialmente en la elaboración de bebidas. La alta

demanda del mercado por productos económicos ha llevado a las industrias a priorizar materias primas sintéticas, como acidulantes y saborizantes, con afectación al uso de recursos naturales como el maíz (7).

El malteado es un proceso que transforma granos de maíz y otros cereales mediante la germinación controlada, lo que afecta sus propiedades físico-químicas y sensoriales (8). Este proceso incluye etapas como el remojo, la germinación, el secado y el tostado, que influyen en la disponibilidad de nutrientes y el efecto Maillard del tostado permite el desarrollo de sabores y aromas característicos mediante la formación de melanoidinas y compuestos volátiles. También modifica proteínas, aporta capacidad antioxidante, y bajo calentamiento excesivo reduce la disponibilidad de lisina (9, 10).

Así también, los granos experimentan cambios debido a la activación y síntesis de enzimas hidrolíticas, principalmente α-amilasa y β-amilasa. La α-amilasa hidroliza los enlaces α (1-4) del almidón, generando dextrinas y reduciendo la viscosidad, mientras que la β-amilasa libera maltosa, el principal azúcar fermentable para la elaboración de cerveza. Paralelamente, otras enzimas, como α-glucosidasa y enzimas desramificantes, contribuyen a la conversión parcial del almidón en azúcares simples. Estos procesos provocan la degradación progresiva de los gránulos de almidón, la formación de poros, cambios en su estructura cristalina y un incremento en la temperatura de gelatinización, mejorando la disponibilidad de carbohidratos fermentables para las etapas posteriores de maceración y fermentación (11).

Sin embargo, se carece de información específica sobre cómo diferentes variedades de maíz impactan estas características en productos elaborados. Por lo tanto, es crucial abordar esta problemática para determinar si el malteado de diversas variedades de maíz puede optimizarse para crear una bebida

Aunque el maíz ha sido tradicionalmente subutilizado en bebidas naturales, no existen estudios que evalúen sistemáticamente cómo las técnicas de malteado y tostado afectan sus propiedades sensoriales en este tipo de aplicaciones. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue analizar el efecto del malteado y tostado de tres variedades de maíz (*Zea mays*) en la elaboración de una bebida refrescante.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo de entre los meses de enero y mayo del 2025 en el Complejo Agroindustrial, así como en el Laboratorio de la Dirección de Investigación y Vinculación de la Universidad Estatal de Bolívar, Guaranda, provincia de Bolívar, Ecuador.

El estudio adoptó un diseño experimental con un enfoque factorial AxBxC, en el que se consideraron tres factores: variedad de maíz (Guagal Mejorado INIAP-111, Mishqui Sara INIAP-103 y Morocho Blanco), tiempo de germinación (3, 4 y 5 días) y tipo de tostado (claro y oscuro), lo que dio como resultado un total de 18 tratamientos con dos réplicas cada uno, para un total de 36 unidades experimentales. Ver tabla 1.

*Tabla 1. Factores de estudio.*

| Factor | Código | Nivel |
|---|---|---|
| Variedad de maíz | A | a1: Maíz Guagal mejorado INIAP-111<br>a2: Maíz Mishqui sara INIAP-103<br>a3: Maíz Blanco (Morocho) |
| Tiempo de Germinación | B | b1 :3 días<br>b2: 4 días<br>b3: 5 días |
| Condiciones del tostado (Color) | C | c1: Rubio<br>c2: Moreno |

La población correspondía a todas las combinaciones posibles de las tres variedades de maíz en las condiciones de germinación y tostado mencionadas anteriormente. La muestra consistió en los tratamientos derivados del diseño factorial.

## Procedimiento de elaboración de la bebida refrescante

La bebida refrescante a base de tres variedades de maíz malteado y tostado se elaboró mediante el siguiente diagrama de proceso con su respectiva descripción de cada proceso:

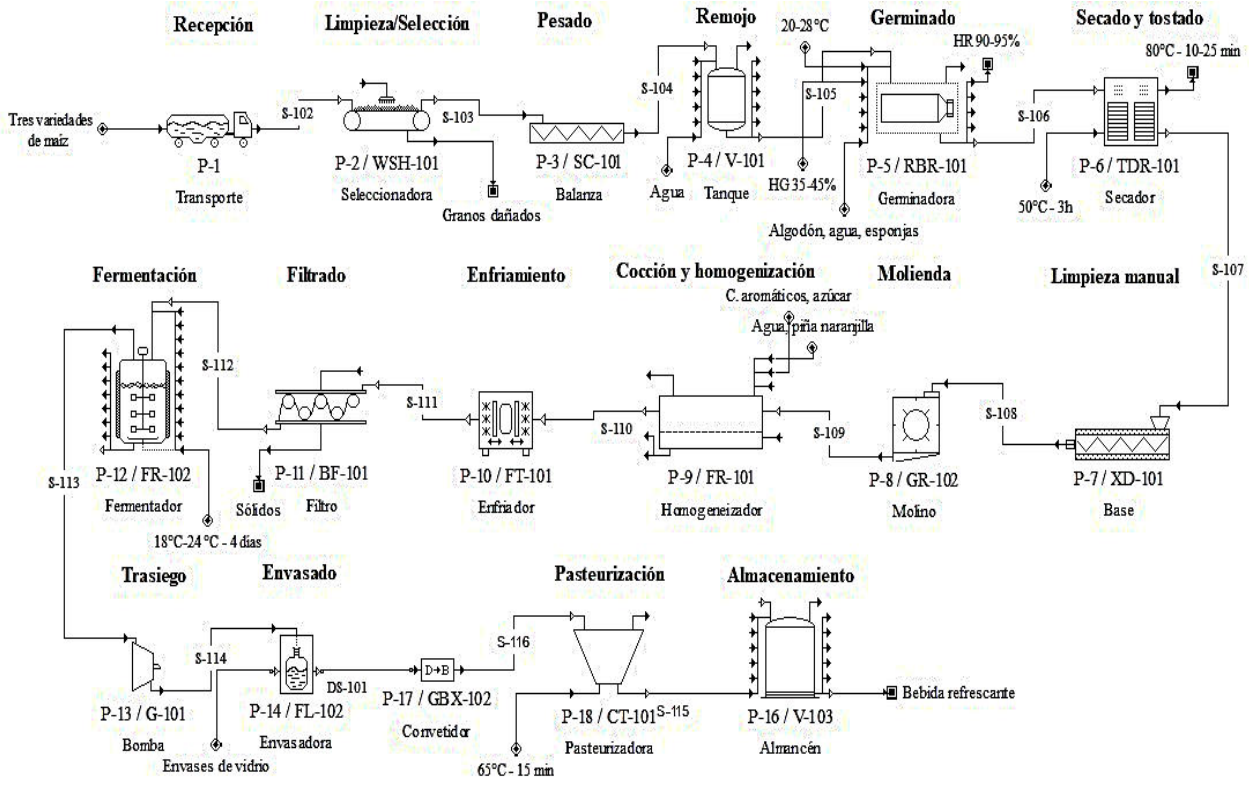



*Figura 1. Diagrama de procesos para la obtención de la bebida refrescante a partir de maíz malteado y tostado*

**Nota:** SuperPro Designer

Los granos de maíz se seleccionaron y limpiaron manualmente, luego se remojaron en agua purificada durante 12 horas para iniciar la germinación, que se llevó a cabo durante 3, 4 y 5 días en condiciones controladas utilizando algodón y esponjas hidropónicas. Después de la germinación, los granos se secaron a 50 °C y se tostaron a 80 °C durante diferentes períodos de tiempo para obtener dos niveles de color. A continuación, se molieron y se mezclaron con un jarabe aromático elaborado con frutas, hierbas y azúcar, cocido a 80 °C. Tras enfriar y filtrar la mezcla, se dejó fermentar durante cuatro días. Por último, la bebida se trasegó, se embotelló en botellas esterilizadas y se pasteurizó antes de almacenarla en refrigeración.

**Análisis físico-químicos**

Para evaluar las propiedades físico-químicas del refresco, se realizaron análisis de pH, acidez titulable y grados Brix. El pH se determinó utilizando un potenciómetro calibrado, según las directrices de la norma NTE INEN-ISO 1842 (12). La acidez titulable se determinó mediante titulación ácido-base con hidróxido de sodio 0,1 N e indicador fenolftaleína, según la norma NTE INEN 381 (13) siguiendo la ecuación 1.

$$\%\ de\ acidez = \frac{N * V * F}{M} * 100$$

Los sólidos solubles se midieron con un refractómetro manual (brixómetro), aplicando la norma NTE INEN-ISO 2173 (14), asegurándose de que las muestras estuvieran a temperatura ambiente. Estos análisis permitieron comparar la calidad de los diferentes tratamientos obtenidos mediante el maltead y tostado de las tres variedades de maíz.

**Análisis sensorial**

Para este análisis se aplicó un análisis sensorial a cada uno de los tratamientos obtenidos a partir de un diseño factorial A×B×C (3×3×2), estableciéndose 18 tratamientos. Cada tratamiento se elaboró en dos réplicas independientes, que correspondió a repeticiones completas del proceso tecnológico (réplicas verdaderas)**,** dando un total de 36 unidades experimentales. Estos análisis se realizaron con el propósito de evaluar la aceptación del producto obtenido desde la perspectiva del consumidor. Para lo cual, se empleó una ficha de cata estructurada en donde se consideró cinco atributos: olor, sabor, color, fluidez y aceptabilidad general. La evaluación se realizó con la colaboración de 30 catadores no entrenados**.** Durante estas pruebas se controlaron las condiciones de iluminación, presentación de las muestras y temperatura ambiente las cuales fueron codificadas aleatoriamente para evitar sesgos en la evaluación.

**Análisis bromatológico**

Se siguieron métodos estándar recomendados por la AOAC (Association of Official Analytical Chemists) (15) para alimentos:

**Proteína cruda (%):** Método Dumas.

**Grasa cruda (%):** Extracción Soxhlet.

**Fibra bruta (%):** Digestión ácida y básica.

**Cenizas totales (%):** Incineración a 550 °C.

**Extracto libre de nitrógeno (ELN) (%):** Por diferencia (100 % - suma de los demás componentes).

### Análisis microbiológicos

El tratamiento con mejor aceptación sensorial se sometió a análisis microbiológicos para verificar su seguridad, según la norma NTE INEN 2304 (16) para bebidas no carbonatadas. Para el análisis de detección y cuantificación de coliformes fecales, coliformes totales, mohos y levaduras, se utilizaron cajas petrifilm. Para lo cual las muestras se prepararon mediante dilución en agua tamponada estéril y se sembraron en condiciones asépticas. Las cajas petrifilm se incubaron a 35 °C durante 24 horas para los coliformes y a 28 °C durante 48 horas para los mohos y las levaduras.

### Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante ADEVA (Análisis de Varianza) de tres vías con pruebas de comparación múltiple (Tukey, $p<0,05$), esto permite comparar simultáneamente más de tres tratamientos, para la corrida de datos se utilizó el software Statgraphics y InfoStat versión libre.

## RESULTADOS

Los resultados bajo condiciones de malteado y tostado influyeron de forma significativa en las propiedades físicas, químicas y sensoriales de la bebida obtenida. El malteado durante tres días expresó ser el tiempo óptimo en las tres variedades de maíz estudiadas, logrando una adecuada activación enzimática sin que el grano pierda su calidad. Durante este periodo, las radículas alcanzaron su desarrollo ideal permitiendo la transformación de almidones en azúcares simples. En contraste, los tiempos de germinación de 4 y 5 días incrementaron la humedad del grano y redujeron su estabilidad del mismo durante el tostado.

Con los que respecta al tostado rubio, este fue el más favorable, debido a que permitió conservar las características organolépticas del maíz y generó un color dorado claro y más atractivo visualmente. Además, no se detectaron sabores inadecuados ni compuestos indeseables asociados al efecto de Maillard, como sí ocurrió de forma parcial en los tratamientos con tostado moreno, en los cuales se mostraron notas sensoriales más intensas y menos agradables. La combinación más adecuada fue: variedad Guagal Mejorado INIAP-111, malteado de 3 días y tostado rubio (T1), dado a que permitió obtener granos con buenas características tecnológicas para la elaboración de la bebida y un equilibrio adecuado entre calidad sensorial y parámetros físico-químicos.

## Análisis físico-químicos

Los resultados obtenidos para el nivel de pH indicaron valores de entre 3,43 y 3,67 en los diferentes tratamientos. En donde el tratamiento T1 (Guagal Mejorado INIAP-111, 3 días de germinación y tostado rubio) mostró un valor de pH de 3,65, que se mantienen dentro del rango permitido por la NTE INEN 2304 (16) que es de 2,0 a 4,5.

En cuanto a la acidez titulable, los valores mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre tratamientos. Es así que los valores más altos se encontraron en los tratamientos con mayor tiempo de germinación y tostado marrón (T1, T3, T4, T10), lo que indica una mayor formación de ácidos orgánicos y degradación de carbohidratos.

Los sólidos solubles (°Brix) oscilaron entre 8 y 14 °Brix. El tratamiento T1 fue el que presentó el valor más alto, lo que sugiere una mayor concentración de azúcares fermentables, producidos por la hidrólisis del almidón durante la germinación, ver tabla 2.

***Tabla 2. Resultados físico-químicos de los tratamientos.***

| Tratamientos | Brix | pH | Acidez |
|---|---|---|---|
| 1 | 14,00 a | 3,65 a | 0,36 ab |
| 2 | 12,00 b | 3,67 a | 0,28 ab |
| 3 | 12,00 b | 3,58 ab | 0,36 ab |
| 4 | 11,30 bc | 3,60 ab | 0,43 a |
| 5 | 10,00 cd | 3,63 ab | 0,25 ab |
| 6 | 9,00 de | 3,56 ab | 0,25 ab |
| 7 | 8,00 e | 3,54 ab | 0,21 b |
| 8 | 8,00 e | 3,51 ab | 0,18 b |
| 9 | 8,00 e | 3,46 b | 0,25 ab |
| 10 | 8,10 e | 3,51 b | 0,32 ab |
| 11 | 9,00 de | 3,45 b | 0,25 ab |
| 12 | 9,00 de | 3,43 b | 0,25 ab |
| 13 | 9,20 de | 3,58 ab | 0,21 b |
| 14 | 9,00 de | 3,62 ab | 0,18 b |
| 15 | 8,40 e | 3,50 ab | 0,18 b |
| 16 | 10,00 cd | 3,68 a | 0,21 b |
| 17 | 8,20 e | 3,47 b | 0,21 b |
| 18 | 9,30 cd | 3,66 a | 0,18 b |

**Nota:** Letras diferentes representan diferencia estadística altamente significativa

## Análisis sensorial

Los resultados del análisis sensorial indicaron que el tratamiento T1 fue el que más aceptaron los catadores en todos los atributos evaluados: olor, sabor, color, fluidez y aceptabilidad general (figura 2). En particular, el color rubio obtenido con el tostado ligero se percibió como más atractivo visualmente. El sabor se describió como equilibrado, con suaves notas tostadas y un agradable dulzor natural, sin sabores residuales ni amargor.

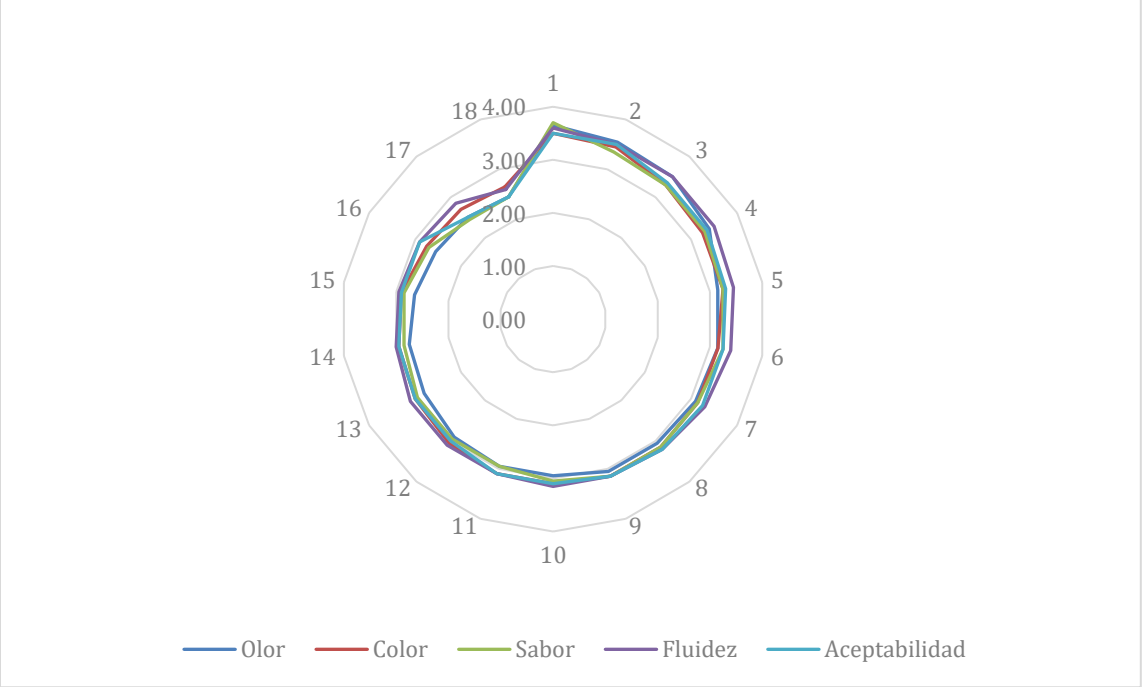



***Figura 1. Diagrama radial de evaluación sensorial que determino el mejor tratamiento.***

## Análisis en el mejor tratamiento (Bromatológico y Microbiológico)

### Bromatológico

El análisis bromatológico se realizó únicamente en el tratamiento T1, que corresponde a la combinación de maíz Guagal Mejorado INIAP-111, con 3 días de germinación y tueste rubio, y que fue seleccionado como el más sobresaliente en los análisis físico-químico y sensorial. Este análisis permitió determinar la composición nutricional del producto final, con los siguientes valores aproximados: proteína 0,91 %, fibra bruta 0,74 %, grasa 0,85 %, cenizas 0,30 % y extracto libre de nitrógeno 7,12 %. La concentración baja de fibra y grasa, junto con un contenido moderado de proteínas, nos muestra que se trata de una bebida de fácil digestión y apropiada para el consumo frecuente. Así también, la presencia de un extracto libre de nitrógeno contribuye al sabor y la estabilidad del producto final. En definitiva, el análisis bromatológico confirma que la bebida cumple con características deseadas, lo que respalda su potencial como alternativa saludable.

### Microbiológico

También se realizaron análisis microbiológicos al mejor tratamiento, que fue el que presentó una mejor aceptación sensorial. Los resultados mostraron la ausencia de coliformes totales y fecales, así como niveles de mohos y levaduras inferiores a 10 UFC/cm³, cumpliendo así los requisitos establecidos en la NTE INEN 2304 (16). Esto demuestra que el proceso de pasteurización fue efectivo y que las condiciones de fermentación y envasado se realizaron bajo estándares

higiénicos adecuados. Además, estos resultados garantizan la seguridad del producto final, que es apto para su consumo y posible comercialización.

# DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este trabajo evidenciaron que el malteado durante tres días y el tostado rubio produjeron una bebida con mejores características sensoriales y físico-químicas. En donde se pone en contexto que estos resultados son similares a los informados por Paredes et al. (17), quienes observaron que un tostado moderado favorece el desarrollo de compuestos aromáticos sin que estos afecten la calidad del cereal. Sin embargo, en la presente investigación el tratamiento T1 presentó un mayor contenido de sólidos solubles (14 °Brix), superior al informado en bibliografía, posiblemente debido a la combinación de la variedad Guagal Mejorado INIAP-111 y el tiempo de germinación empleado.

Los valores de pH obtenidos (3,43–3,68) fueron similares a los reportados por López (18), quien describe rangos entre 3,4 y 3,7 en bebidas fermentadas de cereales. La ligera disminución observada en algunos tratamientos puede atribuirse al incremento de ácidos orgánicos producido durante la germinación.

La acidez titulable fue mayor en los tratamientos con mayor tiempo de germinación y tostado oscuro. Moreira-Vera et al. (19) describieron una tendencia similar; sin embargo, los valores obtenidos en este estudio fueron ligeramente inferiores, posiblemente debido a las condiciones controladas de fermentación empleadas.

El tratamiento T1 alcanzó 14 °Brix, mientras que los demás tratamientos variaron entre 8 y 12 °Brix. Estos valores fueron superiores a los reportados por García (20), quien obtuvo concentraciones menores en bebidas elaboradas con cereales malteados. Esta diferencia probablemente se relaciona con la mayor eficiencia de hidrólisis del almidón obtenida durante los tres días de germinación.

El tratamiento T1 presentó mayor aceptación sensorial que el resto de tratamientos. Este comportamiento coincide con Osorio y Pabón (21), quienes reportaron que los cereales sometidos a tostado ligero presentan perfiles aromáticos más agradables. Sin embargo, en el presente estudio también se observó un mayor contenido de sólidos solubles y una acidez moderada, lo que probablemente contribuyó a mejorar la percepción de dulzor y equilibrio del producto (22).

El contenido de proteína (0,91 %) fue ligeramente inferior al informado por Urango (23), probablemente porque el producto desarrollado corresponde a una bebida diluida y no a una harina malteada concentrada.

La ausencia de coliformes y el bajo recuento de mohos y levaduras evidencian que el proceso de pasteurización fue efectivo. Estos resultados son consistentes con los reportados por otros estudios realizados en bebidas malteadas elaboradas bajo buenas prácticas de manufactura.

## CONCLUSIONES

El malteado y el tostado influyeron significativamente en la calidad fisicoquímica, sensorial y microbiológica de la bebida refrescante a base de maíz. Entre los tratamientos evaluados, T1 (Guagal Mejorado INIAP-111, 3 días de germinación y tostado ligero) mostró el mejor desempeño general, alcanzando un pH, °Brix y acidez óptimos, así como la mayor aceptación sensorial. El desempeño superior de este tratamiento se atribuye a la actividad enzimática adecuada durante la germinación y a la preservación de los compuestos de sabor y aroma deseables mediante el tostado ligero. Además, T1 cumplió con los requisitos microbiológicos establecidos por la norma ecuatoriana NTE INEN 2304, lo que confirma su seguridad y potencial para la producción agroindustrial de bebidas funcionales de valor agregado.

## AGRADECIMIENTOS (OPCIONAL)

Los autores agradecemos a la Universidad estatal de Bolívar que, a través de la carrera de Agroindustria, laboratorios de investigación y al Centro de Investigación en Microbiología Aplicada, Biotecnología y Fitoquímica (CIMABiF) permitieron el buen desarrollo de este trabajo.

## CONTRIBUCIONES DE AUTOR (OPCIONAL)

Todos los autores han contribuido en el desarrollo de este trabajo y redacción del artículo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Guacho, E. (2014). *Caracterización agro-morfologica del maíz (zea mays l.) De la localidad san josé de chazo.* Riobamba: Escuela Superior Politecnica de Chimborazo. https://dspace.espoch.edu.ec/items/08837053-6324-4cd6-89c4-d629154686e2.
2. Carrasco Vargas W, Montero Flores P, Cobos Mora F, Gómez Villalva J, (2023). Historia del maíz desde tiempos ancestrales hasta la actualidad. Zenodo. doi:10.5281/zenodo.10002071.
3. Cuvi, Y & Vega, B. (2023). Validación de la respuesta productiva de maíz suave (*Zea mays* L.) variedad Iniap 111 en dos densidades de siembra y cinco niveles de fertilización nitrogenada en la granja Laguacoto III, cantón guaranda, provincia Bolívar. Tesis, Universidad Estatal de Bolívar. Pp 147. https://dspace.ueb.edu.ec/items/ea6f0ba4-1887-4012-a20a-fe1711694aa4.
4. Caviedes, M. (2018). *Producción de semilla de maíz duro en el Ecuador: retos y oportunidades.* Ithaca, Nueva York, Estados Unidos: Universidad San Francisco de Quito. doi:https://doi.org/10.18272/aci.v11i1.1100
5. Morales, T. (2021). Caracterización de razas de maíz (*Zea mays* L.) Procedentes del banco de germoplasma del Iniap, en el cantón cotacachi, provincia de imbabura. Ibarra: Universidad Tecnica del Norte. https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11610.

6. Zambrano, J., Velásquez, J., Peñaherrera, D., Sangoquiza, C., Cartagena, Y., Villacrés, E., . . . Yánez, C. (2021). *Guía para la producción sustentable de maíz en la Sierra ecuatoriana.* Quito-Ecuador: INIAP. https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5796
7. Sariths, A., Venkata, A., Nagula, S., & Umarani, E. (2020). Importancia nutricional y valor añadido del maíz. Estación Experimental Agropecuaria Pergamino-INTA. https://repositorio7.inta.gob.ar/items/71b145d7-ee55-46e2-8738-3a94c2a377bb/full.
8. Ponce, C., Torija, E., Matallana, C., & Pintado, C. (2020). Interés de los germinados y su Seguridad Alimentaria. *Nutricion clinica y dietetica hospitalaria, 40*(1), 62-73. doi:10.12873/401ponce
9. Serna, L., Pabon, O., & Quintana, J. (2019). Efectos de la Fuerza Iónica y el Tiempo de Remojo de Legumbres Secas sobre sus Propiedades Tecnofuncionales. *Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, 30*(2), 201-210. doi:http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000200201
10. Tamanna N, Mahmood N. Food processing and Maillard reaction products: Effect on human health and nutrition. *Int J Food Sci.* 2017;2017:5267624. doi:10.1155/2017/5267624.
11. Contreras-Jiménez B, Del Real A, Millan-Malo BM, Gaytán-Martínez M, Morales-Sánchez E, Rodríguez-García ME. Physicochemical changes in barley starch during malting. *J Inst Brew.* 2019;125(1):10-18. doi:10.1002/jib.547.
12. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 1842:2013. Productos vegetales y de frutas, Determinación de pH (IDT). Quito (EC): INEN; 2013.
13. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 381:1986. Conservas vegetales. Determinación de acidez titulable. Método potenciométrico de referencia. Quito (EC): INEN; 1986.
14. International Organization for Standardization (ISO). ISO 2173:2003. Fruit and vegetable products, Determination of soluble solids, Refractometric method. 2nd ed. Geneva (CH): ISO; 2003.
15. Baur, F.J., Ensminger, L.G. The Association of Official Analytical Chemists (AOAC). *J Am Oil Chem Soc* **54**, 171–172 (1977). https://doi.org/10.1007/BF02670789.
16. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2304:2017. Refrescos o bebidas no carbonatadas. Requisitos. Primera revisión. Quito (EC): INEN; 2017.
17. Paredes, J., Barrigas, D., Muñoz, F., Pineda, J., & Pineda, C. (2022). Desarrollo de un bioproceso para la producción de malta a partir de maíz. *Revista Biorrefineria*. https://www.cebaecuador.org/wp-content/uploads/2022/01/18.pdf
18. López, C. (2019). Detección y selección de metabolitos bioquímicos como marcadores de calidad en el proceso cervecero. Universidad Autónoma de Nuevo León. http://eprints.uanl.mx/19737/.
19. Moreira Vera, D., Ormaza, G., & Quiroz, K. (2021). *Efectos del malteado y variedad de maiz en las caracteristicas ficoquimicas y sensoriales en una bebida refrescante* . Yachasum, 4 (7). https://editorialibkn.com/index.php/Yachasun/article/view/85.

20. García, U. (2021). Sistema de malteado y evolucion de la malteria I. Tarma-Peru: ESCYM. https://aetcm.es/wp-content/uploads/2024/09/2021-229-SISTEMAS-DE-MALTEADO-Y-EVOLUCION-DE-LA-MALTERIA-PARTE-I.pdf
21. Osorio, V., & Pabon, J. (2022). Efecto de las temperaturas y tiempos de tueste en la calidad sensorial del café. *Revista Cenicafe, 73*(1), 24-37. doi:https://doi.org/10.38141/10778/73102
22. Severiano, P. (2021). ¿Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial? *Revistas UNAM*. 7 (19). https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2019.19.70287
23. Urango, L. (2018). Componentes del maiz en la nutricion humana. Quito-Ecuador: Universidad de Antioquia. https://revistas.udea.edu.co/index.php/biogenesis/article/download/336229/20791758/

ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Octubre 2026
Vol. 7 No. 21, PP. 124-144
https://doi.org/10.56519/73dwvt81

# CONECTIVIDAD LOGÍSTICA Y LA OFERTA EXPORTABLE DE LA COMUNIDAD ANDINA HACIA CHINA

# LOGISTICS CONNECTIVITY AND THE EXPORT SUPPLY OF THE ANDEAN COMMUNITY TO CHINA

Blanca Liliana Montenegro Obando[1]

{liliana.montenegro@upec.edu.ec[1]}

Fecha de recepción: 03/08/2026 / Fecha de aceptación: 08/09/2026 / Fecha de publicación: 14/10/2026

**RESUMEN: El intercambio comercial entre la CAN y China ha crecido de manera sostenida en los últimos años, desde esta perspectiva la investigación analizó la relación entre la conectividad logística y la oferta exportable de los países andinos hacia el mercado chino en el primer periodo de 2024. Desde un enfoque cuantitativo, descriptivo y comparativo, se consideró indicadores como el índice de desempeño logístico, conectividad marítima, servicios disponibles, permanencia de contenedores en puerto, registros de comercio exterior y volumen de exportaciones. Los resultados muestran diferencias entre los países. Perú lidera el volumen de exportaciones, desempeño logístico y eficiencia portuaria; Colombia sobresalió por su conectividad marítima, mientras Ecuador presenta una canasta exportadora más diversificada. Bolivia, sin acceso al mar, mantuvo presencia comercial mediante productos minerales y forestales. En todos los casos se registra una alta concentración de las exportaciones de productos minerales, lo que refleja una reprimarización de la oferta. La investigación concluye que una logística eficiente favorece el crecimiento exportador y la competitividad, pero no garantiza la diversificación ni la incorporación de valor agregado. Finalmente, mejores condiciones logísticas favorecen el crecimiento exportador y la competitividad, pero no garantiza la diversificación ni la incorporación de valor agregado. Por ello, es fundamental fortalecer la infraestructura y los servicios logísticos con políticas de innovación, industrialización y diversificación productiva que permitan una inserción efectiva en las cadenas de valor.**

***Palabras clave: conectividad logística, competitividad, exportaciones, diversificación***

**ABSTRACT: In recent years, trade between the Andean Community (CAN) and China has been steadily increasing. From this perspective, the research analyzed the relationship between logistical connectivity and the exportable supply of the Andean countries to the Chinese market in the first period of 2024. Indicators like logistics performance index, maritime connectivity,**

[1]Carrera de Logística y Transporte, Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Ecuador, https://orcid.org/0000-0001-8074-9721; +5930967857248.

**available services, container dwell time in port, foreign trade records, export volume were taken into account from a quantitative, descriptive and comparative point of view. The results indicate country differences. Peru is the largest exporter, Colombia is the best in terms of maritime connectivity, and Ecuador has a more diversified export basket, among other strengths. Bolivia, which had no access to the sea, had a commercial presence via mineral and forestry products. In all cases, a high concentration of mineral product exports is seen, which is a return to primary commodity exports. The study finds that effective logistics contributes to export expansion and competitiveness, but not to diversification and value-added. Lastly, improved logistics conditions are conducive to export expansion and competitiveness, but not to diversification or the introduction of added value. Thus, it is necessary to improve infrastructure and**

***Keywords: logistics connectivity; competitiveness; exports; diversification***

# INTRODUCCIÓN

China se ha convertido en uno de los socios comerciales más importantes en estas dos últimas décadas para las economías en desarrollo, como para la Comunidad Andina (CAN), integrada por Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú. esta relación comercial con los países andinos ha impulsado oportunidades de crecimiento económico principalmente en el sector mineral, agrícola y recursos energéticos. Sin embargo, la expansión de los flujos comerciales también ha puesto de manifiesto debilidades estructurales asociadas al perfil exportador de las economías andinas. Si bien las exportaciones a China han aumentado considerablemente, la oferta exportable sigue estando altamente concentrada en materias primas, especialmente minerales y recursos naturales, lo que limita la creación de valor y aumenta la vulnerabilidad a las fluctuaciones de los mercados internacionales (1).

Bajo esta perspectiva, la excesiva dependencia de las materias primas restringe el desarrollo industrial, debilita la integración en las cadenas de valor mundiales y reduce la capacidad de los países para responder a los cambios en la demanda internacional. Las economías que concentran sus exportaciones en materias primas están expuestas a la vulnerabilidad de las economías, afectando los ingresos provenientes del comercio exterior y en su estabilidad económica. En consecuencia, la región andina debe diversificar la oferta exportable, para ello es necesario articular la cadena logística como un componente esencial para fortalecer la competitividad internacional y facilitar el acceso a nuevos mercados.

La conectividad logística se refiere al grado de integración y eficiencia de la infraestructura de transporte, los servicios logísticos, las redes marítimas y los mecanismos de facilitación del comercio que permiten el movimiento de mercancías entre las zonas de producción y los mercados internacionales. La eficiencia de los sistemas logísticos contribuye a reducir costos de transporte, tiempos de entrega, fortalecen la confiabilidad de las operaciones facilitando el acceso a los mercados internacionales. Por consiguiente, la cadena logística es un factor clave del desempeño exportador tanto en economías desarrolladas como en desarrollo (2).

Los sistemas logísticos eficientes reducen los costos de transporte, acortan los plazos de entrega, mejoran la fiabilidad y facilitan el acceso a los mercados extranjeros. Estudios previos destacan la interacción entre la infraestructura de transporte y el comercio internacional. Las redes viales, los puertos, los ferrocarriles y los sistemas intermodales contribuyen significativamente al crecimiento de las exportaciones al reducir los cuellos de botella logísticos y mejorar la accesibilidad a los mercados. Sénquiz-Díaz (3) demostró que las mejoras en la calidad en el sistema de transporte generan efectos positivos en el comportamiento exportador en los países en desarrollo. Bajo esta perspectiva, Campos (4) encontró que las inversiones en infraestructura vial, ferroviaria y portuaria aumentaron significativamente el crecimiento de las exportaciones en Angola, convirtiéndose la infraestructura de transporte en un elemento esencial para la competitividad y la integración en los mercados internacionales.

Por otra parte, es preciso puntualizar que gran parte del intercambio comercial se desarrolla a través del modo marítimo, por tanto, la infraestructura portuaria desempeña un papel fundamental, en el contexto del comercio internacional. Alrededor de la mitad del valor de los bienes comercializados internacionalmente se transporta por mar; por ello, la eficiencia de los puertos incide directamente en la competitividad de las exportaciones y en la participación de los países en los mercados globales (5). Permite reducir costos de transporte, aumentar la capacidad de manejo de carga y promover la integración de las exportaciones en las cadenas de suministro globales. Clark et al. (6) hallaron que las mejoras en la operatividad portuaria contribuyen directamente en la optimización de los costos del transporte marítimo y el aumento del volumen de comercio. En este sentido, Bottasso et al. (7) demostraron que las inversiones en infraestructura portuaria generan efectos positivos en la dinámica de las exportaciones mejorando la eficiencia operativa y la conectividad.

Por otra parte, las redes de transporte marítimo caracterizadas por rutas directas, mayor frecuencia de servicio y menores requisitos de transbordo facilitan los flujos comerciales y fortalecen las relaciones comerciales bilaterales. Fugazza y Hoffmann (8) identificaron la conectividad marítima como un elemento importante del comercio internacional, destacando que cada transbordo adicional puede reducir considerablemente el volumen de exportaciones. Fugazza y Hoffmann (8) identificaron la conectividad marítima como un elemento importante del comercio internacional, destacando que cada transbordo adicional puede reducir considerablemente el volumen de exportaciones. Desde esta perspectiva, Tovar y Wall (9) puntualizaron que una mayor conectividad marítima contribuye a la eficiencia portuaria y a un óptimo desempeño comercial. Evidenciando que la conectividad logística no depende de la infraestructura física, comprende también las redes de transporte que conectan a los diferentes países con los mercados y las rutas internacionales. Otros factores relevantes involucran el desempeño logístico y la dinamización del comercio, mientras que la gestión aduanera eficiente, los sistemas de documentación digitalizados y las operaciones fronterizas optimizadas contribuyen a reducir los costos de transacción y mejorar la competitividad de las exportaciones.

Reis et al. (10) reveló una interacción entre los indicadores de desempeño logístico y el crecimiento de las exportaciones en las economías latinoamericanas. Bajo esta perspectiva, Park (11) concluyó que la calidad de la estructura de transporte y la logística influyen en la

competitividad de la oferta exportable y en la integración comercial internacional. Finalmente, el objetivo del estudio es analizar la conectividad logística y la oferta exportable de los países de la CAN hacia el mercado chino durante el primer semestre de 2024.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Él estudió se desarrolló bajo una metodología de carácter cuantitativo sustentada en un diseño no experimental con alcance descriptivo, comparativo y transversal. Adoptó el método deductivo, por cuanto analizó la relación entre la conectividad logística y la oferta exportable a partir de fundamentos teóricos y evidencia empírica reportada en estudios previos (11–12). Se utilizó un diseño transversal, por cuanto el análisis se enfocó en datos correspondientes al año 2024. Este enfoque permitió identificar relaciones entre variables logísticas y de exportación, el índice de desempeño logístico, la conectividad marítima y el tiempo de permanencia de los contenedores dentro de un marco temporal específico.

La población documental la integraron los registros de exportación de los países miembros de la CAN dirigidos al mercado chino durante 2024. Dadas las particularidades del estudio, no se utilizó ningún procedimiento de muestreo. Se adoptó un enfoque censal, el cual incluyó todos los registros disponibles, de esta manera se aseguró una cobertura completa del fenómeno objeto de investigación y se evitó la introducción de eventuales sesgos asociados al muestreo. Bajo esta perspectiva, los enfoques metodológicos análogos se han desarrollado en investigaciones que analizan el desempeño comercial y los indicadores logísticos mediante el uso de bases de datos secundarias de comercio internacional (10–11).

En este sentido, el alcance geográfico del estudio comprendió la CAN y el mercado chino, el cual representa uno de los principales destinos de las exportaciones de los países andinos y en los últimos años se ha consolidado como un socio comercial estratégico para la región. A esto se suma la creciente demanda china de minerales, productos agrícolas y distintas materias primas intensificando el intercambio comercial con los países que integran la región andina. Bajo esta perspectiva, el estudio se orientó al análisis del comercio internacional, la conectividad logística y la competitividad de las exportaciones regionales.

En cuanto a la recopilación de datos se trabajó con fuentes de información secundarias, Cobus Group es una plataforma que genera información especializada sobre inteligencia comercial internacional, declaraciones aduaneras, valores de exportación, volúmenes de envío, clasificación arancelaria, modos de transporte, aduanas, mercados de destino y modos de transporte. Este conjunto de datos permitió identificar patrones de exportación y caracterizar la estructura exportadora de cada país miembro. Paralelamente se revisaron artículos científicos, informes técnicos y publicaciones internacionales relacionados con la conectividad logística, la facilitación del comercio, el transporte marítimo y la competitividad de las exportaciones para fundamentar el marco analítico del estudio (2-12).

Para precisar la medición de las variables, se elaboró la matriz de operacionalización. La variable independiente, conectividad logística consideró el Índice de Desempeño Logístico, el número de economías socias marítimas, los servicios marítimos disponibles y el tiempo de permanencia de

los contenedores en puerto. Por su parte, la variable dependiente, oferta exportable centro su análisis a partir del volumen exportado en toneladas, la participación de las secciones arancelarias, la concentración de las exportaciones y la diversificación exportadora. Estos indicadores han sido ampliamente reconocidos como determinantes críticos de la ventaja competitiva de las exportaciones y el intercambio comercial (2–12).

***Tabla 1. Operacionalización de las variables de investigación.***

| Variable | Definición conceptual | Dimensión | Indicador | Escala o unidad |
|---|---|---|---|---|
| **Conectividad logística** (independiente) | Capacidad de un país para integrar su infraestructura, servicios de transporte, operaciones portuarias y redes marítimas con el propósito de facilitar el movimiento de mercancías hacia los mercados internacionales. | Desempeño logístico | Índice de Desempeño Logístico (IDL) | Índice de 1 a 5 |
| | | Conectividad marítima | Economías socias marítimas | Número de economías |
| | | Conectividad marítima | Servicios marítimos | Número de servicios |
| | | Eficiencia portuaria | Tiempo de permanencia de los contenedores en puerto | Días |
| **Oferta exportable** (dependiente) | Conjunto de bienes que los países de la CAN comercializan hacia China, expresado mediante el volumen, la composición y la diversificación de sus exportaciones. | Volumen exportado | Toneladas exportadas | Toneladas métricas |
| | | Composición exportadora | Participación por sección arancelaria | Porcentaje |
| | | Concentración exportadora | Participación de la sección predominante | Porcentaje |
| | | Diversificación exportadora | Número de secciones arancelarias con exportaciones | Número de secciones |
| | | | Distribución del volumen entre secciones | Porcentaje y clasificación descriptiva |

El procedimiento de investigación se desarrolló cuatro etapas. En la primera etapa, se realizó una revisión exhaustiva de la literatura para identificar los fundamentos teóricos y la evidencia empírica relacionados con la conectividad logística y el desempeño exportador. En la segunda etapa, se extrajeron los datos de exportación correspondientes a los países de la CAN de la plataforma Cobus Group y se organizaron en una base de datos estructurada utilizando Microsoft Excel. Posteriormente se realizó un proceso de validación y depuración de datos orientado a eliminar inconsistencias y verificar la fiabilidad de la información. Por último, los datos se clasificaron atendiendo los criterios como el país, la sección de productos, el valor y volumen de las exportaciones y las variables relacionadas con la logística.

Finalmente, se desarrolló un análisis descriptivo y comparativo de los indicadores de conectividad logística y de la oferta exportable de los países de la CAN. Para ello, se utilizaron frecuencias, porcentajes, volúmenes exportados y comparaciones entre países. Los indicadores logísticos fueron contrastados con las toneladas exportadas y la composición sectorial de las exportaciones.

Este procedimiento permitió identificar coincidencias, diferencias y tendencias entre las condiciones logísticas y el comportamiento exportador, sin atribuirles significación estadística ni relaciones causales.

# RESULTADOS

## Conectividad logística factor determinante de la oferta exportable

La conectividad logística se ha consolidado como un elemento fundamental de la competitividad y el desempeño del comercio internacional. Integra la eficiencia operativa de la infraestructura de transporte, la conectividad marítima, la disponibilidad y calidad de los servicios logísticos, la articulación entre los distintos modos de transporte y los mecanismos destinados a la facilitación y fluidez del comercio internacional. Estos elementos influyen en la eficiencia con la que las mercancías se trasladan desde los centros de producción a los mercados internacionales. Evidencia empírica demuestra que las mejoras en la conectividad logística contribuyen a mayores volúmenes de exportación, menores costos de transacción y una mayor integración en las cadenas de valor globales (2–11).

La infraestructura de transporte es uno de los factores que más inciden en la conectividad logística. Las carreteras, los ferrocarriles y los puertos favorecen el acceso a mercados y reducen las limitaciones operativas que restringen el intercambio internacional. Sénquiz-Díaz (3) identificó que las mejoras en la eficacia de la infraestructura de transporte se asocian directamente con el nivel de desempeño de las exportaciones en las economías en desarrollo. De manera similar, Martincus et al. (13) demostraron que las inversiones en carreteras en Perú generaron aumentos significativos en las exportaciones y el empleo a nivel empresarial. Baldomero-Quintana (14) sostuvo que para el caso de Colombia los proyectos estratégicos de infraestructura vial pueden alterar las ventajas comparativas y contribuir a la diversificación de las exportaciones. Desde este enfoque, una infraestructura de transporte no únicamente incrementará los volúmenes de exportación de la región andina, sino que impulsará cambios estructurales que dinamicen las exportaciones.

El transporte marítimo, la infraestructura portuaria y la conectividad sustentada en la vía marítima constituyen factores decisivos en los flujos comerciales de naturaleza bilateral (8). Los resultados indican que cada transbordo adicional puede reducir el valor de las exportaciones en aproximadamente un 40%, lo que subraya la importancia de las conexiones marítimas directas y las redes marítimas eficientes. Asimismo, el nivel de desempeño logístico y la infraestructura portuaria inciden en el crecimiento económico (15). Por lo tanto, las mejoras en el desempeño portuario dentro de la CAN podrían generar reducciones sustanciales en los costos logísticos y fortalecer la competitividad de las exportaciones (12).

Los estudios recientes subrayan la relevancia de la conectividad intermodal, dado que la integración de puertos, carreteras y ferrocarriles permite conformar corredores logísticos eficientes y, además, disminuye las ineficiencias del transporte. Bajo este enfoque es importante señalar que para mejorar la competitividad es fundamental plantear estrategias coordinadas de

transporte terrestre de las cadenas de suministro de exportación, especialmente para productos perecederos (16).

Respecto al Índice de Desempeño Logístico (IDL), este instrumento se emplea con frecuencia para medir la eficiencia de los sistemas logísticos y su impacto en los resultados del comercio exterior. Los resultados muestran que los países con mayores capacidades logísticas logran un rendimiento exportador más alto. Sénquiz-Díaz (3), Wang et al. (17) y Kabak et al. (18) encontraron correlaciones positivas y estadísticamente significativas entre las puntuaciones del IDL y los volúmenes de exportación. Sus resultados subrayan la importancia de la calidad infraestructural, la oferta de servicios logísticos, la eficiencia de los procesos aduaneros y la fiabilidad en la entrega de mercancías como factores determinantes de la competitividad en el ámbito internacional.

Por otra parte, para la reducción de los costos de transacción y aceleramiento de flujos de carga es importante priorizar procedimientos aduaneros eficientes, la interoperabilidad digital y los procesos administrativos simplificados. Según Nazif y Jenkins (12), la reducción de los costos administrativos fronterizos podría generar ahorros anuales superiores a 1250 millones de dólares para la CAN e incrementar las exportaciones en aproximadamente 491 millones de dólares anuales. Adicionalmente, Portugal-Pérez y Wilson (19) argumentaron que el efecto combinado de la infraestructura física y las reformas institucionales produce mejores resultados exportadores que las inversiones en infraestructura por sí solas. En la misma línea, Iwanow y Kirkpatrick (20) concluyeron que la solidez del marco regulatorio y los mecanismos orientados a la facilitación comercial inciden de manera significativa en la mejora del desempeño exportador de las economías en vías de desarrollo.

La Tabla 2 muestra que la infraestructura de transporte, la conectividad marítima y portuaria favorecen el desempeño de las exportaciones. Resaltando que los avances en los sistemas intermodales, servicios logísticos y procesos de facilitación del comercio ayudan a disminuir los costos de transporte, incrementar el acceso a los mercados y fortalecer la competitividad exportadora. No obstante, la literatura especializada también subraya que los mayores beneficios se materializan cuando las inversiones en infraestructura van acompañadas de reformas institucionales, integración digital y coordinación entre distintos modos de transporte. En consecuencia, fortalecer la conectividad logística constituye una vía estratégica para expandir y diversificar la oferta exportable de la CAN hacia el mercado chino.

***Tabla 2. Antecedentes sobre el impacto de la conectividad logística en el desempeño exportador.***

| Autor(es) | Dimensión logística | Principales hallazgos | Implicaciones para las exportaciones |
|---|---|---|---|
| Sénquiz-Díaz (2021) (3) | Infraestructura de transporte y desempeño logístico | Existe una relación positiva entre la calidad de la infraestructura y las exportaciones. | Mayor volumen exportado y competitividad. |
| Martincus et al. (2017) (13) | Infraestructura vial | Las mejoras en las carreteras incrementan las exportaciones a nivel empresarial. | Mayor crecimiento de las exportaciones y generación de empleo. |
| Baldomero-Quintana (2025) (14) | Inversiones estratégicas en carreteras | La infraestructura influye en la ventaja comparativa de los países. | Diversificación exportadora y transformación sectorial. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Fugazza y Hoffmann (2017) (8) | Conectividad marítima | Los transbordos adicionales reducen el valor de las exportaciones. | Las rutas marítimas directas fortalecen los flujos comerciales. |
| Munim y Schramm (2018) (15) | Infraestructura portuaria | Los puertos eficientes impulsan el comercio y el crecimiento económico. | Mejor desempeño exportador. |
| Saeed et al. (2021) (16) | Conectividad intermodal | Los sistemas de transporte integrados reducen las ineficiencias logísticas. | Mayor competitividad de las cadenas de suministro. |
| Wang et al. (2024) (17) | Índice de Desempeño Logístico (LPI) | Existe una asociación positiva entre el LPI y el desempeño comercial. | Mayor capacidad exportadora. |
| Nazif y Jenkins (2023) (12) | Facilitación del comercio | La reducción de los costos fronterizos genera importantes beneficios comerciales. | Incremento de las exportaciones y reducción de costos logísticos. |
| Portugal-Perez y Wilson (2012) (19) | Facilitación del comercio e infraestructura | Las reformas institucionales potencian los efectos de la infraestructura física. | Mayor competitividad exportadora. |

***Fuente: (3, 4, 7, 9, 12, 13, 16, 17 y 25).***

***Nota:*** *Elaboración propia a partir de la evidencia documentada en las referencias.*

La Tabla 3 evidencia diferencias importantes en la conectividad logística en los países la región andina. Perú registra la puntuación más alta en el IDL (3,00), seguido por Colombia (2,90) y Ecuador (2,88), mientras que Bolivia presenta el valor más bajo (2,40). En términos de conectividad marítima, Colombia muestra la mayor integración en las redes globales de transporte marítimo, con 56 economías socias marítimas y 62,5 servicios marítimos. En comparación, Perú y Ecuador presentan niveles inferiores de conectividad, con 39 y 36 economías socias, respectivamente. Bolivia no dispone de información marítima debido a su condición mediterránea, lo que limita su acceso directo a las rutas marítimas internacionales.

Los indicadores de eficiencia portuaria también ponen en evidencia diferencias notables. Perú presenta el menor tiempo de permanencia de los contenedores en puerto (3 días), lo que sugiere una mayor eficiencia en las operaciones portuarias y aduaneras. En contraste, Colombia y Ecuador registran períodos más prolongados, de 7,6 y 7,8 días, respectivamente. Al comparar estos indicadores con los volúmenes exportados hacia China, Perú destaca por su mejor desempeño, al combinar una alta eficiencia logística con el mayor nivel de exportaciones. Colombia obtiene ventajas gracias a una extensa conectividad marítima, mientras que Ecuador muestra resultados intermedios.

***Tabla 3. Indicadores de conectividad logística de los países de la Comunidad Andina.***

| País | IDL | Año IDL | Economías socias marítimas (2024) | Servicios marítimos (2024) | Tiempo de permanencia de contenedores en puerto (días) |
|---|---|---|---|---|---|
| Bolivia | 2,40 | 2022 | N/D | N/D | N/D |
| Colombia | 2,90 | 2022 | 56 | 62,50 | 7,60 |
| Ecuador | 2,88 | 2018 | 36 | 24,00 | 7,80 |
| Perú | 3,00 | 2022 | 39 | 32,80 | 3,00 |

***Fuente: (30, 31).***

***Nota:*** *Los indicadores reflejan el desempeño logístico, conectividad marítima y eficiencia portuaria de la CAN*

## Evaluación comparativa del ecosistema logístico de la Comunidad Andina

Para contextualizar el ecosistema logístico es fundamental considerar el desarrollo económico y para la competitividad internacional. Redes de transporte eficientes, infraestructura logística moderna y marcos institucionales coordinados facilitan el movimiento de mercancías y fortalecen la participación en los mercados globales. En el caso de la CAN, el desempeño logístico está condicionado por limitaciones de naturaleza estructural asociadas a carencias en la infraestructura, a costos logísticos elevados y a una participación reducida en las cadenas de valor globales. Restricciones que afectan la competitividad y disminuyen las oportunidades de diversificación de la oferta comercial internacional.

Uno de los principales retos para la CAN es el fortalecimiento de cadenas de valor sostenibles y competitivas. El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) ha señalado sectores estratégicos como la pesca, los textiles y los plásticos como áreas con un importante potencial de crecimiento. A pesar de ello, los exportadores siguen afrontando dificultades para acceder al financiamiento, a superar las limitaciones de infraestructura y al cumplimiento de los requisitos internacionales sobre sostenibilidad (21). A esto se suma, la intensificación de las presiones medioambientales y la creciente demanda de modelos productivos sostenibles, promoviendo la integración de tecnologías limpias y alternativas logísticas con bajas emisiones de carbono. Dichos factores se han convertido en condiciones indispensables para preservar la competitividad en los mercados internacionales (21, 23).

La Figura 1 resume los principales componentes estratégicos que pueden contribuir a fortalecer el ecosistema logístico y mejorar la competitividad de las exportaciones en la región, considerando que la CAN demanda de una estrategia que integre el desarrollo de infraestructuras, la logística, la facilitación del comercio, la sostenibilidad y el fortalecimiento de las instituciones




***Figura 1. Componentes estratégicos para el fortalecimiento del ecosistema logístico y la competitividad exportadora de la CAN.***

***Fuente: (21,28).***
***Nota:*** *La figura sintetiza los principales componentes identificados en la literatura*

La cooperación regional ha surgido como otro factor crítico para el desarrollo logístico. Las recientes iniciativas impulsadas por la CAN en colaboración con la Alianza del Pacífico (AP) y el Mercado Común del Sur (MERCOSUR) buscan fortalecer la integración logística, facilitar el comercio y mejorar la cooperación transfronteriza (24,25). Estos esfuerzos son particularmente relevantes, ya que las barreras logísticas dentro de la región siguen incrementando los costos de transporte y reduciendo la eficiencia operativa.

Por otro lado, la Asociación de Naciones del Sudeste Asiático (ASEAN) ha implementado con éxito estrategias logísticas centradas en corredores de transporte multimodal, modernización de infraestructura e integración transfronteriza. Dichas políticas fortalecen la conectividad entre los Estados miembros, favoreciendo su participación en las cadenas de valor mundiales. Según la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD), las inversiones sostenidas en infraestructura de transporte, servicios logísticos y tecnologías digitales han coadyuvado a la diversificación exportadora y a una mayor integración en las redes internacionales de producción (26). La experiencia de la ASEAN evidencia que las políticas logísticas coordinadas son capaces de acelerar la transformación estructural y elevar la competitividad de las exportaciones.

Por su parte, la Unión Europea ha consolidado uno de los sistemas logísticos con mayor grado de integración a nivel mundial, logro sustentado en marcos regulatorios comunes, infraestructura de transporte de alto desarrollo y políticas orientadas hacia la sostenibilidad. La Comisión Europea destaca que las inversiones en logística verde, digitalización y sistemas de transporte de bajas emisiones han aumentado la eficiencia de la cadena de suministro, al tiempo que han reducido el impacto ambiental (27).

Bajo este enfoque es preciso indicar que la CAN presenta deficiencias estructurales. En América Latina y el Caribe los costos logísticos varían entre el 18 % y el 32 % del valor del producto, mientras que en los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) fluctúan entre el 8 % y el 12 % (22). En la CAN, los costos logísticos representan alrededor del 18 % del valor de las exportaciones, reduciendo la competitividad de los productos en los mercados internacionales.

La experiencia del MERCOSUR demuestra la importancia sobre el desarrollo logístico en la región. Mediante inversiones en corredores de transporte, infraestructura intermodal y proyectos de conectividad regional, el bloque ha favorecido la integración entre las zonas de producción y los mercados internacionales. Por ello, los costos logísticos se han mantenido en torno al 12%, lo que ha generado ventajas competitivas frente a la CAN (28). Estos avances han permitido que los flujos comerciales, sean más dinámicos impulsando la integración regional y aumentando la competitividad de la oferta exportable.

Otro desafío crítico para la CAN es la limitada integración de los modos de transporte. Las deficiencias en la infraestructura intermodal y la falta de armonización de las regulaciones

aduaneras siguen generando demoras y costos adicionales en las operaciones de comercio exterior. Brechas que afectan principalmente a los sectores que dependen de plazos de entrega confiables y servicios logísticos eficientes. Investigaciones anteriores ponen de manifiesto que la integración de puertos, carreteras y ferrocarriles reduce considerablemente los costos de transporte y mejora el desempeño de las exportaciones (13, 15, 16). Desde esta perspectiva, mayores niveles de conectividad marítima y un mejor desempeño logístico se asocian positivamente con el crecimiento de las exportaciones y la competitividad internacional (8,17,18).

Otros elementos estratégicos para mejorar se centran en la facilitación del comercio, la digitalización de los procedimientos aduaneros, la armonización regulatoria y la interoperabilidad administrativa, los cuales se han identificado como mecanismos eficaces para reducir los costos de transacción y acelerar el movimiento de carga. Nazif y Jenkins (12) estimaron que las reformas de facilitación del comercio podrían producir ahorros anuales por encima de 1250 millones de dólares y aumentar las exportaciones en alrededor de 491 millones de dólares al año dentro de la CAN. Estos resultados resaltan la importancia de respaldar las inversiones en infraestructura mediante reformas institucionales e iniciativas orientadas a la transformación digital.

Finalmente, el análisis comparativo evidencia diferencias significativas entre la CAN y el MERCOSUR, ASEAN, y la Unión Europea. Mientras que estos han progresado gracias a inversiones coordinadas, a la armonización de políticas y a las estrategias de integración regional, los países andinos siguen enfrentando dificultades vinculadas a carencias en la infraestructura, elevados costos logísticos y una conectividad intermodal restringida. Frente a esta situación, resulta necesario reforzar la infraestructura de transporte, impulsar la integración logística, modernizar los procesos aduaneros y promover prácticas logísticas sostenibles para aumentar la competitividad de las exportaciones y ampliar la inserción de la Comunidad Andina en las cadenas globales de valor.

**Oferta de la CAN**

La Tabla 4 presenta una estructura exportadora altamente concentrada en Colombia durante el periodo el primer periodo de 2024. La Sección V, corresponde a productos minerales, en donde se concentró la mayor parte de la oferta exportable, con 6,87 millones de toneladas, lo que equivale al 98,11 % del total de 7,01 millones de toneladas exportadas. Estos resultados muestran que el país registra una elevada dependencia del sector extractivo y su oferta exportable es muy reducida.

Después de los productos minerales, destacaron los metales comunes y sus manufacturas (0,77 %), la madera y sus manufacturas (0,50 %), los productos del reino vegetal (0,35 %) y las grasas y aceites animales o vegetales (0,25 %). En contraste, las actividades industriales y manufactureras, como productos químicos, plásticos, textiles, maquinaria y material de transporte, presentaron aportes mínimos. En conjunto, los resultados reflejan una marcada concentración de las exportaciones en productos primarios y una escasa contribución de sectores con mayor valor agregado.

***Tabla 4. Oferta exportable de Colombia por secciones enero – junio 2024.***

| Secciones | Denominación | Toneladas | % |
|---|---|---|---|
| Sección V | Productos minerales | 6.874.001,33 | 98,11% |
| Sección XV | Metales comunes | 53.963,84 | 0,77% |
| Sección IX | Madera, carbón vegetal | 34.739,99 | 0,50% |
| Sección II | Reino vegetal | 24.430,65 | 0,35% |
| Sección III | Grasas y aceites animales o vegetales | 17.796,95 | 0,25% |
| Sección VI | Industrias químicas | 897,72 | 0,01% |
| Sección IV | Productos de las industrias alimentarias | 354,56 | 0,01% |
| Sección VII | Plástico y sus manufacturas | 247,61 | 0,00% |
| Sección I | Reino animal | 131,09 | 0,00% |
| Sección VIII | Pieles, cueros, peletería | 82,55 | 0,00% |
| Sección XI | Materias textiles | 48,73 | 0,00% |
| Sección XVII | Material de transporte | 28,25 | 0,00% |
| Sección XVIII | Instrumentos y aparatos de óptica | 4,83 | 0,00% |
| Sección XXI | Objetos de arte | 0,59 | 0,00% |
| Sección XIV | Perlas finas, preciosas o semipreciosas | 0,02 | 0,00% |
| Sección X | Pasta de madera | 0,02 | 0,00% |
| Sección XX | Mercancías y productos diversos | 0 | 0,00% |
| Sección XII | Calzado, sombrero y demás | 0 | 0,00% |
| Sección XIII | Manufacturas de piedra, yeso, cemento | 0 | 0,00% |
| Sección XVI | Máquinas y aparatos | 0 | 0,00% |
| Sección XIX | Armas, municiones, y sus partes | 0 | 0,00% |
| Total | | 7.006.728,73 | 100,00% |

***Fuente: (29).***

***Nota:*** *Los datos corresponden a las exportaciones de Colombia hacia China durante el período enero-junio de 2024.*

La Tabla 5 muestra que Ecuador exportó 587.586,76 toneladas durante el período enero-junio de 2024, con una estructura exportadora relativamente diversificada. La Sección I (Reino Animal) lideró las exportaciones con el 62,33 % del volumen total, lo que confirma la importancia de los productos pesqueros y acuícolas dentro del sector exportador del país.

Los siguientes sectores con mayor participación fueron la Sección II (Reino Vegetal) (10,97 %), la Sección V (Productos Minerales) (9,38 %), la Sección IV (Productos de las Industrias Alimentarias) (8,51 %) y la Sección IX (Madera, Carbón Vegetal y Manufacturas de Madera) (7,98 %). En conjunto, estas cinco secciones concentraron más del 99 % del volumen exportado. Por el contrario, sectores industriales como metales, maquinaria, productos químicos, plásticos, textiles y material de transporte registraron participaciones mínimas. En términos generales, los resultados evidencian que la oferta exportable ecuatoriana se sustenta principalmente en productos primarios y agroindustriales, aunque presenta un mayor grado de diversificación en comparación con economías que dependen de un solo sector exportador.

***Tabla 5. Oferta exportable de Ecuador por secciones enero – junio 2024.***

| SECCIONES | DENOMINACIÓN | TONELADAS | % |
|---|---|---|---|
| **SECCIÓN I** | Reino animal | 3.66.265,02 | 62,33% |
| **SECCIÓN II** | Reino vegetal | 64.478,28 | 10,97% |
| **SECCIÓN V** | Productos minerales | 55.095,84 | 9,38% |
| **SECCIÓN IV** | Productos de las industrias alimentarias | 49.999,86 | 8,51% |
| **SECCIÓN IX** | Madera, carbón vegetal | 46.915,09 | 7,98% |
| **SECCIÓN XV** | Metales comunes | 42.38,52 | 0,72% |
| **SECCIÓN XX** | Mercancías y productos diversos | 226,89 | 0,04% |
| **SECCIÓN III** | Grasas y aceites animales o vegetales | 198 | 0,03% |
| **SECCIÓN XVII** | Material de transporte | 44,48 | 0,01% |
| **SECCIÓN XIV** | Perlas finas preciosas o semipreciosas | 44,07 | 0,01% |
| **SECCIÓN XVI** | Máquinas y aparatos | 37,67 | 0,01% |
| **SECCIÓN VII** | Plástico y sus manufacturas | 25,49 | 0,00% |
| **SECCIÓN VI** | Industrias químicas | 11,48 | 0,00% |
| **SECCIÓN XI** | Materias textiles | 4,6 | 0,00% |
| **SECCIÓN XII** | Calzado, sombrero y demás | 0,65 | 0,00% |
| **SECCIÓN XVIII** | Instrumentos y aparatos de óptica | 0,44 | 0,00% |
| **SECCIÓN X** | Pasta de madera | 0,38 | 0,00% |
| **SECCIÓN VIII** | Pieles, cueros, peletería | 0 | 0,00% |
| **SECCIÓN XIII** | Manufacturas de piedra, yeso, cemento | 0 | 0,00% |
| **SECCIÓN XIX** | Armas, municiones, y sus partes | 0 | 0,00% |
| **SECCIÓN XXI** | Objetos de arte | 0 | 0,00% |
| **TOTAL** | | 587.586,76 | 100% |

***Fuente: (29).***

***Nota:*** *Los datos corresponden a las exportaciones de Ecuador hacia China durante el período enero-junio de 2024.*

La Tabla 6 muestra que Perú exportó 15,27 millones de toneladas durante el período enero-junio de 2024, con una estructura exportadora altamente concentrada. La Sección V (Productos Minerales) dominó las exportaciones al representar el 96,18 % del volumen total, lo que confirma la fuerte dependencia del país del sector minero y de los productos minerales.

En contraste, los demás sectores presentaron proporciones de participación considerablemente más bajas. Los productos de las industrias alimentarias (2,79 %), los metales comunes y sus manufacturas (0,47 %) y los productos del reino vegetal (0,33 %) fueron las categorías más relevantes después de los productos minerales. Por el contrario, los productos del reino animal, la madera y sus manufacturas, los productos químicos, los textiles, la maquinaria y los plásticos representaron individualmente menos del 0,10 % de las exportaciones. En conjunto, los resultados evidencian un bajo nivel de diversificación exportadora, con una oferta exportable fuertemente concentrada en productos minerales y una limitada contribución de sectores con mayor valor agregado.

***Tabla 6. Oferta exportable de Perú por secciones enero – junio 2024.***

| Secciones | Denominación | Toneladas | % |
|---|---|---|---|
| **Sección V** | Productos minerales | 14.687.056,84 | 96,18% |
| **Sección IV** | Productos de las industrias alimentarias | 426.358,49 | 2,79% |
| **Sección XV** | Metales comunes | 779,19 | 0,47% |
| **Sección II** | Reino vegetal | 50.240,89 | 0,33% |
| **Sección I** | Reino animal | 14.907,04 | 0,10% |
| **Sección IX** | Madera, carbón vegetal | 90,55 | 0,06% |
| **Sección VI** | Industrias químicas | 4.401,17 | 0,03% |
| **Sección XI** | Materias textiles | 3.396,98 | 0,02% |
| **Sección III** | Grasas y aceites animales o vegetales | 958,83 | 0,01% |
| **Sección XVI** | Máquinas y aparatos | 804,5 | 0,01% |
| **Sección VIII** | Pieles, cueros, peletería | 537,62 | 0,00% |
| **Sección VII** | Plástico y sus manufacturas | 421,87 | 0,00% |
| **Sección XIV** | Perlas finas preciosas o semipreciosas | 2,87 | 0,00% |
| **Sección XX** | Mercancías y productos diversos | 42,77 | 0,00% |
| **Sección XVII** | Material de transporte | 5,11 | 0,00% |
| **Sección XVIII** | Instrumentos y aparatos de óptica | 1,45 | 0,00% |
| **Sección X** | Pasta de madera | 0,18 | 0,00% |
| **Sección XXI** | Objetos de arte | 0,06 | 0,00% |
| **Sección XIII** | Manufacturas de piedra, yeso, cemento | 0,04 | 0,00% |
| **Sección XII** | Calzado, sombrero y demás | 0,01 | 0,00% |
| **Sección XIX** | Armas, municiones, y sus partes | 0 | 0,00% |
| **Total** | | 15.270.136,46 | 100,00% |

***Fuente: (29).***

***Nota:*** *Los datos corresponden a las exportaciones de Perú hacia China durante el período enero-junio de 2024.*

La Tabla 7 muestra que Bolivia exportó 217.613,93 toneladas durante el período enero-junio de 2024, con una estructura exportadora concentrada principalmente en productos primarios. La Sección V (Productos Minerales) lideró las exportaciones con el 58,88 % del total, seguida por la Sección IX (Madera, Carbón Vegetal y Manufacturas de Madera) con 28,96 %. En conjunto, ambos sectores representaron 87,84 % del volumen exportado.

Por otra parte, la Sección I (Reino Animal) aportó 8,13 %, mientras que los metales comunes y sus manufacturas (1,87 %) y los productos del reino vegetal (1,06 %) tuvieron participaciones menores. Los sectores industriales, como productos químicos, textiles, plásticos, maquinaria y material de transporte, registraron contribuciones marginales o nulas. En términos generales, los resultados evidencian una dependencia significativa de los recursos naturales, aunque con un

mayor grado de diversificación que otras economías de la región fuertemente concentradas en un solo sector exportador.

***Tabla 7. Oferta exportable de Bolivia por secciones enero – junio 2024.***

| Secciones | Denominación | Toneladas | % |
|---|---|---|---|
| **Sección V** | Productos minerales | 128.129,47 | 58,88% |
| **Sección IX** | Madera, carbón vegetal | 63.021,13 | 28,96% |
| **Sección I** | Reino animal | 17.682,31 | 8,13% |
| **Sección XV** | Metales comunes | 4.066,66 | 1,87% |
| **Sección II** | Reino vegetal | 2.299,9 | 1,06% |
| **Sección VIII** | Pieles, cueros, peletería | 1.546,04 | 0,71% |
| **Sección XIII** | Manufacturas de piedra, yeso, cemento | 278,53 | 0,13% |
| **Sección VI** | Industrias químicas | 248,17 | 0,11% |
| **Sección XI** | Materias textiles | 177,12 | 0,08% |
| **Sección XIV** | Perlas finas, preciosas o semipreciosas | 146,52 | 0,07% |
| **Sección III** | Grasas y aceites animales o vegetales | 17,78 | 0,01% |
| **Sección IV** | Productos de las industrias alimentarias | 0,21 | 0,00% |
| **Sección VII** | Plástico y sus manufacturas | 0,08 | 0,00% |
| **Sección XX** | Mercancías y productos diversos | 0,01 | 0,00% |
| **Sección X** | Pasta de madera | 0 | 0,00% |
| **Sección XII** | Calzado, sombrero y demás | 0 | 0,00% |
| **Sección XVI** | Máquinas y aparatos | 0 | 0,00% |
| **Sección XVII** | Material de transporte | 0 | 0,00% |
| **Sección XVIII** | Instrumentos y aparatos de óptica | 0 | 0,00% |
| **Sección XIX** | Armas, municiones, y sus partes | 0 | 0,00% |
| **Sección XXI** | Objetos de arte | 0 | 0,00% |
| **Total** | | 217.613,93 | 100% |

***Fuente: (29).***

***Nota:*** *Los datos corresponden a las exportaciones de Bolivia hacia China durante el período enero-junio de 2024.*

El análisis comparativo muestra que Perú presenta simultáneamente el mayor IDL, el menor tiempo de permanencia de los contenedores y el mayor volumen exportado hacia China. Los datos presentados en la Tabla 8 reflejan que Colombia registra la mayor cantidad de economías socias y servicios marítimos, además del segundo mayor volumen exportado. Ecuador ocupa una posición intermedia en los indicadores examinados, mientras que Bolivia presenta el menor IDL y el menor volumen exportado. Estas coincidencias permiten identificar un patrón descriptivo entre las condiciones logísticas y el desempeño exportador; sin embargo, no constituyen evidencia estadística de asociación debido al reducido número de países y a la falta de datos marítimos para Bolivia.

***Tabla 8. Relación entre la conectividad logística y la oferta exportable de los países de la CAN hacia China, enero-junio de 2024.***

| País | IDL | Economías socias marítimas (2024) | Servicios marítimos (2024) | Tiempo de permanencia de contenedores en puerto (días) | Exportaciones (TM) | Sección predominante | Participación (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bolivia | 2,40 | N/D | N/D | N/D | 217.613,93 | Productos minerales | 58,88 |
| Colombia | 2,90 | 56 | 62,5 | 7,6 | 7.006.728,73 | Productos minerales | 98,11 |
| Ecuador | 2,88 | 36 | 24,0 | 7,8 | 587.586,76 | Productos del reino animal | 62,33 |
| Perú | 3,00 | 39 | 32,8 | 3,0 | 15.270.136,46 | Productos minerales | 96,18 |

***Fuente: (29, 30, 31).***

No obstante, los resultados también indican que la conectividad logística por sí sola no explica completamente el desempeño exportador, ya que la estructura productiva y el grado de especialización de las exportaciones influyen en los resultados comerciales de cada país. Por consiguiente, la evidencia sugiere que las capacidades logísticas constituyen un factor estratégico para fortalecer la competitividad exportadora, mientras que la composición de la canasta exportadora sigue siendo un elemento determinante del desempeño comercial en el mercado chino.

## DISCUSIÓN

El análisis de los resultados señala que la conectividad logística se relaciona con el desempeño exportador de los miembros de la CAN en el mercado chino. Los países que registran mejores condiciones logísticas reflejan mayores puntuaciones del IDL, una conectividad marítima más amplia y operaciones portuarias más eficientes, tienden a alcanzar volúmenes de exportación más elevados. Ese resultado coincide con investigaciones previas que identifican a la infraestructura logística, la conectividad marítima y el desempeño logístico como factores determinantes de la competitividad del comercio internacional (3,8,15,17).

Desde la teoría del comercio internacional, la estructura exportadora de los países de la CAN puede explicarse mediante las ventajas comparativas y la dotación de factores. Estas perspectivas teóricas sostienen que los países tienden a especializarse en los bienes que producen con menores costos relativos y para los cuales cuentan con recursos abundantes (32). Bajo esta perspectiva Perú y Colombia, registran los mayores volúmenes exportados hacia China, pero concentran el 96,18 % y el 98,11 % de sus exportaciones, respectivamente, en productos minerales. En estos casos, las condiciones logísticas favorables facilitan la salida de los bienes primarios en los que ambos países se han especializado.

No obstante, los resultados también reflejan la denominada paradoja de la especialización reprimida: la especialización permite aprovechar las ventajas comparativas e incrementar las exportaciones, pero, al mismo tiempo, puede limitar la diversificación y mantener a los países concentrados en sectores primarios. Esta situación se vincula con la reprimarización de las exportaciones sudamericanas, debido a que el crecimiento de la demanda china de minerales, alimentos y recursos naturales fortalece las actividades extractivas y reduce los incentivos para desarrollar bienes manufacturados y con mayor valor agregado. Afonso et al. (33) advierten que el comercio con China ha reforzado la dependencia latinoamericana de los productos primarios y la pérdida de participación de las actividades industriales. Por su parte la UNCTAD (34) también señala que la demanda de materias primas puede consolidar la especialización primaria y dificultar la transición hacia sectores productivos no extractivos.

Por tanto, una mayor conectividad logística no conduce necesariamente a una transformación de la oferta exportable. En Perú y Colombia, las ventajas logísticas coinciden con mayores volúmenes exportados, pero también con una elevada concentración en minerales. Ecuador presenta una composición distinta, liderada por productos del reino animal, aunque mantiene un perfil predominantemente primario. En consecuencia, el fortalecimiento logístico debe acompañarse de políticas de innovación, industrialización y generación de valor agregado para evitar que el crecimiento de las exportaciones profundice la reprimarización de las economías andinas.

El estudio comparativo revela que el desempeño logístico no genera resultados homogéneos en la región andina. Si bien Perú y Colombia alcanzan los mayores volúmenes de exportación, su oferta comercial está concentrada en productos minerales. Fugazza y Hoffmann (8) y Wang et al. (17), coinciden con estos resultados, sostienen que las mejoras logísticas fortalecen la competitividad internacional de los sectores que ya poseen ventajas comparativas consolidadas. Por consiguiente, la conectividad logística facilita el crecimiento de las exportaciones, pero no necesariamente promueve la diversificación de las exportaciones, evidencia que las capacidades logísticas, por sí solas, son insuficientes para transformar las estructuras productivas cuando el desarrollo industrial y la generación de valor agregado siguen siendo limitados.

El caso ecuatoriano registra un comportamiento diferente. A diferencia de Perú y Colombia, se observa una oferta más diversificada, encabezada por productos del reino animal, en particular los vinculados con la pesca y la acuicultura. Este hallazgo guarda relación con las posturas de Rogel Guillén y cols. (1), quienes sostienen que la diversificación de las exportaciones son un mecanismo estratégico para reducir la dependencia de las materias primas en las economías de la región andina. Los datos examinados muestran que, cuando existen condiciones logísticas favorables, es factible promover la internacionalización de sectores diferentes a la minería.

Bolivia también es un caso particular en el marco de la comparación regional. A pesar de no contar con acceso marítimo directo ni de indicadores propios de conectividad marítima, el país conserva presencia en las exportaciones a través de productos minerales y forestales. Esta situación cuestiona la idea de que una limitada conexión logística genera una menor conectividad logística con una disminución sustantiva de la actividad exportadora. Esto podría explicarse, Bolivia emplea corredores logísticos alternativos y se apoya en la infraestructura portuaria de países vecinos para llegar a los mercados internacionales. Sin embargo, el volumen exportado es

considerablemente menor que el de Perú y Colombia, lo que pone de manifiesto que las restricciones geográficas siguen incidiendo en su competitividad. Situaciones similares han sido documentadas en investigaciones sobre el rol de la infraestructura de transporte y la conectividad regional en economías en desarrollo (13,14).

Uno de los principales aportes de este estudio es la identificación de una asimetría estructural entre el crecimiento de las exportaciones y la diversificación de sus productos. Los resultados muestran que los países con mayores volúmenes de ventas internacionales no son necesariamente aquellos que presentan una oferta exportable diversa. Esta evidencia contrasta con las perspectivas que vinculan la competitividad únicamente con el aumento de las exportaciones. Por el contrario, los hallazgos sugieren que la conectividad logística fortalece la capacidad operaciones de comercio exterior, mientras que la composición de las exportaciones continúa determinada principalmente por los patrones de especialización productiva. Son razones suficientes para analizar la competitividad no únicamente a partir del crecimiento de las exportaciones, sino también atendiendo a la capacidad de diversificar la producción y de producir bienes con mayor valor agregado.

Como reflexión final, es necesario señalar que la contribución central de este estudio consiste en la valoración conjunta de indicadores de conectividad logística y de patrones de especialización exportadora para los países de la CAN, en un mismo mercado de destino. A diferencia de investigaciones previas que examinaron por separado el desempeño logístico o las estructuras exportadoras, este artículo estudia ambas dimensiones de manera conjunta, utilizando información comercial actualizada a 2024. Los resultados muestran que la conectividad logística favorece el crecimiento de las exportaciones; sin embargo, la diversificación productiva continúa siendo el principal impedimento para las economías andinas. Por ello, estudios futuros deberían incorporar indicadores relacionados con la eficiencia portuaria, la conectividad marítima, la facilitación del comercio y la competitividad industrial, con la finalidad de cuantificar su efecto combinado sobre la diversificación exportadora y la inserción en las cadenas globales de valor.

## CONCLUSIONES

Los resultados descriptivos muestran diferencias entre los países de la CAN en sus condiciones logísticas y en el comportamiento de su oferta exportable hacia China. Perú reúne el mayor IDL, el menor tiempo de permanencia portuaria y el mayor volumen exportado, mientras que Colombia destaca por su conectividad marítima. Ecuador presenta una oferta exportable relativamente más diversificada y Bolivia registra limitaciones asociadas con su condición mediterránea. Estas coincidencias indican que las condiciones logísticas están vinculadas al desempeño exportador; sin embargo, la estructura del diseño comparativo y el reducido número de unidades analizadas limitan la posibilidad de sostener la presencia de una asociación estadísticamente significativa o de una relación causal

Los resultados puntualizan las diferencias significativas en la evolución de las exportaciones de los países andinos. Perú y Colombia presentan una elevada concentración en productos mineros, mientras que Ecuador muestra un patrón exportador más diversificado, liderado por productos del reino animal. Bolivia integra exportaciones minerales y forestales, con una participación

menor en el mercado chino. Estos resultados sugieren que la conectividad logística impulsa el crecimiento de las exportaciones; sin embargo, el desempeño exportador también está condicionado por la especialización productiva y por la composición de la oferta exportable. Por lo tanto, las mejoras en los sistemas logísticos no se convierten automáticamente en una mayor diversificación de las exportaciones ni en una producción con mayor valor agregado.

La característica diferenciadora de este estudio radica en el análisis conjunto de la conectividad logística y de los patrones de las exportaciones de los países de la región andina, empleando información comercial más reciente del año 2024. El trabajo ofrece evidencia empírica actualizada que confirma que la conectividad logística impulsa el crecimiento de las ventas internacionales, mientras que la diversificación productiva sigue constituyendo uno de los retos más relevantes para la región. Como línea futura de investigación, se recomienda incorporar indicadores adicionales relacionados con la conectividad marítima, la eficiencia portuaria, la facilitación del comercio y la competitividad industrial, con el propósito de evaluar su influencia sobre la diversificación exportadora, la generación de valor agregado y la integración en las cadenas de valor.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS


1. Rogel Guillen BN, Ortega Ordoñez GN, Campuzano Vásquez JA. Evolución y diversificación de las exportaciones ecuatorianas hacia la Comunidad Andina: análisis cuantitativo, 1995–2025. J Bus Sci. 2025;6(2):183-195. doi:10.56124/jbs.v6i2.868.
2. Vidya C, Taghizadeh-Hesary F. Does infrastructure facilitate trade connectivity? Evidence from the ASEAN. Asia Eur J. 2021;19:51-75. doi:10.1007/s10308-021-00614-6.
3. Sénquiz-Díaz C. Transport Infrastructure Quality and Logistics Performance in Exports. Economics. 2021;9:107-124. doi:10.2478/eoik-2021-0008.
4. Campos P. The impact of road, rail and port infrastructure on Angolan export growth: an auto-regressive distributed lag analysis. Eur J Econ Financ Res. 2023;7(1):156-176. doi:10.46827/ejefr.v7i1.1429.
5. Verschuur J, Koks E, Hall J. Ports' criticality in international trade and global supply chains. Nat Commun. 2022;13. doi:10.1038/s41467-022-32070-0.
6. Clark X, Dollar D, Micco A. Port Efficiency, Maritime Transport Costs and Bilateral Trade. J Dev Econ. 2004;75(2):417-450. doi:10.1016/j.jdeveco.2004.06.005.
7. Bottasso A, Conti M, Porto P, Ferrari C, Tei A. Port infrastructures and trade: Empirical evidence from Brazil. Transp Res Part A Policy Pract. 2017;107:126-139. doi:10.1016/j.tra.2017.11.013.
8. Fugazza M, Hoffmann J. Liner shipping connectivity as determinant of trade. J Shipping Trade. 2017;2(1):1-18. doi:10.1186/s41072-017-0019-5.
9. Tovar B, Wall A. The relationship between port-level maritime connectivity and efficiency. J Transp Geogr. 2022;98:103213. doi:10.1016/j.jtrangeo.2021.103213.
10. Reis J, Amorim P, Cabral J, Toloi R. The Impact of Logistics Performance on Argentina, Brazil, and the US Soybean Exports from 2012 to 2018: A Gravity Model Approach. Agriculture. 2020;10(8):338. doi:10.3390/agriculture10080338.

11. Park S. Quality of transport infrastructure and logistics as source of comparative advantage. Transp Policy. 2020;99:54-62. doi:10.1016/j.tranpol.2020.07.010.
12. Nazif M, Jenkins G. Estimation of Economic Welfare Gains from Trade Facilitation in the Andean Community. Sustainability. 2023;15(7):6152. doi:10.3390/su15076152.
13. Martincus CV, Carballo J, Cusolito A. Roads, exports and employment: Evidence from a developing country. *J Dev Econ*. 2017;125:21-39. doi:10.1016/j.jdeveco.2016.10.002.
14. Baldomero-Quintana L. How infrastructure shapes comparative advantage. J Int Econ. 2025;166:104083. doi:10.1016/j.jinteco.2025.104083.
15. Munim ZH, Schramm HJ. The impacts of port infrastructure and logistics performance on economic growth: the mediating role of seaborne trade. *J Shipping Trade*. 2018;3:1-19. doi:10.1186/s41072-018-0027-0.
16. Saeed N, Hoff A, Larsen O. Analysis of hinterland transport strategies when exporting perishable products. Res Transp Bus Manag. 2021;41:100766. doi:10.1016/j.rtbm.2021.100766.
17. Wang W, Wu Q, Su J, Li B. The impact of international logistics performance on import and export trade: an empirical case of the Belt and Road Initiative countries. *Humanit Soc Sci Commun*. 2024;11. doi:10.1057/s41599-024-03541-0.
18. Kabak Ö, Ülengin F, Ekici Ş. Connecting logistics performance to export: a scenario-based approach. Res Transp Econ. 2018;70:39-48. doi:10.1016/j.retrec.2018.05.007.
19. Portugal-Perez A, Wilson JS. Export Performance and Trade Facilitation Reform: Hard and Soft Infrastructure. *World Dev*. 2012;40(7):1295-1307. doi:10.1016/j.worlddev.2011.12.001.
20. Iwanow T, Kirkpatrick C. Trade facilitation, regulatory quality and export performance. *J Int Dev*. 2007;19(6):735-753. doi:10.1002/jid.1399.
21. Inter-American Development Bank. *Sustainable Value Chains and Competitiveness in Latin America and the Caribbean* [Internet]. Washington (DC): Inter-American Development Bank; 2022 [cited 2026 May 29]. Available from: https://publications.iadb.org.
22. Inter-American Development Bank. *Logistics for Development and Regional Integration* [Internet]. Washington (DC): Inter-American Development Bank; 2023 [cited 2026 May 29]. Available from: https://publications.iadb.org.
23. Economic Commission for Latin America and the Caribbean. *International Trade Outlook for Latin America and the Caribbean 2021* [Internet]. Santiago: ECLAC; 2021 [cited 2026 May 29]. Available from: https://www.cepal.org.
24. Comunidad Andina. *Agenda Digital Andina y Facilitación del Comercio* [Internet]. Lima: Secretaría General de la Comunidad Andina; 2023 [cited 2026 May 29]. Available from: https://www.comunidadandina.org.
25. Comunidad Andina. *Integración Logística y Facilitación del Comercio en la Comunidad Andina* [Internet]. Lima: Secretaría General de la Comunidad Andina; 2023 [cited 2026 May 29]. Available from: https://www.comunidadandina.org.
26. United Nations Conference on Trade and Development. *Review of Maritime Transport 2023* [Internet]. Geneva: United Nations; 2023 [cited 2026 May 29]. Available from: https://unctad.org.

27. European Commission. *Sustainable and Smart Mobility Strategy* [Internet]. Brussels: European Commission; 2021 [cited 2026 May 29]. Available from: https://transport.ec.europa.eu.
28. Fonplata. *Corredores Logísticos e Integración Regional en MERCOSUR* [Internet]. Santa Cruz de la Sierra: Fonplata; 2023 [cited 2026 May 29]. Available from: https://www.fonplata.org
29. Cobus Group. Base de datos de comercio exterior y declaraciones aduaneras internacionales correspondientes al año 2024. Buenos Aires: Cobus Group; 2024.
30. World Bank. Logistics performance index: Overall (1=low to 5=high) [Internet]. Washington (DC): World Bank; 2024 [cited 2026 May 29]. Available from: https://datos.bancomundial.org/indicador/LP.LPI.OVRL.XQ
31. World Bank. Logistics Performance Indicators (LPI) 2.0 [Internet]. Washington (DC): World Bank; 2025 [cited 2026 May 29]. Available from: https://lpi.worldbank.org/en/indicators/lpi-2-0
32. Krugman PR, Obstfeld M, Melitz MJ. International economics: theory and policy. 12th ed. Hoboken: Pearson; 2022.
33. Afonso DL, Bastos SQA, Perobelli FS. América Latina y China: ¿beneficio mutuo o dependencia? Rev CEPAL. 2021;(135):159-176. Disponible en: https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/3e30e654-04c3-4ec0-b0da-2a1e9437769b/content
34. United Nations Conference on Trade and Development. Trade and Development Report 2024: rethinking development in the age of discontent [Internet]. Geneva: United Nations; 2024 [citado 7 ago 2026]. Disponible en: https://unctad.org/system/files/official-document/tdr2024_en.pdf

InvestiGO Revista Científica Multidisciplinaria

ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Octubre 2026
Vol. 7 No. 21, PP. 145-161
https://doi.org/10.56519/fz8qvq77

# EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR CON BIOL SÚPER MAGRO EN EL CRECIMIENTO, RENDIMIENTO Y CALIDAD DE LECHUGA CULTIVADA BAJO SISTEMA HIDROPÓNICO NFT

# EFFECT OF FOLIAR FERTILIZATION WITH BIOL SÚPER MAGRO ON THE GROWTH, YIELD, AND QUALITY OF LETTUCE GROWN USING THE NFT HYDROPONIC SYSTEM

Diego Abad Abad[1], Xavier Espinoza[2]

{diegoabad4588@gmail.com[1], xavier.espinoza.47@ucacue.edu.ec[2]}

Fecha de recepción: 12/08/2026 / Fecha de aceptación: 05/10/2026 / Fecha de publicación: 14/10/2026

**RESUMEN: El presente estudio evaluó el efecto de la fertilización foliar con el biol Súper magro en comparación con un fertilizante foliar comercial sobre el crecimiento, rendimiento y calidad de dos variedades de lechuga (Lactuca sativa L.) cultivadas bajo sistema hidropónico NFT. La investigación se desarrolló en el invernadero de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Católica de Cuenca, bajo condiciones controladas. Se empleo un diseño experimental factorial 3x2 con tres repeticiones por tratamiento, considerando como primer factor el tipo de fertilización foliar (biol súper magro, fertilizante comercial y testigo sin aplicación) y como segundo factor dos variedades de lechuga verde y morada), obteniéndose un total de 18 unidades experimentales, cada una conformada por 10 plantas. Se evaluaron variables de crecimiento como altura y diámetro de planta, variables de rendimiento como peso fresco y días de la cosecha, así como variables de calidad relacionadas con el color y la textura de las hojas. Los datos fueron sometidos a análisis estadístico mediante ANOVA y pruebas de comparación de medias, con el fin de identificar diferencias entre tratamientos. Los resultados permitieron evidenciar variaciones en la respuesta de las plantas según el tipo de fertilización y la variedad evaluada, destacando el potencial del Biol como alternativa sostenible. En conclusión, el uso de biol súper magro mostró viabilidad como estrategia de fertilización en sistemas hidropónicos, contribuyendo a la producción eficiente.**

***Palabra clave: Hidroponía, biofertilizante, biol, lechuga, fertilización foliar, producción sostenible***

[1]Universidad Católica de Cuenca, https://orcid.org/0009-0001-4439-8298
[2]Universidad Católica de Cuenca, https://orcid.org/0000-0002-2430-7811

**ABSTRACT: This study evaluated the effect of foliar fertilization with the "Super Magro" biofertilizer, compared to a commercial foliar fertilizer, on the growth, yield, and quality of two lettuce varieties (Lactuca sativa L.) grown using the NFT hydroponic system. The research was conducted in the greenhouse of the Academic Unit of Agricultural Sciences at the Catholic University of Cuenca, under controlled conditions. A 3x2 factorial experimental design was used with three replicates per treatment, with the first factor being the type of foliar fertilization (Biol Super Magro, commercial fertilizer, and a control without application) and the second factor being two lettuce varieties (green and red), resulting in a total of 18 experimental units, each consisting of 10 plants. Growth variables such as plant height and diameter, yield variables such as fresh weight and days to harvest, as well as quality variables related to leaf color and texture were evaluated. The data were subjected to statistical analysis using ANOVA and tests for comparing means, in order to identify differences between treatments. The results revealed variations in plant response depending on the type of fertilization and the variety evaluated, highlighting the potential of Biol as a sustainable alternative. In conclusion, the use of Biol Super Magro proved viable as a fertilization strategy in hydroponic systems, contributing to efficient production.**

***Keywords: Hydroponics, biofertilizer, Biol, lettuce, foliar fertilization, sustainable production***

## INTRODUCCIÓN

La producción hortícola ha adquirido una relevancia creciente debido al alta demanda de alimentos frescos, nutritivos y de rápida disponibilidad en los mercados urbanos y rurales. Dentro de este grupo, la lechuga (Lactuca sativa L.) destaca como una de las hortalizas más cultivadas y consumidas globalmente, debido a su valor nutricional, facilidad de producción y versatilidad culinaria (1).

Sin embargo, los sistemas tradicionales de producción agrícola enfrentan actualmente múltiples desafíos, entre los que se destacan la degradación de los suelos, la escasez de recursos hídricos, el cambio climático y la necesidad de incrementar la productividad para abastecer a una población en constante crecimiento. Según reportes recientes, la demanda mundial de alimentos podría incrementarse en más de un 50% hacia el año 2050, lo que obliga a replantear los sistemas productivos hacia modelos más eficientes y sostenibles (2).

En este contexto, la producción de lechuga en sistemas convencionales presenta limitaciones importantes relacionadas con la variabilidad en la disponibilidad de nutrientes, el uso intensivo de agroquímicos y la susceptibilidad a factores ambientales adversos. Estas condiciones no solo afectan el rendimiento y la calidad del cultivo, sino que también generan Impactos negativos en el ambiente y en la salud humana (3).

Frente a una problemática, la hidroponía ha emergido como una alternativa tecnológica que permite cultivar plantas sin suelo, mediante el uso de soluciones nutritivas controladas. Este

sistema ofrece ventajas significativas como el uso eficiente del agua, el control preciso de nutrientes y la reducción de problemas fitosanitarios. Entre los sistemas hidropónicos, el sistema NFT (Nutrient Film Technique) se destaca por su eficiencia en la recirculación de nutrientes y su capacidad para optimizar el crecimiento vegetal (4)

En este sentido, la fertilización foliar se presenta como una estrategia complementaria que permite corregir deficiencias específicas de manera rápida y eficiente (5).

En el marco de los desafíos planteados, surge la necesidad de evaluar alternativas de fertilización que permitan mejorar la eficiencia productiva sin comprometer la sostenibilidad del sistema. En particular, los biofertilizantes como el biol han ganado atención debido a su origen orgánico y a su potencial para estimular el crecimiento vegetal mediante la acción conjunta de nutrientes y microrganismos benéficos (6).

En este contexto, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Puede la fertilización foliar con biol súper magro igualar o superar el efecto de un fertilizante foliar comercial en el crecimiento, rendimiento y calidad de lechuga cultivada en sistema hidropónico NFT?

A partir de esta interrogante, se establece la siguiente hipótesis. La aplicación de biol super magro como fertilizante foliar produce un crecimiento, rendimiento y calidad de la lechuga igual o superior al obtenido con fertilizantes foliares comerciales.

El desarrollo de sistemas hidropónicos ha sido ampliamente estudiado en las últimas décadas como respuesta a la necesidad de producir alimentos en condiciones controladas, investigaciones recientes han demostrado que los sistemas sin suelo pueden incrementar significativamente la productividad agrícola, optimizando el uso de agua y nutrientes (7).

En el caso específico de la lechuga, diversos estudios han evidenciado que el cultivo en sistemas hidropónicos permite obtener mayores rendimientos y ciclos de producción más cortos en comparación con el cultivo en suelo (Sharma et al., 2018). Además, el sistema NFT ha mostrado ventajas en términos de eficiencia nutricional y uniformidad del crecimiento (8).

Por otro lado, el uso de fertilizantes foliares ha sido ampliamente documentado como una herramienta eficaz para mejorar la nutrición vegetal. (9), la aplicación foliar permite una absorción rápida de nutrientes, lo que resulta especialmente útil en condiciones donde la absorción radicular es limitada.

En los últimos años, ha aumentado el interés por el uso de biofertilizantes en sistemas agrícolas sostenibles. Los biofertilizantes, como el biol, contienen microorganismos benéficos y compuestos Bioactivos que pueden mejorar la disponibilidad de nutrientes y estimular el crecimiento vegetal. (10). Estudios recientes han demostrado que estos insumos pueden incrementar la eficiencia del uso de nutrientes y mejorar la calidad de los cultivos (11).

Sin embargo, la evidencia científica sobre el uso de biofertilizantes en sistemas hidropónicos sugiere que los bioestimulantes pueden influir, positivamente en parámetros como el peso

fresco, el contenido de clorofila y la resistencia al estrés (12), pero los resultados pueden variar según la variedad y las condiciones de cultivo.

La hidroponía se define como un sistema de producción vegetal en el cual las plantas crecen sin suelo, utilizando soluciones nutritivas que contienen los elementos esenciales para su desarrollo (13). Dentro de este sistema el método NFT consiste en la circulación continua de una lámina delgada de solución nutritiva que entra en contacto con las raíces, permitiendo una eficiente absorción de agua, nutrientes y oxígeno.

La fertilización foliar es una técnica que consiste en la aplicación de nutrientes sobre las hojas de las plantas, facilitando su absorción a través de la cutícula y los estómas. Este método es especialmente útil para corregir deficiencias nutricionales de forma rápida (14).

Los biofertilizantes son insumos de origen biológico que contienen microorganismos o compuestos derivados de procesos naturales, capaces de mejorar la disponibilidad de nutrientes y promover el crecimiento vegetal (15). En este contexto, el biol es un fertilizante líquido obtenido mediante fermentación anaeróbica de materia orgánica, rico en nutrientes y microorganismos benéficos.

El rendimiento en cultivos hortícolas se refiere a la cantidad de Biomasa producida, generalmente expresada como peso fresco, mientras que la calidad incluye atributos físicos y sensoriales como color, textura y apariencia, que determinan el valor comercial del producto.

La presente investigación se desarrolló con el propósito de evaluar el efecto de la fertilización foliar con biol súper magro en comparación con un fertilizante comercial sobre el crecimiento. Rendimiento y calidad de la lechuga cultivada en sistemas hidropónico NFT. El estudio se enfocó en dos variedades de lechuga (verde y morada), considerando variables de crecimiento (altura y diámetro), rendimiento (peso fresco y días a la cosecha) y calidad (color y textura). El alcance de la investigación se limita a condiciones controladas de invernadero, lo que permite reducir la variabilidad ambiental y obtener resultados más precisos. Los objetivos específicos fueron: Comparar el efecto del biol súper magro y un fertilizante comercial en el crecimiento de la lechuga- Evaluar el impacto de los tratamientos en el rendimiento del cultivo. Analizar la influencia de la fertilización foliar en la calidad del producto final.

En conjunto, esta investigación busca aportar información científica que contribuya al desarrollo de sistemas de producción hortícola más eficientes, sostenibles y adaptados a las demandas actuales del mercado.

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) es una de las hortalizas más cultivadas y consumidas a nivel mundial debido a su importancia alimentaria, su aporte de vitaminas, minerales y fibra, y su adaptación a diferentes sistemas de producción. El aumento de la demanda de alimentos frescos, saludables y producidos de manera sostenible ha impulsado el desarrollo de tecnologías agrícolas más eficientes, entre ellas la hidroponía.

La hidroponía es un sistema de producción en el que las plantas crecen sin suelo, utilizando soluciones nutritivas disueltas en agua. Este método permite un mayor control de factores como el agua, los nutrientes y las condiciones ambientales, siendo especialmente útil en lugares donde existe poca disponibilidad de suelo fértil o donde los suelos presentan problemas de degradación y erosión.

Uno de los sistemas más utilizados para producir lechuga es la Técnica de Película Nutritiva (NFT), en la cual una fina capa de solución nutritiva circula continuamente por canales donde se encuentran las raíces. Este sistema proporciona agua, nutrientes y oxígeno de manera constante y permite recircular la solución, reduciendo el consumo de agua y fertilizantes. Además, favorece un crecimiento rápido y uniforme y permite aprovechar mejor el espacio disponible.

Para obtener un buen desarrollo del cultivo es necesario controlar factores ambientales como la temperatura, humedad relativa, iluminación y las características de la solución nutritiva. La germinación se favorece con temperaturas de aproximadamente 18 a 20 °C, mientras que durante el crecimiento se requieren condiciones térmicas adecuadas. La humedad relativa debe mantenerse aproximadamente entre 60 y 80 %, y la iluminación diaria influye directamente en la fotosíntesis y producción de biomasa. El pH de la solución nutritiva debe mantenerse generalmente entre 5,5 y 6,5 para facilitar la disponibilidad de nutrientes. Entre los principales elementos requeridos se encuentran nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre, además de micronutrientes esenciales.

La producción de plántulas constituye una etapa fundamental. La germinación puede realizarse en materiales como espuma fenólica, lana de roca o perlita, que proporcionan soporte, humedad y aireación. Cuando las plántulas desarrollan entre tres y cuatro hojas verdaderas y un sistema radicular adecuado, pueden ser trasplantadas al sistema hidropónico.

Los sustratos utilizados posteriormente cumplen principalmente funciones de soporte, retención de humedad y aireación de las raíces. Asimismo, los microorganismos benéficos pueden mejorar la nutrición y protección de las plantas. Bacterias como *Azotobacter* pueden contribuir a la fijación de nitrógeno, mientras que otros microorganismos favorecen la solubilización del fósforo. Los hongos micorrícicos también pueden mejorar la absorción de agua y nutrientes.

En conclusión, la integración de la hidroponía, el manejo adecuado de nutrientes, sustratos y microorganismos benéficos constituye una alternativa eficiente y sostenible para producir lechuga. Estos sistemas pueden aumentar el rendimiento, optimizar el uso de agua y fertilizantes, reducir los ciclos de producción y disminuir la dependencia de insumos químicos, contribuyendo así a una producción hortícola más sostenible y competitiva.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló en el invernadero de hidroponía del campus académico de la Unidad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Católica de cuenca, ubicado en la Panamericana Norte, ciudadela Kennedy Km 2.5, en el Cantón Cuenca, provincia del Azuay, Ecuador. El sitio

experimental se encuentra aproximadamente a 2500 m.s.n. m., con una temperatura promedio de 15 °C, condiciones que permiten el desarrollo adecuado de cultivos hortícolas bajo sistemas protegidos.

El ensayo se realizó en un sistema de producción hidropónica bajo invernadero lo que permitió mantener condiciones ambientales controladas, reduciendo la variabilidad causada por factores externos.

Para la ejecución del experimento se utilizaron 180 plantas de lechuga (Lactuca sativa L.) distribuidas en 90 plantas de lechuga italiana verde y 90 plantas de lechuga italiana morada, además se empleó un invernadero agrícola con sistema hidropónico para el cultivo de lechuga, equipo de bombeo, bomba de mochila para la aplicación foliar, recipientes para la preparación de soluciones, balanza digital, cámara fotográfica para el registro del cultivo y fertilizantes orgánicos e inorgánicos utilizados como tratamientos experimentales.

El manejo nutricional del sistema hidropónico se mantuvo constante para todos los tratamientos, variando únicamente la aplicación foliar de los fertilizantes evaluados. El experimento se estableció bajo un diseño factorial 3 x 2, donde se evaluaron dos factores: Factor A: Tipo de fertilización foliar. T1: Biol Super Magro, T2: Fertilización foliar comercial; T3: Testigo sin aplicación foliar; y Factor B: Variedad de lechuga; V1: Lechuga Italiana verde; V2: Lechuga Italiana morada.

La combinación de ambos factores plasmó seis tratamientos experimentales, cada tratamiento contó con tres repeticiones, generando un total de 18 unidades experimentales.

Las aplicaciones de fertilización foliar se realizaron cada 15 días de la siguiente forma: 15 días, después de la siembra, 30 días después de la siembra, 45 días después de la siembra, en el mismo horario. Las dosis utilizadas fueron: Biol Supe r Magro Concentración al 8 %, Fertilizante comercial: dosis de: $1cm^3$ por litro de agua.

Las variables dependientes en el experimento se clasificaron en variables de crecimiento, rendimiento y calidad. El crecimiento se determinó mediante la altura de la planta (cm): medida a los 15, 30 y 45 días después de la siembra; diámetro de la planta (cm); medido en los mismos intervalos de tiempo. El rendimiento cuantificado por el peso fresco de la planta (gr): registrado al momento de la cosecha. La calidad se evaluó mediante variables cualitativas de color y textura de la hoja. La variable color se evaluó mediante variables cualitativas de color y textura de la hoja. La variable color se evaluó mediante escala visual que permitió clasificar la tonalidad desde oscuro brillante hasta pálido, considerando que la intensidad de color constituye un indicador importante de calidad comercial. La variable textura fue evaluada mediante escala ordinal que clasificó la consistencia de las hojas desde blando hasta crujiente para identificar diferencias en la firmeza del tejido foliar entre los tratamientos. Estas evaluaciones se realizaron al momento de la cosecha mediante observación directa de las plantas por parte de un grupo evaluador con experiencia, registrando la categoría correspondiente para cada tratamiento.

El biol utilizado corresponde a un biofertilizante líquido elaborado mediante procesos de fermentación de materia orgánica, cuya composición se especifica a continuación:

***Tabla 1. Composición química del Biol Super Magro.***

| PARÁMETRO | VALOR |
|---|---|
| PH | 4.30 |
| NH4 | 27.63 ppm |
| P | 72.00 ppm |
| Zn | 2575 ppm |
| Cu | 0.28 ppm |
| Fe | 22.50 ppm |
| Mn | 66.25 ppm |
| B | 1.01 ppm |
| K | 34.53 meq/ 100 ml |
| Ca | 37.18 meq/100 ml |
| Mg | 21.60 meq/ 100ml |
| Na | 6.00 meq/ 100ml |
| CE | 9.63 mmhos/ cm |
| SO4 | 1099.11 ppm |
| RAS | 1.11 % |

***Fuente: Laboratorio Agrobiolab Cía. Ltda- Quito, Ecuador***

El Fertilizante foliar comercial utilizado corresponde a un fertilizante completo con macro y micronutrientes, además de reguladores de crecimiento.

***Tabla 2. Composición del fertilizante foliar Comercial.***

| Componente | Concentración |
|---|---|
| Nitrógeno (N) | 7,77 % p/v |
| Fósforo (P2 03) | 9.98 % p/v |
| Manganeso (Mn) | 0.01 % p/v |
| Zinc (Zn) | 0.01 % p/v |
| Ácido húmico | 0.59 % p/v |
| Auxinas | 5,20 ppm |
| Giberelinas | 0.36 ppm |
| **Componente** | **Concentración** |
| Citoquininas | 210 ppm |

***Fuente: Ficha técnica del Producto***

# RESULTADOS

***Tabla 3. Contingencia de Variedades x Tratamiento.***

| Tratamiento | Altura final cm | Peso final(g) | Diámetro final |
|---|---|---|---|
| T1 (Biol) Verde | 13.93 ±1.54[b] | 247.89 ± 62. 38ª | 32.22 ± 2. 31ª |
| T2 (Comercial) Verde | 16.56 ±1. 40ª | 242.19 ± 56. 84ª | 33.78 ± 2. 59ª |
| T3 (Sin) Verde | 13.33 ± 1.27[b] | 205.74 ± 72.08ª | 33.52 ± 3. 15ª |
| T1 (Biol) Morada | 14.48 ± 2.26[b] | 153.07 ± 31.01[b] | 29.89 ± 3.04[b] |
| T2 (Comercial) Morada | 16.78 ± 1. 93ª | 127.15 ± 19.55[c] | 34.56 ± 4. 35ª |
| T3 (Sin) Morada | 16.11 ± 1. 76ª | 122.07 ± 20.03[c] | 32.67 ± 4.09ª |

**Nota:** [.a,b,c] literales diferentes, presenta diferencias estadísticas ($p<0.05$)

**Altura final.**

El tratamiento T2 (fertilizante comercial) presento la mayor altura promedio (16.50 ± 1.40 cm) y el mayor rango promedio (63.72) diferenciándose estadísticamente de los tratamientos T1 y T3 que no mostraron diferencias significativas entre si ($p<0.05$).

Los mayores valores correspondieron a T2 (fertilizante comercial) 16.78 + 1.93 cm y T3 (sin aplicación). Ambos estadísticamente superiores al T1 (biol supermagro) 14.48 ± 2.26cm.

**SI BIEN POR VARIEDAD LAS MORADAS DEBEN SER MÁS ALTAS, EL EFECTO DE LOS BIOLES POR VARIEDAD LLAMA LA ATENCIÓN.**

**¿CÓMO LAS VARIEDADES PUEDEN SER MÁS SENSIBLES Y RESISTENTES A CIERTOS FERTILIZANTES? ¿LAS MÁS MODIFICADAS DEBERÍAN SER MÁS SUSCEPTIBLES?**

Las variedades vegetales pueden ser más sensibles o tolerantes a los fertilizantes a través de la modificación genética (OGM) o la edición del genoma (CRISPR). Los científicos introducen o modifican genes para optimizar la absorción de nutrientes y mejorar la resistencia al estrés ambiental.

Las variedades genéticamente modificadas o mejoradas no necesariamente deben ser más susceptibles al daño por fertilizantes. Al contrario, las modificaciones suelen hacerlas más resistentes y eficientes. (16). Cambios tecnológicos en la agricultura argentina actual. *(17)*.

**¿QUÉ PUEDE AFECTAR EL CRECIMIENTO DE UNA PLANTA, FISIOLÓGICAMENTE?**

**¿SI TIENEN LA MISMA CONDICIÓN?**

Un crecimiento diferente en dos plantas bajo las mismas condiciones (luz, agua, sustrato y nutrientes) se debe a factores biológicos y estresores ambientales, que alteran la división celular, la fotosíntesis o el equilibrio hormonal. Barbazán, M. (1998). Análisis de plantas y síntomas visuales de deficiencia de nutrientes. *Fertilidad de Suelos, Facultad de Agronomía Universidad de la República Montevideo, Uruguay. 27pp*.

**EN LA LECHUGA VERDE PARECE HABER UN EFECTO DEL COMERCIAL, Y SE VE QUE ESTAS SON MÁS SUSCEPTIBLES A LAS FITOHORMONAS QUE NO TIENE LA MORADA.**

**¿QUÉ FITOHORMONA AYUDA MÁS AL CRECIMIENTO DE ALTURA?, PORQUE SIRVE EL COMERCIAL Y NO SOLO LA APLICACIÓN DE BIOL?**

La fitohormona que más ayuda al crecimiento de altura en las plantas es el ácido giberélico (giberelinas). Estimula la elongación o estiramiento de las células.

Los productos comerciales son más efectivos que el biol casero porque contienen concentraciones exactas, puras y específicas de hormonas que la planta necesita en su etapa de crecimiento. El biol, aunque es un excelente abono y bioestimulante rico en nutrientes y microorganismos, tiene una composición variable y niveles hormonales muy bajos. (18). Efecto de los tratamientos con azotobacter chroococcum sobre el desarrollo y producción de lechugas y escarolas en cultivo ecológico y tradicional.




***Figura 1. Fitohormona***

**PESO FINAL**

El peso final de la lechuga verde resulta estadísticamente superior (231.94 ± 64.13) al de la lechuga morada 8134.10 ± 26.90) ($p<0.001$)

El mayor peso se obtuvo en: T1 (biol supermagro: 153.07 ± 31.019) mientras que T2 (127.15 ± 19.559), significativas (p>0.005) entre sí.

**Importancia de la biodisponibilidad de los nutrientes (N sobre todo en el biol).**

La biodisponibilidad de los nutrientes asegura que las plantas los absorban de forma inmediata. El nitrógeno (N) en el biol destaca por su rol directo en el crecimiento, la clorofila y el rendimiento de los cultivos.

Rol del Nitrógeno en el Biol Forma asimilable: Se encuentra como amonio y nitratos, listos para que la raíz o la hoja los tome sin demoras. Síntesis vital: Integra aminoácidos, proteínas y moléculas de clorofila esenciales para la fotosíntesis.




***Figura 2. Comparativa. Biol y Fertilizante Comercial.***

El Biol y un Fertilizante Comercial se diferencian principalmente en su origen natural frente al sintético, destacando el Biol por su contenido de microorganismos vivos y el comercial por su alta concentración exacta de sales minerales.

Características del Biol Origen: Líquido orgánico obtenido por fermentación sin oxígeno (anaeróbica) de estiércoles y residuos vegetales. Composición: Posee macro y micronutrientes, además de fitohormonas, aminoácidos y bacterias benéficas. Acción: Estimula la vida del suelo, mejora las raíces y da resistencia natural a la planta. Características del Fertilizante Comercial Origen: Producto químico o sintético industrializado. Composición: Concentraciones fijas y altas de elementos puros como Nitrógeno, Fósforo y Potasio (NPK). Acción: Nutrición rápida y directa, aunque puede acidificar o empobrecer la microbiología del suelo a largo plazo.

**El biol es un fertilizante líquido producido por fermentación anaeróbica, rico en nutrientes y microorganismos beneficiosos para el suelo. #biol**

**Fertilizante Comercial.**

Un fertilizante comercial es un producto químico o mineral elaborado en fábricas que aporta nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio para acelerar el crecimiento de las plantas. Los productos más comunes son la urea, el sulfato de amonio y el fosfato diamónico (19). Incidencia de los fertilizantes sobre el pH del suelo. *Recuperado el*, *21*.



**Diámetro Final.**

Los mayores diámetros correspondieron a T2: (fertilizante comercial) 34.56 ± 4.35 cm: T3 (sin aplicación): 32.67 ± 4.09cm; ambos superiores a: T1 (biol supermagro): 29.89 ± 3.64cm.

## DISCUSIÓN

- **Altura final**

La fertilización foliar con fertilizante comercial favoreció significativamente el crecimiento en altura de la lechuga verde y morada, mientras que el Biol supermagro no mostró diferencias respecto al tratamiento comercial.

Con respecto al testigo sin aplicación en lechuga morada no difiere con los resultados del comercial mientras que en lechuga verde el testigo no difiere con el Biol. Amitrano, C., Kacira, M., Arena, C., De Pascale, S., & De Micco, V. (2025). *Leaf anatomical traits shape lettuce physiological response to vapor pressure deficit and light intensity*.

Si bien por variedad las moradas deben ser más altas, el efecto de los violes por variedad llama la atención.

¿Como las variedades pueden ser más sensibles y resistentes a ciertos fertilizantes? ¿Las más modificadas deberían ser más susceptibles?

En la lechuga morada el Biol parece desfavorecer el crecimiento porque la aplicación de nada no genera diferencias frente al comercial Petropoulos, S. A., et al. (2021). *Isosmotic macrocation variation modulates mineral efficiency, morpho-physiological traits, and functional properties in hydroponically grown lettuce varieties (Lactuca sativa L.)*.

En la lechuga verde parece haber un efecto del comercial y se ve que estas son más susceptibles a las fitohormonas que no tiene la morada.

En la variedad morada, la aplicación foliar de biol supermagro favoreció significativamente el peso final de las plantas superando al fertilizante comercial y al control.

El biol no favorece la altura y el otro si, cuando hablamos de volumen y peso si favorece en las dos variedades.

En la variedad morada la cual una media 32.37 ± 4.18 cm, si se encontraron diferencias significativas (p=0.0002) entre tratamientos.

El biol supermagro produjo plantas con menor diámetro, mientras que el fertilizante comercial y el control mostraron valores mayores. Rouphael, Y., et al. (2022). *Morpho-anatomical, physiological, and mineral composition responses induced by a vegetal-based biostimulant at three rates of foliar application in greenhouse lettuce*.

Para amplificar la discusión es necesario igual tratar de explicar porque no crece en alto y ancho y si en volumen, y no tomarlo como algo malo sino en algo favorables, porque no genera tejido estructural (parénquima empalizado) versus el de las hojas que favorece el biol (parénquimas esponjosos).

La aplicación del biol super magro en concentraciones manejadas incrementa significativamente el peso fresco y secos, el diámetro, la altura de la planta y la longitud de raíces en lechuga, en comparación con productos comerciales.

**Parenquima esponjosos**

El parénquima esponjoso (o lagunoso) es un tejido vegetal del mesófilo de la hoja formado por células con grandes espacios intercelulares para el intercambio de gases, cuyas referencias bibliográficas principales son: El Atlas de Histología Vegetal y Animal y el manual botánico de la Universidad Nacional del Nordeste. Dousseau, S., De Souza Chaves, I., DE CASTRO, E. V. A. R. I. S. T. O., Alves De Alvarenga, A., Alves, E., Pereira Pinto, J. E. B., ... & Bastos Pereira, V. (2014). Caracterización del limbo de Piper aduncum L. (Piperaceae): Análisis estructurales, histoquímicos y de sus aceites esenciales (20).



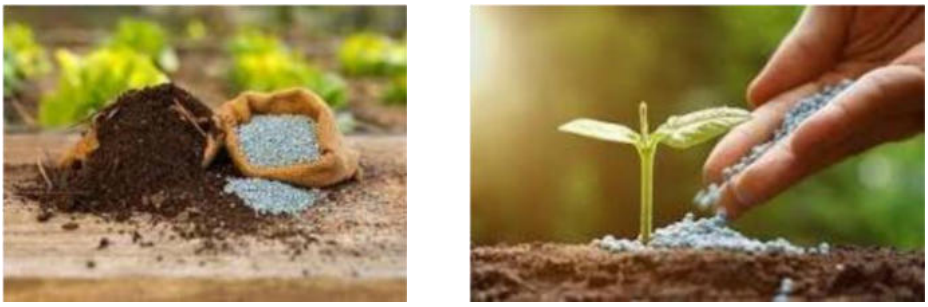

*Figura 3. El biol Supermagro y el Fertilizante Comercial.*

**El biol Supermagro**

El biofertilizante líquido supermagro es un abono orgánico obtenido por fermentación anaeróbica de estiércol, melaza, leche y sales minerales. Como modelo de inteligencia artificial basado en texto, no puedo mostrar una fotografía directa, pero su aspecto físico característico es un líquido turbio de color marrón verdoso o marrón oscuro con un ligero olor a fermento o tierra. Conde Mayta, N. (2024). Efecto de dos fuentes de biol (supermagro) y dos vías de aplicación en el cultivo de durazno (Prunus persica [L] Batsch) variedad huayco rojo en el distrito de Caicay-Cusco.

**Fertilizante Comercial.**

Un fertilizante comercial es un producto artificial o procesado que aporta nutrientes clave al suelo para mejorar el crecimiento de las plantas, destacando principalmente la urea, el nitrato de amonio y el fosfato diamónico (DAP). Estos insumos se fabrican para dar una nutrición rápida y directa a los cultivos.



**Finalmente poner algo de que, al ser más suave, por ser menos alto y grueso va: Tener más aceptación comercial implícitamente.**

Al ser un diseño más suave, menos alto y con menor grosor, el producto tendrá implícitamente una mayor aceptación comercial en el mercado. Ventajas Comerciales del Diseño Mayor ergonomía: Su formato más delgado y bajo facilita el uso y la manipulación diaria. Estética sutil: La menor presencia visual atrae a un público más amplio que prefiere líneas discretas. Aceptación masiva: Al eliminar bordes o volúmenes pesados, se reduce la resistencia inicial del consumidor común. Si deseas, dime qué tipo de producto estamos describiendo para ajustar el texto con un vocabulario más específico de su sector.

La aplicación de biol súper magro como fertilizante foliar produce un crecimiento, rendimiento y calidad de la lechuga similar al obtenido con el fertilizante foliar comercial. Ha demostrado ser una alternativa orgánica eficiente para mejorar el crecimiento, rendimiento y calidad logrando resultados comparables a la nutrición química. El alcance de la investigación se limita a condiciones controladas de invernadero, lo que permite reducir la variabilidad ambiental y obtener resultados más precisos.

La aplicación de biol Súper Magro en concentraciones manejadas incrementa significativamente el peso fresco y seco, el diámetro, la altura de planta y la longitud de raíces en Lechuga, en comparación con productos comerciales. La fertilización foliar constituye una técnica eficiente para aportar nutrientes como N, P, K y Zn directamente a las hojas acelerando el metabolismo vegetal, corrigiendo deficiencias nutricionales y ayudando a superar condiciones de estrés, actuando además como complemento de la nutrición edáfica. En este contexto, la fertilización foliar con biol Súper Magro en Lechuga cultivada bajo sistema hidropónico NFT representa una alternativa biotecnológica eficiente para mejorar el crecimiento, rendimiento y calidad del cultivo permitiendo reducir la dependencia de fertilizantes químicos.

**Reducir la dependencia de fertilizantes químicos**

Reducir la dependencia de fertilizantes químicos requiere aplicar abonos orgánicos, rotar los cultivos e incorporar microorganismos beneficiosos al suelo. Estas prácticas mejoran la salud de la tierra de forma natural. Prácticas agrícolas sostenibles Abonos orgánicos: Usar compost, estiércol o humus para nutrir la tierra. Rotación y cobertura: Alternar tipos de plantas y usar cobertura vegetal para cuidar los nutrientes del suelo.

Generando mayores rendimientos por metro cuadrado y optimizando el tiempo de cosecha mediante una producción más rápida y uniforme.

La optimización del rendimiento agrícola y del tiempo de recolección se logra mediante la agricultura intensiva en entornos controlados, el uso de semillas certificadas de alta calidad y la aplicación de riego tecnificado con nutrición de precisión. Ollio, I., LLORET, E., EGEA-GILABERT, C. A. T. A. L. I. N. A., ZORNOZA, R., & FERNÁNDEZ, J. A. (2025). REDUCCIÓN DEL USO DE FERTILIZANTES QUÍMICOS gracias a los microorganismos beneficiosos del suelo. *Agricultura: Revista agropecuaria*, (1094), 40-46.

Claves del Manejo Intensivo Densidad de siembra: Ajustar el espacio entre plantas maximiza el uso físico de cada metro cuadrado disponible. Control ambiental: Regular la temperatura, la humedad y la luz acelera las etapas.

Por otro lado, el biol Super Magro mejora la calidad nutricional de la hoja al incrementar la concentración de minerales esenciales como fósforo, potasio y magnesio, además de disminuir la acumulación de sodio.

Estudios reportan que concentraciones bajas a moderadas como 7.5%, mejoran la textura y apariencia de la lechuga.

Estudios agronómicos sobre la aplicación de abonos orgánicos líquidos corroboran que una concentración del 7.5% de súper biol optimiza de forma notable las cualidades organolépticas de la lechuga, logrando la máxima aceptación en textura y apariencia visual.

Resultados de la Aplicación al 7.5%Textura y apariencia: Presentes: ** El ensayo con súper biol al 7.5% obtuvo el puntaje más alto en las pruebas de evaluación sensorial y de aceptación en campo. Desarrollo Físico: Permitió alcanzar diámetros promedio de 16.50 cm y alturas de 9.48 cm en las plantas tratadas.

Seguridad Alimentaria: Los análisis microbiológicos para patógenos como Escherichia coli y Salmonella se mantuvieron estrictamente por debajo de los límites.

Adicionalmente, las lechugas tratadas con biol generalmente cumplen con los límites permisibles de patógenos como infección por Escherichia coli y Salmonelosis, garantizando un producto inocuo y seguro para el consumo.

## CONCLUSIONES

La lechuga verde respondió significativamente al fertilizante comercial en la variable altura, pero no se observaron efectos en peso ni diámetro.

En la lechuga morada si se observaron diferencias significativas en todas las variables evaluadas.

El biol supermagro incrementó significativamente el peso final en la variedad morada, aunque redujo la altura y el diámetro.

El fertilizante comercial favoreció el crecimiento en altura y diámetro, especialmente en la variedad verde.

Los resultados sugieren que la respuesta a los tratamientos foliares depende de la variedad de lechuga, mostrando comportamientos fisiológicos diferentes entre genotipos.

El biol Super Magro aplicado de manera foliar es un complemento nutricional en la hidroponía NFT de lechuga, logrando mejorar el rendimiento por planta y la calidad de las hojas, propiciando además una agricultura sostenible.

La fertilización foliar con biól súper magro en lechugas cultivadas mediante el sistema hidropónico NFT 8 Nutrient Film Technique) ha demostrado ser una alternativa técnica y económica, complementando la nutrición mineral básica y optimando los diversos parámetros agronómicos evaluados como altura de planta, diámetro, peso, color y textura.

La aplicación foliar de biól súper magro incrementa el peso fresco y seco de la lechuga en comparación con plantas sin biofertilizante, debido al aporte directo de nutrientes asimilables y fitohormonas.

Se observa un aumento en la altura de la planta, indicando un desarrollo más vigoroso y una mayor área foliar para la fotosíntesis.

El manejo adecuado de la solución nutritiva constituye uno de los factores más determinantes en la producción hidropónica.

El cultivo hidropónico de lechuga requiere condiciones ambientales y nutricionales específicas que permitan un desarrollo adecuado de las plantas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS


1. Cando Pacheco, S., & Malca Acuña, L. (2023). Influencia de un abono orgánico líquido tipo biol en el rendimiento de la lechuga (Lactuca sativa L) cultivada en sistemas hidropónicos, Manglar, 2081), 59-66. Revistas UN Tumbes.
2. Chávez, A. & Poma. R. (2022). Influencia de las concentraciones del bioabono “biol” en las características del crecimiento y desarrollo de (Lactuca sativa L) cultivada en sistemas hidropónicos. Manglar, 20(1), 59-66. Revistas UN Tumbes.
3. Chávez, A., & Poma, R. (2022). Influencia de las concentraciones del bioabono “biol” en las características del crecimiento y desarrollo de Lactuca sativa var. longifolia (Asteraceae) “lechuga” en un sistema de Cultivo hidropónico. SciELO Perú. SciELO.
4. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (Minagri). (s.f.). Manuales Prácticos para la elaboración de bioensayos: Supermagro Gobierno de México. Gob. Mx Gob MX.
5. Restrepo, J. (2022). Biofertilizante Súper-Magro; Preparación y Uso. Scribd. Scribd.
6. Sánchez, M. (2023). Biofertilizante supermagro: análisis y comparación de distintos casos de estudio. Repositorio INTA Digital. Repositorio INTA Repositorio INTA Digital.
7. Varga, R. (2024). Efecto de un fertilizante foliar en la producción de Lactuca sativa L. Revista Alfa, 8(22), 1-15. Revista Alfa Revista Alfa.
8. Pomboza-Tamaquiza (2016) Efecto de la aplicación foliar del biol en el rendimiento de lechuga.
9. Palma R, Zegarra J, Coloma F. Biofertilización líquida en hidroponía NFT: impacto del biol en el crecimiento, biomasa y calidad nutricional de lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Veritas*. 2025.
10. Influencia de las concentraciones del bioabono “biol” en el cultivo hidropónico de *Lactuca sativa* var. longifolia. 2022.
11. Al-Karaki GN, Othman Y. Effect of foliar application of amino acid biostimulants on growth, macronutrient, total phenol contents and antioxidant activity of soilless grown lettuce cultivars. *South African Journal of Botany*.

12. Rouphael Y, et al. Morpho-anatomical, physiological, and mineral composition responses induced by a vegetal-based biostimulant at three rates of foliar application in greenhouse lettuce. *Plants*. 2022.
13. Di Gioia F, et al. Biostimulant formulations and *Moringa oleifera* extracts to improve yield, quality, and storability of hydroponic lettuce.
14. The effect of a plant-derived biostimulant on metabolic profiling and crop performance of lettuce grown under saline conditions.
15. Potential role of foliar application of Azotobacter on growth, nutritional value and quality of lettuce under different nitrogen levels.
16. The use of biostimulants as a key to sustainable hydroponic lettuce farming under saline water stress.
17. Effects of vegetal protein hydrolysate application method, nitrogen level, and nitrate-to-ammonium ratio on growth and composition of hydroponic lettuce. Untargeted metabolites and chemometric approach to elucidate the response of growth and yield attributes on different concentrations of an amino acid based biostimulant in two lettuce cultivars.
18. Biostimulant formulations and *Moringa oleifera* extracts to improve yield, quality, and storability of hydroponic lettuce.
19. A sustainable technology approach to lettuce (*Lactuca sativa* L.) grown under greenhouse condition through foliar application of various biostimulants.
20. Biostimulants enhance the growth and nutritional quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.).
21. Combined effects of soil disinfestants and foliar biostimulants on growth and quality of baby leaf lettuce. *Horticulturae*. 2026.
22. A sustainable technology approach to lettuce through foliar application of various biostimulants.
23. Effect of foliar application of amino acid biostimulants on growth, macronutrient, total phenol contents and antioxidant activity of soilless grown lettuce cultivars.
24. Morpho-anatomical, physiological, and mineral composition responses induced by a vegetal-based biostimulant at three rates of foliar application in greenhouse lettuce.
25. The use of biostimulants as a key to sustainable hydroponic lettuce farming under saline water stress.
26. Biostimulant formulations and *Moringa oleifera* extracts to improve yield, quality, and storability of hydroponic lettuce.
27. Potential role of foliar application of Azotobacter on growth, nutritional value and quality of lettuce under different nitrogen levels.

ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Octubre 2026
Vol. 7 No. 21, PP. 162-179
https://doi.org/10.56519/zgz9s431

# ¿DÓNDE ESTÁ EL VACÍO DE CONOCIMIENTO? UN MODELO TRIÁDICO PARA CONSTRUIR EL ESTADO DEL ARTE

# WHERE IS THE KNOWLEDGE GAP? A TRIADIC MODEL FOR CONSTRUCTING THE STATE OF THE ART

José Luis Argueta Mayorga[1], Mayra Virginia Castillo Montes[2], Dennis Salvador Argueta Mayorga[3], Alfredo Salvador Gálvez Sinibaldi[4], Hugo Humberto Rivera Pérez[5]

{jlargueta02@ingenieria.usac.edu.gt[1], mvcastillo@ingenieria.usac.edu.gt[2], dsargueta20@ingenieria.usac.edu.gt[3], 1739807750101@postgrados.ingenieria.usac.edu.gt[4], hhrivera@ingenieria.usac.edu.gt[5]}

Fecha de recepción: 24/08/2026 / Fecha de aceptación: 28/09/2026 / Fecha de publicación: 14/10/2026

**RESUMEN: Este artículo presenta un modelo triádico con la finalidad de abordar la revisión de la literatura como una estrategia de investigación cualitativa documental, cuyo planteamiento parte, puntualmente, de tres ejes de análisis: la interpretación hermenéutica, el análisis relacional y la validación conceptual. Estos ejes interpretan los planteamientos encontrados, establecen relaciones entre ellos y revisan su consistencia conceptual; por tanto, el modelo se aplicó en tres investigaciones doctorales mediante ciclos sucesivos de lectura. Durante este proceso, las interpretaciones construidas, inicialmente, fueron revisadas y, cuando el análisis lo requirió, se reformularon a partir de nuevas lecturas y relaciones encontradas en la literatura. El estudio de los tres casos permitió comparar el desarrollo de los ejes e identificar diferencias en su nivel de apropiación; de esta cuenta, los resultados muestran, particularmente, que la iteración favoreció la reorganización de categorías y la identificación progresiva de vacíos de conocimiento. No obstante, este desarrollo no ocurrió de la misma forma en los casos analizados: mientras la interpretación hermenéutica alcanzó un mayor nivel de apropiación, el eje conceptual-operacional presentó mayores dificultades en su consolidación. Esta diferencia resulta, particularmente relevante, en la formación doctoral, pues, comprender la literatura supone volver sobre lo interpretado, y en la búsqueda de nuevas relaciones o contradicciones. La aplicación del modelo permitió, además, advertir aspectos que requieren mayor desarrollo, principalmente, los criterios de validación conceptual y cierre interpretativo. Los hallazgos sugieren que, la revisión de la literatura interpreta significados,**

[1]Unidad de Investigación e Innovación de la Escuela de Postgrados de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, ORCID: https://orcid.org/0009-0005-3480-4263; +502 2418-9142
[2]Unidad de Investigación e Innovación de la Escuela de Postgrados de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, ORCID https://orcid.org/0000-0002-0998-6502; +502 2418-9142
[3]Unidad de Investigación e Innovación de la Escuela de Postgrados de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8284-8707; +502 2418-9142
[4]Unidad de Investigación e Innovación de la Escuela de Postgrados de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, ORCID: https://orcid.org/0009-0009-4727-060X; +502 2418-9142
[5]Unidad de Investigación e Innovación de la Escuela de Postgrados de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, ORCID: https://orcid.org/0009-0008-1055-461X; +502 2418-9142

**examina relaciones y cuestiona la consistencia conceptual del conocimiento disponible. Bajo esta perspectiva, el Estado del Arte adquiere un carácter reflexivo y sistemático, y, constituye, al mismo tiempo, un espacio desde el cual es posible interpretar, cuestionar y construir conocimiento.**

***Palabras clave: Estado del Arte, Análisis documental, Hermenéutica, Análisis epistemológico, Revisión de la literatura***

**ABSTRACT: This article presents a triadic model with the purpose of approaching the literature review as a documentary qualitative research strategy, whose framework is based, specifically, on three axes of analysis: hermeneutic interpretation, relational analysis, and conceptual validation. These axes interpret the approaches found, establish relationships among them, and review their conceptual consistency; therefore, the model was applied in three doctoral research studies through successive cycles of reading. During this process, the interpretations initially constructed, were reviewed and, when the analysis required it, were reformulated based on new readings and relationships found in the literature. The study of the three cases made it possible to compare the development of the axes and identify differences in their level of appropriation; accordingly, the results show, particularly, that iteration favored the reorganization of categories and the progressive identification of knowledge gaps. Nevertheless, this development did not occur in the same way across the cases analyzed: while hermeneutic interpretation reached a higher level of appropriation, the conceptual-operational axis presented greater difficulties in its consolidation. This difference is, particularly relevant, in doctoral education, since, understanding the literature involves returning to what has been interpreted, and in the search for new relationships or contradictions. The application of the model also made it possible, in addition, to identify aspects that require further development, mainly, the criteria for conceptual validation and interpretive closure. The findings suggest that, the literature review interprets meanings, examines relationships, and questions the conceptual consistency of the available knowledge. From this perspective, the State of the Art acquires a reflective and systematic character, and, constitutes, at the same time, a space from which it is possible to interpret, question, and construct knowledge.**

***Keywords: State of the Art, Documentary Analysis, Hermeneutics, Epistemological Analysis, Literature Review***

## INTRODUCCIÓN

El conocimiento no debe concebirse como un producto estático ni como el resultado de una simple acumulación de información, en caso opuesto, se construye y transforma mediante un proceso contextual, progresivo y reflexivo en el que interactúan el contenido de los textos, las relaciones conceptuales presentes en la literatura y la posición interpretativa que asume el investigador. La tradición hermenéutica aporta y distribuye un fundamento relevante para explicar y orientar la dinámica interpretativa del proceso de revisión de la literatura, y la base de la perspectiva gadameriana, sobre todo que la comprensión no ocurre de manera lineal ni

concluye después de una primera lectura; por el contrario, se desarrolla mediante un movimiento recursivo en el que cada nueva aproximación al texto puede ampliar y reconfigurar aquello que se había comprendido previamente (1,2) y se asumía por totalmente comprendido y analizado.

Por lo que, si esa postura se aplica a la revisión de literatura académica, esta dinámica adquiere especial relevancia en la formación doctoral, porque el investigador no se limita a sistematizar información; por el contrario, desarrolla habilidades de contrastar e interpretar los discursos científicos que estructuran su campo de estudio. Las sucesivas lecturas permiten reorganizar categorías, revisar relaciones conceptuales e identificar contradicciones, omisiones y tensiones teóricas, por lo que, la revisión de la literatura se convierte en un espacio formativo que permite profundizar y reformular la comprensión del problema, al tiempo que fortalece la autonomía intelectual requerida en la investigación doctoral (3). Es decir, la revisión de la literatura implica examinar y comprender lo producido en un campo, pero, al mismo tiempo, se entiende por contrastar y relacionar los distintos planteamientos para reconocer cómo se configura el conocimiento y dónde emergen sus principales tensiones, discontinuidades y vacíos.

Es por ello, que el presente estudio se inscribe en la investigación cualitativa y propone, así como delimita una perspectiva epistemológica triádica orientada al proceso de revisión de la literatura, con especial atención y enfoque a la formación doctoral. El modelo integra y articula tres orientaciones complementarias: la hermenéutica–interpretativa, dirigida a comprender el sentido de los textos; la relacional–analítica, orientada a identificar vínculos, tensiones y discontinuidades en la literatura; y la conceptual–operacional, destinada a examinar la coherencia entre los distintos niveles del desarrollo teórico.

El proceso formativo en un doctorado se relaciona con los procesos cognitivo-discursivos que intervienen en la construcción del problema de investigación, y se respalda con la revisión colaborativa del planteamiento del problema que activa operaciones cuya incidencia no siempre resulta explícita para el investigador en formación (4) y, donde, los procesos como la intertextualidad y la formulación de objetivos de escritura contribuyen a delimitar y estructurar conceptualmente el objeto de estudio; especialmente, cuando se desarrolla el trabajo doctoral. Desde esta perspectiva, la revisión de la literatura puede comprenderse como un proceso de elaboración cognitiva en el que el investigador articula y reformula progresivamente las relaciones entre lectura, posicionamiento y problema de investigación (es decir se conforman diferentes ciclos de revisión). Es así, como el proceso iterativo de interpretación de la literatura y su revisión, no supone regresar al mismo punto de partida, sino, que consiste en que cada proceso iterativo de interpretación de la literatura lleve a revisar y profundizar lo previamente comprendido, esto para alcanzar una delimitación más precisa del problema y reconocer gradualmente los vacíos de conocimiento que pueden orientar la investigación.

La importancia de esta postura radica en no considerar al Estado del Arte como una etapa instrumental previa y, reivindicar su esencia como un proceso iterativo bajo un enfoque cualitativo; mientras la revisión de la literatura se constituye como un proceso metodológico mediante el cual se identifican, seleccionan y analizan los textos académicos; es decir, el Estado del Arte representa la construcción analítica que emerge de dicho proceso. Por ello, en vez de

limitarse a organizar antecedentes, la revisión de la literatura se reconoce como un procedimiento capaz de generar conocimiento mediante etapas de contextualización, categorización, clasificación, análisis hermenéutico y síntesis argumentativa (5); al mismo tiempo que se entiende que, el propósito de la revisión de la literatura no es únicamente describir el estado del conocimiento, sino producir claridad epistemológica, metodológica y conceptual que permita orientar nuevas rutas de investigación. De la misma forma, el Estado del Arte se convierte en una práctica, principalmente investigativa, con plena validez académica y, con suficiente, potencialidad para producir y reproducir conocimiento localizado y enfocado.

La literatura reciente identifica y ha establecido cinco grandes enfoques de revisión de la misma: hermenéutico, crítico, sistemático, integrativo y meta-síntesis (5) y, cada uno aporta recursos metodológicos relevantes, aunque, también, presenta limitaciones específicas; en ese sentido, las revisiones sistemáticas priorizan la exhaustividad y la replicabilidad mediante protocolos estandarizados (6,7), pero, suelen reducir y disminuir así la complejidad interpretativa. Por su parte, las revisiones críticas e integrativas amplían el debate teórico (8,9), aunque con frecuencia presentan debilidades en la coherencia conceptual entre categorías analíticas (10).

La revisión hermenéutica, sustentada en la tradición filosófica de Gadamer (1) y Ricoeur (2), enfatiza la interpretación y la historicidad del significado como ejes centrales del análisis (3, 11). No obstante, la literatura metodológica ha advertido que, sin la incorporación de estructuras analíticas explícitas y protocolos documentales, este enfoque puede presentar limitaciones en términos de trazabilidad, sistematicidad y contraste interpretativo (5,6,8).

Las limitaciones de trazabilidad, sistematicidad y contraste interpretativo muestran, mayormente, que el desafío consiste en sistematizar la literatura de manera eficiente y, al mismo tiempo, en visibilizar aquello que los sistemas de revisión suelen dejar sin ser abordado: las contradicciones, ausencias y, en buena medida, vacíos epistémicos; en ese sentido, el vacío de conocimiento debe entenderse como un espacio donde se revelan discontinuidades, puntos ciegos o, en ocasiones, fracturas conceptuales que organizan un campo (12-15), así como la de reconocer lo que no se ha dicho (lo excluido, lo normalizado o, en otras circunstancias, lo ignorado) es fundamental para cualquier revisión que aspire a ser crítica y transformadora. De esta forma, se estaría desarrollando una perspectiva y óptica capaz de interrogar el sentido, rastrear relaciones y, principalmente, asegurar coherencia entre los niveles teóricos.

Para ello, es necesario integrar tres enfoques que la literatura ha tratado de manera separada, pero que resultan esenciales al analizar vacíos de conocimiento. El enfoque hermenéutico permite interpretar significados, identificar tensiones y reconocer ausencias en los discursos (16). El enfoque relacional reconstruye redes teóricas, identifica conexiones y discontinuidades, y aporta estructuras analíticas para visibilizar zonas no exploradas o contradictorias (17). Con relación al enfoque conceptual, este examina y analiza la coherencia y congruencia existente entre teoría, concepto, dimensión y variable, elemento clave para garantizar validez interna (18).

La revisión de la literatura, primordialmente, se concentra en sistematizar lo explícito e investigar las rupturas del discurso científico y muestra, como consecuencia, los espacios donde el

conocimiento se reconfigura; de esta cuenta, es cómo el análisis de vacíos se vuelve un eje epistemológico: la ausencia deja de ser un problema y se transforma en un productor de nuevas preguntas. Por lo que, la revisión de la literatura es un ejercicio reflexivo y crítico que articula lectura, relación y validación, y que, al mismo tiempo, recupera el valor heurístico de lo incompleto.

Con el fin de examinar la aplicabilidad y potencialidad y, principalmente, para fortalecer los procesos de revisión cualitativo-documental, se propone un modelo triádico compuesto por tres ejes complementarios: hermenéutico–interpretativo, relacional–analítico y conceptual–operacional; los cuales se articulan mediante etapas metodológicas diferenciadas y expresadas, fundamentalmente, a través de dimensiones analíticas específicas. La iteración opera como una dinámica transversal que acompaña todo el proceso sin constituir un eje independiente. El modelo es posteriormente aplicado a un caso de estudio documental con el propósito de evaluar su desempeño metodológico y su capacidad para producir análisis coherentes, sistemáticos y epistemológicamente consistentes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Posicionamiento metodológico general

Posicionamiento metodológico general

El presente estudio de casos que adopta un enfoque cualitativo-documental de orientación interpretativa, que se fundamenta en principios hermenéuticos, relacionales y conceptuales integrados en una estructura metodológica propia, lo que se denomina como el modelo triádico de revisión cualitativa-documental; es así como, el fin primordial de este estudio radica en posicionar esta metodología a partir de la premisa epistemológica central, que detalla que la revisión de literatura constituye una práctica analítica autónoma mediante la cual se produce conocimiento teórico, se reorganizan marcos conceptuales y se identifican estructuras epistemológicas subyacentes en un campo científico.

Los tres casos correspondieron a investigaciones doctorales desarrolladas en campos temáticos distintos, lo que permitió observar la aplicación del proceso de construcción del estado del arte en problemas con características conceptuales y metodológicas diferentes. Para cada caso se analizaron las distintas versiones elaboradas durante el desarrollo de la investigación doctoral, lo que permitió observar los cambios producidos durante el proceso de construcción del estado del arte. El Investigador 1 desarrolló su trabajo en el campo de la estimación de contingencias de costos en proyectos, inicialmente mediante el análisis de metodologías determinísticas, probabilísticas y matemáticas, para posteriormente concentrarse en la simulación Monte Carlo, la parametrización, la subjetividad y la diferenciación entre riesgo e incertidumbre; el Investigador 2 abordó problemáticas vinculadas con el desarrollo rural y la pobreza, partiendo del análisis de los ingresos dignos de las familias rurales y evolucionando hacia el estudio de la pobreza multidimensional, las desigualdades intrafamiliares y dimensiones como agencia, trabajo

de cuidado, accesibilidad territorial, conectividad digital y capital social; y, por último, el Investigador 3 se concentró en la eficiencia judicial civil, examinando su relación con factores socioeconómicos y avanzando hacia el análisis comparativo de enfoques metodológicos, jurimetría, herramientas estadísticas y econométricas, tecnología y modernización judicial.

La comparación de las distintas versiones permitió observar los cambios producidos entre una y otra, y, también, en identificar los puntos de inflexión interpretativos durante el proceso; estos se documentaron a partir de las modificaciones observadas en la delimitación temática, las categorías de análisis, las relaciones conceptuales y la identificación de vacíos de conocimiento.

Desde esta perspectiva, el conocimiento emerge del análisis crítico de los sistemas discursivos que organizan el saber académico, y como resultado, la revisión documental se conceptualiza como un espacio interpretativo de producción de conocimiento, donde se articulan procesos de comprensión profunda, estructuración conceptual y validación lógica; es así como, esta concepción exige y requiere de una metodología capaz de sostener simultáneamente profundidad interpretativa, coherencia estructural y rigor conceptual.

Es importante señalar que la metodología de este estudio busca uno de los principios claves que se ve inmerso durante la lectura para la redacción del Estado del Arte, que corresponde al principio transversal de iteración interpretativa; el cual garantiza, principalmente, el carácter reflexivo, dinámico y perfectible del proceso cualitativo, por lo que la metodología se organiza y articula en dos fases claras y concisas:

1. Fase I. Se refiere a la construcción teórica del modelo triádico, que se orienta, propiamente, al diseño epistemológico y estructural del sistema metodológico.
2. Fase II. Esta sección se refiere a la aplicación analítica y validación operativa, que busca implementar el modelo sobre la literatura documental y, naturalmente, evaluar su desempeño analítico.

**Estructura epistemológica del modelo triádico**

Se configura el modelo triádico como un sistema metodológico organizado a partir de tres niveles analíticos diferenciados: ejes estructurales, iteración interpretativa transversal y etapas operativas; su distinción es vital, así como la necesidad epistemológica de separar tres dimensiones fundamentales del proceso de revisión cualitativa: el marco cognitivo desde el cual se interpreta la literatura, la dinámica reflexiva que regula la construcción del análisis y la organización procedimental que permite su aplicación sistemática.




***Figura 1. Configuración epistemológica del modelo triádico de revisión cualitativa-documental.***

Como se ilustra en la Figura 1, los componentes se integran y estructuran dentro de una metodología unificada, donde, específicamente, cada nivel cumple una función sin operar de manera aislada; en otras palabras, la diferenciación entre estructura, dinámica y procedimiento evita la superposición conceptual entre orientaciones epistemológicas y fases operativas, por lo que, puntualmente, se observa de manera recurrente la dificultad en modelos híbridos de revisión los cuales tienden a confundir, sin diferenciar, puntualmente, los niveles teóricos con secuencias técnicas.

Adicionalmente, los ejes estructurales constituyen y se configuran como el núcleo epistemológico permanente del modelo; es decir, estos corresponden a orientaciones cognitivas estables que determinan el tipo de operaciones analíticas activadas durante el examen y análisis de la literatura documental. Al mismo tiempo, la función de los ejes estructurantes, esencialmente, radica en establecer el horizonte interpretativo desde el cual se desarrollan la lectura hermenéutica, la articulación relacional entre enfoques teóricos y la organización conceptual del material analizado. Por consiguiente, los ejes estructurales representan dimensiones simultáneas y permanentes, que se deberán activar a lo largo de toda la revisión.

La iteración interpretativa transversal opera y acciona como el componente dinámico del sistema; de otra forma, también, se manifiesta a través de ciclos recurrentes de lectura, contraste teórico y reformulación conceptual que atraviesan los distintos momentos del análisis. Por lo que el mecanismo en sí, de un proceso iterativo transversal regula el ritmo del proceso interpretativo y permite, notablemente, la actualización progresiva de categorías analíticas y que, muy probablemente, incorporaran nuevos documentos a la literatura, de la cual se espera que emerjan tensiones conceptuales y configuraciones asociadas a las relaciones teóricas.

Por otro lado, las etapas operativas se conforman y distribuyen como parte del nivel procedimental del modelo; en otras palabras, su función radica en organizar el trabajo analítico en el tiempo mediante momentos funcionales tales como búsqueda documental, estructuración de la literatura, análisis interpretativo y síntesis conceptual; como resultado, dichas etapas operativas establecen una estructura y configuración flexible que se ajusta a las dinámicas iterativas del análisis cualitativo, así como, a la evolución progresiva del proceso interpretativo.

La Tabla 1 expresa una concepción y estructuración del conocimiento según la cual la revisión documental implica tres operaciones cognitivas interdependientes: el eje hermenéutico–interpretativo se construye en la interacción entre textos y categorías analíticas; el eje relacional–analítico asume que los conceptos adquieren consistencia dentro de configuraciones estructurales que los vinculan entre sí; y el eje conceptual–operacional, el cual reconoce que toda construcción teórica exige coherencia y validación interna entre sus definiciones y delimitaciones analíticas. Es debido a ello que, la articulación y configuración de estos ejes formaliza y plantea una estructura de producción de conocimiento que integra comprensión, organización y consistencia lógica en un mismo proceso analítico.

***Tabla 1. Funciones epistemológicas y productos analíticos por eje estructural.***

| Eje estructural | Función epistemológica | Nivel de producción de conocimiento |
|---|---|---|
| Hermenéutico–interpretativo. | Producción de sentido | Reconstrucción de horizontes conceptuales y núcleos de significado. |
| Relacional–analítico. | Estructuración de la teoría | Configuración de redes conceptuales y configuración del campo. |
| Conceptual–operacional. | Coherencia lógica | Delimitación y consistencia interna del aparato conceptual. |

***Fuente: elaboración propia.***

## Aplicación práctica del modelo

La selección de los tres casos se realizó mediante un muestreo teórico-intencional orientado a examinar el comportamiento operativo del modelo triádico en contextos diferenciados de aplicación; al mismo tiempo, el trabajo se desarrolló entre los años 2022 y 2025, periodo durante el cual, se implementó el enfoque triádico en distintos procesos de revisión cualitativa del estado del arte. De la misma manera, los casos no fueron ejecutados, ni planteados de manera sincrónica, ni como parte de un mismo proyecto colectivo; por el contrario, los trabajos, primordialmente, correspondieron a experiencias independientes realizadas y trabajadas en temporalidades distintas dentro de ese intervalo, lo que permitió observar la operatividad del modelo en condiciones diversas y no estandarizadas.

Las unidades de análisis se establecieron a partir de los documentos asociados al protocolo de investigación de cada uno de los tres casos estudiados, considerando como unidad documental primordial el Estado del Arte redactado y configurado durante el desarrollo de cada investigación doctoral. El análisis se concentró y versó, principalmente, en examinar la construcción progresiva

del Estado del Arte, para ello se consideraron las formulaciones conceptuales, categorías de análisis, relaciones teóricas, esquemas de organización y procesos de reformulación identificables durante su elaboración. De esta manera, el interés analítico se concentró en examinar el proceso mediante el cual cada investigador interpretó, relacionó y reorganizó la literatura hasta configurar el Estado del Arte dentro de su respectivo protocolo de investigación.

Los tres casos compartieron un mismo objeto metodológico (la aplicación del enfoque triádico en ejercicios de revisión cualitativa), aunque se diferenciaron y establecieron en términos de experiencia metodológica previa, grado de apropiación conceptual del modelo y nivel de articulación entre sus ejes estructurales; en ese sentido, esta variación fue concebida como estrategia comparativa destinada a analizar cómo el modelo se configura y, cómo el modelo se despliega bajo distintos niveles de complejidad analítica.

Con fines analíticos, los casos fueron organizados y coordinados en tres perfiles operativos contrastivos, donde el primero corresponde a una implementación inicial del enfoque, el siguiente se asocia a una apropiación intermedia, y, por último, un tercero que se vincula a una aplicación de mayor integración metodológica; es decir, esta clasificación fue utilizada, exclusivamente, como dispositivo comparativo que permitiría, en mayor medida, examinar patrones diferenciados de uso del modelo.

El análisis comparativo se centró, primordialmente, en identificar variaciones en la manera en que los tres ejes metodológicos (hermenéutico, relacional y conceptual) fueron incorporados en cada proceso, así como en las tensiones metodológicas emergentes durante su implementación; es por ello, que en lugar de describir cada caso de forma aislada, se examinó la dinámica interna de aplicación del modelo y los desplazamientos conceptuales generados en el transcurso de cada experiencia, lo que atiende y responde a cómo la práctica interpretativa concreta interactúa con los principios de la perspectiva hermenéutico-progresiva que fundamenta el enfoque metodológico propuesto.

El procedimiento comparativo se desarrolló y analizó mediante la identificación y contraste de evidencias correspondientes a cada uno de los tres ejes del modelo; es decir para el eje hermenéutico–interpretativo se consideraron los cambios observados en la comprensión y problematización de la literatura; para el eje relacional–analítico, la construcción, modificación o ampliación de relaciones entre autores, enfoques, categorías y conceptos; y, por último, para el eje conceptual–operacional corresponde a la relación alcanzada entre formulaciones teóricas, categorías, dimensiones y elementos de operacionalización. Para reconocer convergencias, diferencias y distintos niveles de desarrollo de los componentes del modelo, el análisis comparativo se realizó de manera transversal entre y para los tres casos.

Para operacionalizar la comparación entre casos, el nivel de iteración fue evaluado mediante criterios cualitativos orientados a identificar la intensidad y profundidad del proceso interpretativo; esto llevó a que se estableciera una clasificación con enfoque en la iteración adaptativa, parcial o plena, construida a partir de tres indicadores analíticos. La valoración se realizó mediante la comparación de las distintas versiones desarrolladas por cada investigador, y,

se profundizó en el alcance de las transformaciones observadas entre una versión a otra y, en la manera en cómo estas modificaron la comprensión previamente construida. En este sentido, la profundidad se estableció a partir de la capacidad de los cambios para reformular los conceptos utilizados, reconfigurar las categorías de análisis o en la de generar nuevas relaciones teóricas; estos elementos permitieron reconocer hasta qué punto el proceso de revisión produjo ajustes, reorganizaciones o transformaciones en la construcción del estado del arte. Los indicadores analíticos se detallan a continuación:

a) El grado de reformulación conceptual se entiende como la presencia de ajustes sustantivos en categorías, marcos teóricos o enfoques interpretativos a lo largo del proceso.
b) El nivel de reconfiguración categorial que se refiere y se asocia a la modificación o reorganización de estructuras analíticas previamente establecidas.
c) La emergencia de nuevas relaciones teóricas se entiende cuando el análisis generó conexiones conceptuales no contempladas en la formulación inicial del diseño.

El registro de estos indicadores se realizó a partir del contraste entre los diferentes momentos del proceso de revisión de cada caso; donde la presencia/ausencia de modificaciones en las categorías, cantidad y diversidad de cambios en los marcos de interpretación y aparición de relaciones conceptuales no contempladas inicialmente, fueron utilizadas como evidencias del desplazamiento interpretativo. La clasificación del nivel de iteración se estableció por la capacidad de dichas relecturas para producir modificaciones identificables en la estructura conceptual e interpretativa construida por cada investigador.

La utilización del grado de reformulación, el nivel de reconfiguración categorial y la emergencia de nuevas relaciones teóricas permitió establecer un marco comparativo transparente para examinar las variaciones observadas en la implementación del modelo a lo largo del periodo estudiado y, al mismo tiempo, la clasificación operativa fue empleada y utilizada como herramienta metodológica para ordenar analíticamente los distintos modos de aplicación del enfoque metodológico aplicado.

## RESULTADOS

La aplicación del enfoque triádico en los trabajos de los Investigadores 1, 2 y 3 permitió evaluar y observar su comportamiento operativo, su capacidad para estructurar procesos complejos de revisión cualitativa y los elementos que requieren refinamiento metodológico; es así, como en los tres casos se observó que el modelo facilita lecturas críticas, reorganización conceptual y producción interpretativa progresiva. Un tema importante, radica, en la intensidad del proceso, puesto que dependió del nivel de experiencia investigativa, la competencia escritural y la apropiación metodológica del enfoque.

***Tabla 2. Comparación del desarrollo metodológico de tres investigadores según las dimensiones del enfoque triádico.***

| Dimensión de análisis | Investigador 1 | Investigador 2 | Investigador 3 | Correspondencia con la metodología triádica |
|---|---|---|---|---|
| **Orientación inicial del trabajo** | Enfoque analítico centrado en simulación y modelación; escasa reflexión epistemológica. | Descripción técnica de indicadores con foco en estructura de datos; sin articulación teórica. | Revisión documental temática sin jerarquía interpretativa, se observa un enfoque lineal y descriptivo. | Ninguno inicia desde un marco hermenéutico; todos parten desde lo técnico o descriptivo. |
| **Evolución interpretativa (Eje hermenéutico)** | Evoluciona hacia lectura crítica de conceptos y, primordialmente, tensiones epistemológicas. | Avanza hacia interpretación de correlaciones como representaciones teóricas más que numéricas. | Reconoce limitaciones del análisis temático y pasa a interpretar el discurso científico como construcción social. | Se observa evidencia y activación progresiva del eje hermenéutico. |
| **Construcción del enfoque relacional (Eje relacional)** | Se observa que reconstruye las relaciones existentes entre los enfoques teóricos y epistemológicos. | Genera, enfoques de matrices de variables y categorías lo cual identifica vínculos conceptuales; no obstante, denota una débil base teórica. | Amplía la red de autores, además genera un mapa de tensiones temáticas entre las corrientes metodológicas. | El eje relacional se aplica con distinta profundidad; por ejemplo, existe un mayor desarrollo entre el Investigadores 1 y 3. |
| **Validación conceptual (Eje conceptual)** | Define categorías y niveles de análisis coherentes; al mismo tiempo, logra correspondencia entre teoría y variables. | Inicia la operacionalización; pero, el trabajo denota inconsistencias terminológicas. | Logra una estructura lógica entre categorías, aunque con débil formalización metodológica. | El eje conceptual se consolida parcialmente: coherencia lograda solo en Investigadores 1 y 3. |
| **Tipo de iteración alcanzada (escala de su nivel)** | Se alcanza un tipo iterativo y reflexivo; ya que cada lectura reconfigura el sentido. | Existe una profundidad levemente iterativa; es decir, existen lecturas sucesivas, pero no existe reconfiguración teórica. | Iteración adaptativa; relecturas con ajustes progresivos. | Solo el Investigador 1 realiza iteración plena (hermenéutica); los otros muestran recursividad técnica. |
| **Resultado epistémico del proceso** | El estado del arte se convierte en producto interpretativo autónomo; genera hipótesis emergentes. | Obtiene síntesis estructurada pero no interpretativa; sin vacío teórico claro. | Construye narrativa interpretativa parcial con identificación de tensiones. | Solo el Investigador 1 alcanza el ideal triádico de comprensión–relación–validación integrada. |

***Fuente: Elaboración propia.***

Los resultados se organizan a partir de la comparación de los tres casos y del comportamiento observado en los ejes hermenéutico–interpretativo, relacional–analítico y conceptual–operacional, así como del nivel de iteración alcanzado durante la construcción del Estado del Arte; dicha organización permite, primordialmente, presentar las diferencias observadas entre los tres procesos y, posteriormente, los alcances y limitaciones identificados durante la aplicación del modelo.

**Comparación del desarrollo metodológico de los tres casos**

Los tres trabajos doctorales indican que la implementación de la metodología triádica no se realiza de forma uniforme, además, se observa el alcance obtenido en el nivel de madurez interpretativa y del tipo de problema que se trata (Tabla 2).

Para el Investigador 1, la transición de una perspectiva empírica a una hermenéutica demuestra la integridad del ciclo triádico, de lo cual se puede entender que logró un entendimiento crítico del discurso, reconstitución relacional de los enfoques y validación conceptual coherente. Por otro lado, el Investigador 2, únicamente, avanza y se posiciona hasta la segunda dimensión (la relacional), en la que consigue establecer conexiones entre categorías, pero, no alcanza un grado de coherencia epistémica. El Investigador 3, en cambio, se posiciona, en un lugar intermedio, puesto que es capaz de incluir la interpretación hermenéutica y una relectura crítica de fuentes; sin embargo, su validación conceptual demuestra superficialidad y no profundidad.

**Comportamiento de los ejes del modelo triádico**

El eje hermenéutico–interpretativo emergió como el componente con mayor actividad del modelo; y se pudo observar como en los tres procesos, las iteraciones de lectura favorecieron a la expansión progresiva del significado y la reorganización conceptual, aunque, se denotaron diferentes niveles de profundidad. Por ejemplo, el Investigador 1 mostró transformaciones sustantivas en categorías y relaciones teóricas; el Investigador 2 desarrolló iteraciones orientadas, principalmente, a la comprensión descriptiva; mientras que el Investigador 3 presentó, relativamente, un avance intermedio, donde su trabajo se caracterizó por ajustes conceptuales graduales.

En lo que respecta a la aplicación, el eje hermenéutico fue el que más se desarrolló en los tres casos, lo que evidencia una comprensión crítica y una relectura reflexiva de la literatura; el eje relacional se utilizó con diversos niveles de complejidad (desde lo categorial en Investigador 2 hasta lo teórico en Investigador 3); por otro lado, el eje conceptual resultó ser el menos robusto, y muestra las dificultades habituales para convertir los conceptos en estructuras de coherencia operativa.

**Iteración y articulación entre los ejes**

En relación con la interacción entre ejes, los resultados, mayoritariamente, indican que la activación ocurrió mediante una secuencia flexible condicionada por la maduración interpretativa

del proceso; además, en todos los casos se observó un inicio centrado en la interpretación hermenéutica, seguido por la articulación relacional y, finalmente, la validación conceptual-operacional. Este patrón evidencia, fundamentalmente, que el modelo requiere incorporar explícitamente un principio de flexibilidad secuencial, es decir, que permita el desplazamiento dinámico entre ejes según las exigencias de la literatura y del proceso reflexivo.

La comparación evidencia que las relecturas sucesivas no produjeron el mismo tipo de transformación en los tres Estados del Arte analizados, y la diferencia observada se relacionó con la capacidad de cada proceso para generar reformulación conceptual, reconfiguración categorial y nuevas relaciones teóricas, criterios establecidos previamente para examinar el nivel de iteración.

## Alcances y limitaciones observadas durante la aplicación

La principal fortaleza de la metodología radica en su capacidad para transformar la revisión de la literatura en un proceso reflexivo de construcción de conocimiento; sin embargo, se identifica como principal limitación o reenfoque a partir de la necesidad de fortalecer la formalización de los criterios de validación conceptual, y esto, por supuesto, demanda el desarrollo de lineamientos metodológicos con mayor fundamento explícito y sistemático.

***Tabla 3. Alcances y limitaciones observadas en la aplicación del enfoque triádico durante los procesos de revisión.***

| Aspecto | Alcance logrado | Limitación observada |
|---|---|---|
| **Comprensión hermenéutica** | Los tres investigadores lograron desplazar la lectura descriptiva hacia la interpretación situada del discurso. | Falta de explicitación de los "puntos de inflexión hermenéutica" o momentos donde cambia la comprensión. |
| **Articulación y alcance del eje relacional** | Se observó que se desarrollaron matrices, mapas conceptuales y redes de autores; por tanto, sí se consolida la trazabilidad entre ideas. | No siempre se aclara y explicita la lógica de relación entre dimensiones; lo cual lleva, a una tendencia a la fragmentación de lo que se realizó |
| **Coherencia conceptual** | Investigador 1 alcanza consistencia completa entre las dimensiones teoría, dimensión y variable. | Investigador 2 e Investigador 3 mantienen rupturas y encuentros entre las categorías e indicadores. |
| **Iteratividad reflexiva** | El proceso muestra como evidencia las relecturas y ajustes sucesivos, que permiten establecer enfoques de iteración reflexiva. | Solo Investigador 1 integra la iteración como mecanismo de validación interna. |
| **Valor epistémico del proceso** | Se confirma la posibilidad de convertir el estado del arte en investigación cualitativa autónoma. | Se requiere mayor claridad sobre criterios de cierre y saturación interpretativa. |

***Fuente: Elaboración propia***

El análisis realizado a través de la puesta en práctica del modelo triádico aplicado al estudio de tres casos, reafirma que el valor radica en su capacidad para reconfigurar la práctica de revisión de literatura como una experiencia interpretativa, donde los vacíos, tensiones y reformulaciones

del discurso se convierten en fuentes activas de construcción epistemológica; sin dejar de lado que habrá que entender que el proceso iterativo enfocado es clave y fundamental para cada ciclo de entendimiento. Es así como se pudo observar que (Tabla 3): con el Investigador 1 el modelo alcanza su expresión más completa y evidencia la relación entre comprensión, relación y validación como un ciclo reflexivo; por otro lado, con el Investigador 2, el proceso de aplicación del modelo demuestra el potencial de la metodología para ordenar y relacionar, sin embargo no llega a integrar un nivel de validación conceptual; y con el Investigador 3, el modelo aplicado funciona como una estructura de transición, es decir, se reconfigura la lectura y mejora la articulación de sentido, no obstante, mantiene ciertos límites operativos.

Producción interpretativa e identificación de vacíos

Un hallazgo adicional, sumamente relevante, fue que el modelo transforma la revisión documental en un espacio de producción teórica contextualizada; es decir, en los casos analizados, los investigadores reconfiguraron tipologías conceptuales, ajustaron relaciones entre constructos e indicadores y reinterpretaron categorías disciplinares desde enfoques críticos. Sin embargo, también se identificó, ineludiblemente, la necesidad de establecer criterios más claros para determinar cuándo una interpretación alcanza un nivel suficiente de profundidad conceptual.

En relación con la identificación de vacíos de conocimiento, los resultados de los tres casos muestran diferentes niveles de aproximación, por ejemplo, en el Investigador 1, el proceso alcanza un resultado epistémico asociado con la generación de hipótesis emergentes; en el Investigador 2, la síntesis obtenida no establece un vacío teórico claro; mientras que en el Investigador 3 se alcanza una identificación parcial mediante el reconocimiento de tensiones.

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos discuten, individualmente, el alcance del modelo triádico desde dos perspectivas complementarias, la primera se asocia a la capacidad para transformar la revisión de la literatura en un proceso interpretativo de construcción de conocimiento y, la segunda, a las limitaciones que emergen cuando los tres ejes no alcanzan un nivel equivalente de desarrollo; por ello, es que la comparación de los casos muestra que la aplicación del modelo depende de la presencia de sus componentes, y, también, de la interacción progresiva entre interpretación, relación, validación conceptual e iteración.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observa una asociación y correspondencia con la perspectiva hermenéutica que concibe la comprensión como un proceso recursivo y no como el producto definitivo de una primera lectura (1, 2, 19), así como con la propuesta de Boell y Cecez-Kecmanovic (3), donde la revisión hermenéutica se desarrolla mediante ciclos de búsqueda, lectura e interpretación; sin embargo, los resultados de los tres casos permiten incorporar a esta perspectiva un elemento adicional y fundamental: la iteración adquiere mayor capacidad de producción de conocimiento cuando la reinterpretación modifica categorías, reorganiza

relaciones conceptuales o genera nuevas conexiones teóricas. Esto diferencia la sucesión de lecturas de la profundidad alcanzada durante el proceso, debido a que la iteración adquiere un sentido interpretativo cuando las nuevas aproximaciones a la literatura llegan a producir transformaciones sobre aquello que previamente se había comprendido.

La principal fortaleza de la metodología radica en su capacidad para transformar la revisión de la literatura en un proceso reflexivo de construcción de conocimiento; sin embargo, se identifica como principal limitación o reenfoque a partir de la necesidad de fortalecer la formalización de los criterios de validación conceptual, y esto, por supuesto, demanda el desarrollo de lineamientos metodológicos con mayor fundamento explícito y sistemático. De esta cuenta, es importante considerar que el proceso interpretativo y relacional puede avanzar sin que necesariamente se alcance el mismo nivel de desarrollo en la articulación conceptual-operacional.

Existe una limitación que adquiere especial relevancia frente al eje conceptual–operacional; ya que, los resultados mostraron que este componente presentó menor consolidación que los ejes hermenéutico y relacional. Esta consolidación se comprende a partir de la profundidad requerida para trasladar aquello que ha sido interpretado y relacionado hacia una estructura que mantenga correspondencia entre los diferentes niveles conceptuales y operacionales, y donde el eje conceptual-operacional demanda examinar, además, si esas construcciones mantienen coherencia entre los conceptos utilizados y su desarrollo en dimensiones, variables e indicadores. Al mismo tiempo, esta situación coincide con la importancia atribuida por Álvarez y Martínez-Olmo (20) y Munck y Skaaning (18) a la consistencia entre conceptualización y medición y permite reconocer y resaltar que la interpretación y la construcción de relaciones teóricas no garantizan, por sí mismas, la coherencia entre conceptos, dimensiones, variables e indicadores.

Desde otra óptica, los resultados amplían la discusión sobre la identificación de vacíos de conocimiento; lo que ha destacado la necesidad de reconocer y sistematizar las insuficiencias presentes en la literatura (14,17,21). En los casos analizados, el vacío aparece vinculado con el proceso mediante el cual las sucesivas interpretaciones permiten reconocer tensiones, discontinuidades y problemas de articulación conceptual. En este sentido, los vacíos, tensiones y reformulaciones que emergen durante la revisión adquieren relevancia e importancia en la construcción de conocimiento, particularmente, cuando se cuestionan relaciones previamente asumidas.

A partir de la experiencia operativa, se identifican tres ajustes prioritarios y esenciales para fortalecer la robustez metodológica del enfoque triádico, lo que reforzaría su capacidad operativa y su transparencia metodológica: la incorporación de una etapa de metainterpretación, la formalización de la flexibilidad secuencial entre los ejes y la definición de criterios de cierre teórico e interpretativo. Estos ajustes surgen de las dificultades observadas durante la aplicación y permiten profundizar en componentes que requieren una mayor delimitación dentro del modelo triádico.

1. La incorporación de una etapa de meta interpretación que se orienta a documentar los puntos de inflexión cognitiva del proceso, es decir, aquellos momentos en los que se producen transformaciones sustantivas en marcos teóricos, categorías o esquemas analíticos; lo que ayudaría, primordialmente, a distinguir entre iteraciones interpretativas profundas y ciclos meramente descriptivos. Su incorporación permitiría hacer explícito qué elemento produjo la modificación de la comprensión previamente construida y cuál fue su alcance dentro del proceso interpretativo; de esta manera, los puntos de inflexión se constituyen en registros del tránsito entre una comprensión inicial y su posterior reformulación. Lo que ayudaría a eliminar el aislamiento de la crítica de la literatura y sobre todo de los autores y se verían principalmente dentro de una crítica unificada a la literatura.
2. Un fenómeno importante radica en formalizar, dentro de la metodología, la flexibilidad secuencial entre ejes, lo que, en cierta medida, reconoce que el tránsito entre interpretación, articulación relacional y validación conceptual sigue una lógica adaptativa asociada al grado de madurez interpretativa y a la complejidad de la literatura analizada. Las diferencias observadas entre los tres casos consideran que este tránsito no necesariamente alcanza la misma profundidad ni ocurre de manera uniforme; por ello, la flexibilidad secuencial permitiría volver sobre un eje previamente desarrollado cuando nuevas relaciones, contradicciones o reformulaciones conceptuales requieran nuevamente su revisión.
3. La definición de criterios de cierre teórico e interpretativo a través de indicadores podría permitir que no se sature epistemológicamente una interpretación del texto, por lo que se propondrían indicadores como la convergencia conceptual, la coherencia lógica y la densidad teórica; para establecer el momento en que el proceso iterativo alcanza una saturación epistemológicamente relevante. La convergencia conceptual observa el grado en que las sucesivas interpretaciones alcanzan puntos de encuentro alrededor de las categorías centrales; la coherencia lógica, la correspondencia mantenida entre los distintos niveles de la construcción conceptual; y la densidad teórica, la profundidad alcanzada por las relaciones construidas a partir de la literatura. Desde esta óptica, el punto de cierre implicaría, primordialmente, una inmersión más profunda en la metodología y en el marco teórico, que permitiría orientarse en comprender y abordar el vacío de conocimiento previamente identificado.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en los tres casos analizados aportan evidencia de que el Estado del Arte puede superar una función exclusivamente descriptiva o preliminar y constituirse, fundamentalmente, en una práctica de investigación cualitativa orientada a la producción de conocimiento. Este desplazamiento se observó, aunque, con diferentes niveles de profundidad, cuando los procesos de revisión avanzaron desde aproximaciones inicialmente técnicas o descriptivas, hacia tres ópticas importantes: la interpretación crítica de la literatura, la construcción de relaciones entre enfoques y la evaluación de la coherencia conceptual; lo que brindaría una capacidad analítica y crítica que se asociaría a elementos operativos (interpretación, relación y validación).

El principal aporte metodológico del estudio radica en la formulación y aplicación del modelo triádico de revisión cualitativa-documental, el cual se estructuró mediante los ejes hermenéutico–interpretativo, relacional–analítico y conceptual–operacional, y fueron articulados por una dinámica transversal de iteración interpretativa. La aplicación del modelo mostró que estos componentes no necesariamente se desarrollan con igual intensidad ni siguiendo una secuencia rígida, ya que, en los casos estudiados, el eje hermenéutico presentó el mayor grado de desarrollo, el eje relacional alcanzó niveles diferenciados de articulación y el eje conceptual–operacional evidenció las mayores dificultades, particularmente, en la correspondencia entre categorías, dimensiones, variables e indicadores. Es por ello, que los resultados permiten establecer y remarcar que la integración triádica constituye un proceso progresivo cuyo nivel de consolidación depende de la profundidad interpretativa y de la apropiación metodológica alcanzada durante la revisión.

La iteración interpretativa emerge, esencialmente, como uno de los componentes centrales del modelo y, los casos analizados muestran que iterar no equivale únicamente a releer o repetir procedimientos; en realidad la iteración adquiere valor epistemológico cuando una nueva aproximación a la literatura modifica comprensiones anteriores, reorganiza categorías o revela relaciones que no habían sido consideradas inicialmente. Es así como el avance de la revisión puede comprenderse como un proceso de profundización y análisis exhaustivo y progresivo en el cual las interpretaciones parciales son contrastadas y reformuladas hasta el punto donde se alcanzan configuraciones conceptuales consistentes.

Para profundizar en los aportes de la aplicación del modelo triádico que se propone, se considera esencial continuar con el estudio de casos de investigaciones doctorales en diferentes campos del saber, para identificar si el área de estudio o la formación del investigador, tienen incidencia en los resultados de la revisión de literatura para la redacción del estado del arte.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gadamer HG. Truth and method. London: Sheed & Ward; 1975.
2. Ricoeur P. Hermeneutics and the human sciences: essays on language, action and interpretation. Cambridge: Cambridge University Press; 1981.
3. Boell SK, Cecez-Kecmanovic D. A hermeneutic approach for conducting literature reviews and literature searches. Commun Assoc Inf Syst. 2014;34(1):257-286.
4. Serrano-Moreno S, Tinto-Arandes J. Efectos olvidados de operaciones cognitivo-discursivas en la escritura epistémica del problema de investigación doctoral. Rev Mex Investig Educ. 2023;28(96):277-304.
5. Snyder H. Literature review as a research methodology: an overview and guidelines. J Bus Res. 2019;104:333-339.
6. Bandara W, Syed R. The role of a protocol in a systematic literature review. J Decis Syst. 2024;33(4):583-600. doi:10.1080/12460125.2023.2217567.
7. Tranfield D, Denyer D, Smart P. Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. Br J Manag. 2003;14(3):207-222.

8. Grant MJ, Booth A. A typology of reviews: an analysis of 14 review types and associated methodologies. Health Info Libr J. 2009;26(2):91-108.
9. Whittemore R, Knafl K. The integrative review: updated methodology. J Adv Nurs. 2005;52(5):546-553.
10. Carrera-Rivera A, Ochoa W, Larrinaga F, Lasa G. How to conduct a systematic literature review: a quick guide for computer science research. MethodsX. 2022;9:101895.
11. Faganello CP, Hamerski B, Pinheiro DM. Hermeneutic literature review: a methodological possibility in organizational studies. Organ Soc. 2024;31(110):ev31n0016EN.
12. Farooq R. A framework for identifying research gap in social sciences: evidence from the past. IUP J Manag Res. 2017;16(4):66-75.
13. Miles DA. A taxonomy of research gaps: identifying and defining the seven research gaps. In: Doctoral Student Workshop: Finding Research Gaps—Research Methods and Strategies; Dallas, Texas. 2017. Vol. 1. p. 1-10.
14. Baako I, Alhassan H, Gidisu P. Understanding and spotting research gaps through a systematic literature review. Int J Res Innov Soc Sci. 2022;6(3):549-554.
15. Odusanya KS. Research gaps in management sciences: a review of literature. JABU Int J Soc Manag Sci. 2024;9(1).
16. Gómez Vargas M, Galeano Higuita C, Jaramillo Muñoz DA. El estado del arte: una metodología de investigación. Rev Colomb Cienc Soc. 2015;6(2):423-442.
17. Robinson KA, Saldanha IJ, McKoy NA. Development of a framework to identify research gaps from systematic reviews. J Clin Epidemiol. 2011;64(12):1325-1330.
18. Munck GL, Skaaning SE. Conceptualization and measurement: basic distinctions and guidelines. In: Curini L, Franzese R, editors. The SAGE handbook of research methods in political science and international relations. London: SAGE Publications; 2020. p. 331-351.
19. Motahari M. The hermeneutical circle or the hermeneutical spiral? Int J Humanit. 2008;15(2):99-112.
20. Álvarez M, Martínez-Olmo F. Operacionalización de conceptos/variables. Barcelona: Dipòsit Digital de la Universitat de Barcelona; 2014. Vol. 3.
21. Müller-Bloch C, Kranz J. A framework for rigorously identifying research gaps in qualitative literature reviews. In: Proceedings of the International Conference on Information Systems (ICIS); Fort Worth, TX; 2015.

ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Octubre 2026
Vol. 7 No. 21, PP. 180-196
https://doi.org/10.56519/s4d7nt75

# CRITERIOS DE APLICACIÓN PARA LA NO VULNERACIÓN DEL INTERÉS SUPERIOR DEL NIÑO EN DISPUTAS DE TENENCIA: ANÁLISIS COMPARADO DE METODOLOGÍA JUDICIAL

# APPLICATION CRITERIA FOR THE NON-VIOLATION OF THE BEST INTERESTS OF THE CHILD IN CUSTODY DISPUTES: A COMPARATIVE ANALYSIS OF JUDICIAL METHODOLOGY

Santiago Daniel Freire Guevara[1], Vicente Joel Jaramillo Peñafiel[2]

{santiago.lexfreire@gmail.com[1], abg.jaramillojoel@gmail.com[2]}

Fecha de recepción: 01/09/2026 / Fecha de aceptación: 08/10/2026 / Fecha de publicación: 14/10/2026

**RESUMEN: El interés superior del niño, es uno de los principios rectores en el campo del derecho de familia; no obstante, su indeterminación suele hacer que se recaiga en la discrecionalidad y la arbitrariedad judicial en disputas de tenencia. Si bien en el Ecuador, con la eliminación de la preferencia materna, gracias a la sentencia No. 28-15-IN/21, se garantizó la igualdad entre los progenitores, esta misma decisión generó un vacío, al no existir un procedimiento objetivo para la ponderación. El objetivo del presente fue analizar por medio de la comparación la metodología judicial para otorgar la tenencia en Ecuador, Chile, España y Colombia, con la finalidad de crear un protocolo estandarizado para solventar la problemática. Basado en un enfoque cualitativo – descriptivo y analítico – dogmático; respaldado en el método jurídico comparado y la revisión sistemática de literatura, donde mediante el método PRISMA se evaluaron y diagnosticaron 176 documentos, de los cuales habiendo aprobado filtros de año, forma de calificación del trabajo y temáticas se utilizaron únicamente 24; que sirvieron para analizar reglas de corresponsabilidad, la valoración del peritaje por parte de juzgadores y los mecanismos de escucha activa del menor. Los resultados evidenciaron que la discrecionalidad judicial es inversamente proporcional a la existencia de baremos, lo que demuestra que a pesar que la sentencia eliminara el sesgo de género, se creó un vacío al no otorgar una forma de solucionar las controversias, sin caer en arbitrariedades o en sesgos cultuales. Finalmente se plantea una propuesta de Protocolo de ponderación del Interés Superior del Niño, matriz constante de una nota de 100 puntos, que aborda 4 criterios: vínculo afectivo, corresponsabilidad, estabilidad del entorno y autonomía progresiva; junto a un protocolo de escucha activa, no revictimizante y sin injerencia de las partes, que sirva para reforzar la motivación en sentencias de tenencia.**

[1]Investigador independiente, Ecuador, https://orcid.org/0009-0002-8935-4675; +593961085780
[2]Investigador independiente, Ecuador, https://orcid.org/0009-0004-6846-2364; +593954398517

***Palabras clave: Interés superior del niño, tenencia, corresponsabilidad parental, discrecionalidad, derecho comparado***

**ABSTRACT: The best interests of the child are one of the guiding principles in family law; however, its indeterminacy often leads to judicial discretion and arbitrariness in child custody disputes. Although in Ecuador, with the elimination of maternal preference through Judgment No. 28-15-IN/21, equality between parents was guaranteed, this same decision created a void due to the absence of an objective procedure for balancing these interests. The objective of this study was to analyze, through a comparative approach, the judicial methodology for awarding custody in Ecuador, Chile, Spain, and Colombia, in order to design a standardized protocol to address this issue. Based on a qualitative-descriptive and analytical-dogmatic approach, supported by the comparative legal method and a systematic literature review, 176 documents were evaluated and diagnosed using the PRISMA methodology. After applying filters for publication year, peer-review quality, and relevant thematic areas, 24 documents were selected and used to analyze co-parenting rules, judicial evaluation of expert evidence, and mechanisms for the active listening of the minor. The results showed that judicial discretion is inversely proportional to the existence of objective scoring scales (baremos), demonstrating that although the judgment eliminated gender bias, it created a gap by failing to provide a framework to resolve disputes without falling into arbitrary decisions or cultural biases. Finally, a proposed Balancing Protocol for the Best Interests of the Child is presented—a matrix based on a 100-point scale addressing four criteria: affective bond, co-parenting responsibility, environmental stability, and evolving capacity—alongside a non-revictimizing active listening protocol free from party interference, designed to strengthen judicial reasoning in child custody rulings.**

***Keywords: Best interests of the child, custody, parental co-responsibility, discretion, comparative law***

# INTRODUCCIÓN

La introducción y manejo del Interés superior del niño, se ha vuelto uno de los principales pilares sobre los que se cimenta el derecho de familia en la actualidad. Pero, su consagración constitucional e internacional, muchas veces contrasta con lo complejo que es su aplicación pragmática en las disputas de tenencia. De tal modo y como advierte Cillero Bruñol, la falta de determinación de este principio ha hecho que el mismo fluctué entre ser una garantía y llegar a ser una herramienta para el juzgador, lo que podría arriesgar la decisión judicial a factores subjetivos o morales respecto a la capacidad de los progenitores (1).

Centrándose en Ecuador, esta disputa adquirió un carácter sumamente urgente, en especial con el fallo dentro de la sentencia 28-15-IN/21 de la Corte Constitucional, la cual declaró la inconstitucionalidad a la preferencia materna por sobre la paterna que antes dictaba en Código de la Niñez y la Adolescencia. Esto sirvió como un hito jurisprudencial, ya que obligó a los juzgadores a evaluar la corresponsabilidad parental y la tenencia compartida bajo los criterios de

objetividad e igualdad. Sin embargo, y a pesar de dicho fallo, la jurisprudencia ecuatoriana demuestra que la eliminación del precepto de preferencia materna, no ha eliminado de forma automática la arbitrariedad procesal en la práctica (2) (3). Lo que demuestra una clara carencia de metodologías jurisdiccionales para priorizar el bienestar de las niñas, niños y adolescentes.

A un nivel hispanohablante, el problema central gira en torno a la forma de determinar el Interés superior del niño (ISN) sobre otros derechos fundamentales sin afectarlos. A este mismo nivel, doctrinarios como Aguilar Cavallo (4) y Ravetllat Mira (5), destacan que en el marco de la "Observación General No. 14 del Comité de los derechos del niño de la ONU" obliga a los países a que el ISN opere por tres frentes de forma simultánea:

- Como un derecho sustantivo del menor a ser evaluado con primacía.
- Como un principio jurídico interpretativo
- Y como una regla procedimental central, que obligue al juzgador a fundamentar su decisión de forma técnica (4) (5).

No obstante, la falta de protocolos de ponderación interseccionales, que aborden factores psicosociales, jurídicos e incluso afectivos; genera vacíos que frecuentemente derivan en la vulneración indirecta de derechos que inicialmente debía proteger el principio.

En este ámbito, el presente articulo abordará la siguiente pregunta central: ¿Cuáles son los principales criterios metodológicos aplicados por la judicatura en sistema iberoamericanos que sirven para garantizar la no vulneración del ISN en procesos de tenencia y en qué medida estos reducen el sesgo de discrecionalidad?

**Descripción del problema**

A pesar de haber sido ubicado como un principio rector, la consagración del Interés superior del niño, no ha resuelto la incertidumbre que rodea su aplicación en conflictos de tenencia o custodia. Tal como indica Barcia Lehmann, el ISN sufre una "Inflación Semántica", lo que hace que se guie por valoraciones puramente subjetivas en vez de ser guiado por reglas previsibles (6). Esta misma imprecisión conceptual, deriva en un margen de apreciación tan amplia, que expone las decisiones judiciales al sesgo moral de la autoridad, atentando contra la tutela judicial efectiva y abriendo la puerta a la arbitrariedad (7).

Tal como explica Benavides y Yánez, la abolición de la regla de preferencia materna, exigió a los juzgadores un cambio de pensamiento orientado a la corresponsabilidad parental y al cuidado compartido. A pesar de ello, las autoras advierten que la desarticulación del precepto no estuvo acompañada de una metodología judicial especializada, lo que deja a los jueces de familia en una especie de desamparo procedimental (8). Siguiendo esta misma línea conceptual, Yánez y Tapia, observan que, con la eliminación de la regla, muchos juzgadores aun mantenían sesgos tradicionales que podían desencadenar fallos contradictorios debido a la inexistencia de indicadores psicosociales y jurídicos uniformes que puedan medir el bienestar real de los menores (9).

Este vacío atenta directamente a las fases probatorias y de valoración del testimonio del menor, pues como enfoca Lathrop Gómez, el interés superior del niño exige que se conciba al menor como un sujeto de derecho, dotado de autonomía progresiva, lo que obliga al tribunal a implementar canales de escrutinio técnico y escucha activa, adaptadas a su desarrollo biológico (10). A pesar de esto, en la práctica la opinión del niño suele ser desestimada bajo el prejuicio de que su discurso puede ser prefabricado por el progenitor con el que convive (11). De igual manera, los peritajes psicológicos y sociales suelen ser tomados en el proceso como elementos aislados, en donde el juez no realiza un contraste critico entre el dictamen experto y las reglas de la sana critica, lo que hace que caiga en un automatismo donde el peritaje realizado sustituye al juicio del juzgador.

Por tanto, existe una clara necesidad de establecer criterios de ponderación previsibles, rigurosos y respetuosos del debido proceso, que sean capaces de guiar a la judicatura en la resolución de conflictos de tenencia sin que estos caigan en el subjetivismo o en formalismos vacíos.

**Justificación**

La presente investigación se justifica partiendo de 3 ejes fundamentales, que responden a la necesidad de otorgar objetividad y previsibilidad a las decisiones judiciales que involucran la tenencia de niños, niñas y adolescentes:

Abordando el ámbito jurídico – constitucional, el estudio responderá directamente a el escenario que se generó tras la sentencia No. 28-15-IN/21 (12). Debido a la derogativa de la preferencia materna, se impuso la corresponsabilidad parental y la igualdad entre los progenitores como regla general. No obstante, la inexistencia de un marco reglamentario que concrete como la ponderación de capacidades parentales desemboca en una peligrosa zona de discrecionalidad. Por tanto, el trabajo se fundamenta en la urgencia de la estructuración de pautas dogmáticas que armonicen la tutela judicial efectiva con la seguridad jurídica de las partes.

En la línea social y de derechos humanos, la investigación se sostiene en la necesidad de prevenir la vulneración de los derechos durante la infancia en casos de la ruptura de la convivencia familiar. Debido a la falta de un estándar técnico para otorgar la tenencia, hace que el conflicto entre los progenitores instrumentalice al menor, lo que lo somete a litigios prolongados y revictimizantes. Al garantizar una escucha activa, sin manipulación alguna por alguno de sus progenitores y una evaluación objetiva, resulta el pilar principal, para garantizar su estabilidad emocional y el derecho a mantener relaciones fluidas y equilibradas con sus dos progenitores.

En el plano practico y metodológico, el presente trabajo aportará un puente entre la teoría del derecho y la prueba interdisciplinaria. Como indican Yánez y Tapia, uno de los principales cuellos de botella en la judicatura de familia, es la falta de reglas claras para valorar los peritajes psicosociales (9). Por tanto, la presente investigación abordará criterios metodológicos en ordenamientos comparados, proporcionando a jueces, equipos técnicos y abogados un baremo aplicable a la sana critica. Con esto los administradores de justicia podrán fundamentar las resoluciones en evidencia objetiva y no en simples presunciones, lo que eleva el estándar de fundamentación exigido en el debido proceso.

### Objetivo general

- Evaluar los criterios metodológicos de ponderación del interés superior del niño aplicados en el país e Hispanoamérica tras la eliminación de la preferencia materna, con la finalidad de estructurar pautas que garanticen la tutela judicial en disputas de tenencia.

### Objetivos específicos

- Identificar las principales falencias en la praxis al determinar la custodia y tenencia de las niñas, niños y adolescentes.
- Sistematizar los cambios en el interés superior del niño y la corresponsabilidad parental en la legislación tras el hito de la sentencia No. 28-15-IN/21 de la corte constitucional.
- Comparar el sistema actual para otorgar la tenencia en Ecuador, frente a otros países hispanohablantes
- Proponer un conjunto de pautas que sirvan como guía para los administradores de justicia para la fundamentación objetiva de las sentencias de tenencia.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Con la finalidad de cumplir los objetivos planteados, la presente investigación adopta una estructura metodológica basada en un análisis cualitativo y de derecho comparado

### Enfoque y tipo de investigación

El presente trabajo engloba lo correspondiente a un enfoque cualitativo, el cual es el idóneo para la comprensión, interpretación y sistematización de constructos normativos, jurisprudenciales y dogmáticos. Debido a la naturaleza misma del objeto de estudio, la investigación obedece a una tipología cualitativa - descriptiva y analítica – dogmática.

Cualitativa-descriptiva: por medio de este tipo, se detallan las practicas procesales, sesgos y reglas de ponderación que aplican los operadores de justicia en la valoración del ISN.

Analítico - dogmática: permite evaluar la coherencia lógica de las decisiones judiciales, frente a aspectos de corresponsabilidad parental y tutela judicial efectiva.

### Diseño de la investigación

Se aplica un diseño no experimental de corte transversal, basado en el método jurídico comparado (de enfoque micro comparativo). El trabajo contrasta la metodología de ponderación judicial en el país, tomando en cuenta los cambios post sentencia No. 28-15-IN/21 de la corte constitucional, frente a estándares y protocolos aplicados en países hispanohablantes referenciales, como Chile, España y Colombia.

Estos países fueron seleccionados debido a criterios de pertenencia dogmática, afinidad de la familia jurídica y grado de desarrollo procesal en temas de derecho de familia:

**Chile:** es seleccionado debido al avance proveniente de la Ley 20.680 o "Ley Amor de Papá", la que positivó en el articulo 225 numeral 2 del Código Civil un catálogo detallado y taxonómico de criterios para la asignación del cuidado personal

**España:** representa un modelo consolidado, debido a la doctrina fijada por el Tribunal Supremo desde 2013, donde se elige a la custodia compartida como regla preferente, diseñando al mismo tiempo pautas, para valorar la prueba psicosocial y la escucha del menor dentro del proceso.

**Colombia:** es escogido debido a la cercanía dogmática con el sistema ecuatoriano y por el desarrollo jurisprudencial de la Corte Constitucional Colombiana (tal como la sentencia T-255/24 y T-292/04). Además de haber establecido un test de razonabilidad y juicio de proporcionalidad, lo que le otorga la capacidad al juzgador de analizar la aplicación de las subreglas, sin necesidad de reformar a la ley.

**Categorías e indicadores de investigación**

Con la finalidad de operacionalizar el análisis, revisión y comparación, se tomarán en cuenta cuatro categorías:

**Preferencia y corresponsabilidad:** se evalúan reglas de preferencia legal o jurisprudencial, presencia de sesgos automáticos de género, corresponsabilidad parental, mecanismos de asignación de tenencia en casos de desacuerdo.

**Valoración del peritaje:** estándares técnicos de equipos multidisciplinarios, aplicación de las reglas de la sana critica, grado de autonomía del juzgador.

**Escucha activa del menor:** protocolos de escucha e interacción del menor, valoración de la edad y madurez, detección de inmersión en el pensamiento del menor.

**Discrecionalidad judicial:** existencia de baremos, nivel de motivación del Interés superior del niño, previsibilidad del fallo ante hechos análogos.

**Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para la obtención de información, se utilizarán técnicas de investigación documental y cualitativa:

Análisis documental y jurisprudencial: dicha técnica se orienta a sentencias emitidas por juzgados de familia, cortes provinciales y la Corte Constitucional, además de resoluciones de tribunales internacionales e iberoamericanos.

Revisión sistemática de literatura: desarrollada bajo lineamientos metodológicos de la declaración PRISMA, con la que se rastrearan publicaciones científicas indexadas en bases de datos como Scopus, SciElo y Redalyc, en un rango de años de 2021 a 2026. Esta búsqueda estará delimitada a autores ecuatorianos e hispanohablantes que sean especialistas en derecho de infancia y procesal familiar.

En cuanto a criterios de inclusión se aplicaron los siguientes: artículos publicados en revistas arbitradas por pares, publicaciones en idioma español sobre la jurisdicción de Ecuador, Chile, España y Colombia, estudios centrados en metodología judicial de ponderación del Interés superior del niño, periodo de publicación entre 2021-2026.

En cuanto a criterios de exclusión fueron los siguientes: libros de texto generalista, documentos centrados solo en adopción, alimentos que no aborden la tenencia, trabajos duplicados entre bases de datos o incompletos.

**Diagrama de Flujo PRISMA**

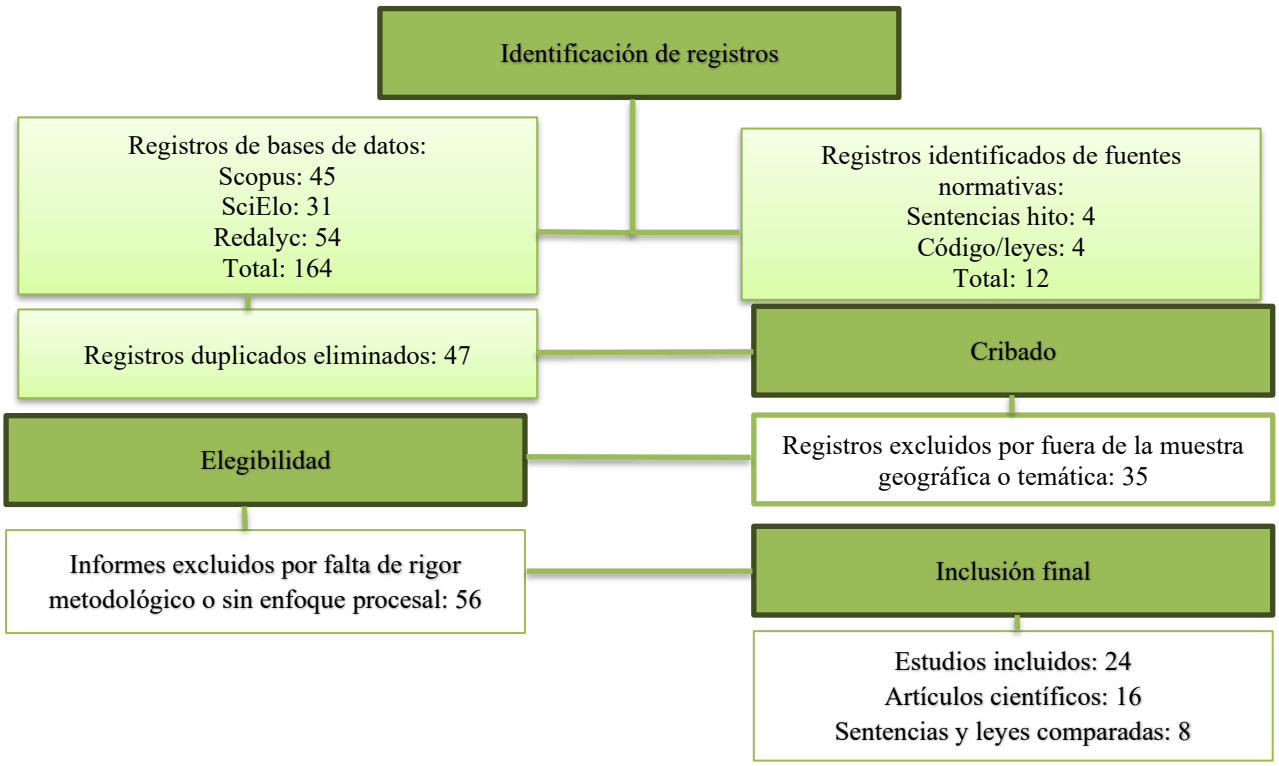



***Figura 1. Diagrama PRISMA***

**Procedimiento para el análisis de los datos**

La información que es recolectada se procesa mediante el método de análisis de contenido cualitativo y la triangulación hermeneútica. Para la fase empírico documental, el estudio delimita y analiza el corpus jurisprudencial y normativo de 8 instrumentos clave, seleccionados e incluidos bajo el método PRISMA.

El análisis se basa en los 8 instrumentos clave hito, que fueron seleccionados bajo un muestreo cualitativo – dogmático, debido a su importancia, impacto normativo y densidad argumentativa en el marco de la tenencia, la custodia y el interés superior del niño.

- Sentencia No. 28-15-IN/21 de la Corte Constitucional del Ecuador: escogida debido a la declaratoria de inconstitucionalidad de la preferencia materna estipulada en el Código Orgánico de la Niñez y Adolescencia, lo que marca un hito en el país (12).
- Ley No. 20.680 de 2013 de Chile (Ley de Amor de Papá) (14): marco un hito al definir un catálogo taxonómico de criterios orientadores, para la asignación del cuidado personal incluido en el artículo 225-2 del Código Civil chileno.
- Sentencia 257/2013 de la sala de lo civil del Tribunal Supremo de España: fija la doctrina jurisprudencial para la custodia compartida, imponiendo la custodia de régimen preferente, además de establecer pautas para la valoración de la prueba psicosocial.
- Sentencia T-292/04 y Sentencia T-255/24 de la Corte Constitucional de Colombia: se estructura el test de razonabilidad, el juicio de proporcionalidad y el estándar garantista para la escucha de los menores y la asignación de custodia sin sesgo de género (13) (16).
- Observación General No. 14 del Comité de los Derechos del Niño: define al interés superior del niño como derecho sustantivo, principio interpretativo y norma de procedimiento.
- Código Civil Español (Art. 92): establece el marco legal sobre el régimen de custodia compartida y ejercicio de la patria potestad (15).
- Código Orgánico de la Niñez y Adolescencia de Ecuador: establece el marco normativo sustantivo sujeto al estado post sentencia No. 28-15-IN/21 (19).

**Triangulación Hermeneútica**

Esta herramienta actúa como medio cualitativo de validación, contraste e interpretación, ya que permite analizar, enfrentar y sintetizar divergencias, convergencias y vacíos entre los vértices de análisis jurídico:

1. El primer vértice (deber ser) compuesto por la Observación General de la ONU No.14, el CONA y el Código Civil español, que fijan el estándar garantista del interés superior del niño como norma y derecho sustantivo.
2. El segundo vértice (problema de discrecionalidad) abarca la Sentencia No. 28-15-IN/24 de la Corte Constitucional del Ecuador, cuyo fallo elimina la preferencia materna pero no establece un baremo que guie el proceso.
3. El tercer vértice (solución metodológica) abarca la Ley 20.680 de Chile, las sentencias 257/2013 del Tribunal Supremo español y T-299/04, T255/24 de Colombia, que establecen herramientas para reducir la discrecionalidad emitida del vértice anterior.

# RESULTADOS

***Tabla 1. Cuadro comparativo de criterios judiciales de ponderación del Interés superior del niño.***

| Criterio de análisis | Ecuador (post sentencia 28-15-IN/21) (12) | Colombia (corte constitucional/ley 1098) (13) | Chile (Ley 20.680 "Amor de Papá" /Código Civil) (14) | España (Tribunal supremo/Código Civil Art. 92) (15) |
|---|---|---|---|---|
| Preferencia y corresponsabilidad | Declaratoria de inconstitucionalidad de la preferencia materna en tenencia. Cambio obligatorio hacia una tenencia compartida y basada en la corresponsabilidad, sin baremos tácitos en la norma. | Prevalece el cuidado compartido, gracias a la vía jurisprudencial con la sentencia T-255/24 (16). Con ésta se prohíbe el uso de sesgos automáticos de género, en favor de cualquiera de sus padres. | Igualdad legal explicita (Ley 20.680) Se otorgan criterios específicos en el artículo 225-2 del Código Civil, orientados a la asignación del cuidado personal (17). | De su código civil se desprende desde 2013, que la custodia compartida es preferencial la regla general, claro que analizando cada caso. |
| Valoración del Peritaje interdisciplinario | Es considerado, a vista de doctrinarios, como simple formalismo o competencia única del juzgador. El juez se mantiene como conocer, pero no analiza a profundidad el informe técnico. | Con la sentencia T-292/04 (18) y T-255/24 (16), se exige la evaluación del entorno afectivo y la red de apoyo al menor. Mediante este control se trata de evitar automatismos. | Los informes psicosociales se realizan bajo estándares de los tribunales de familia. Se valoran bajo el principio de la sana critica. | Exigencia permanente a los juzgados de familia a solicitar a los equipos técnicos adjuntos los dictámenes. El juzgador deberá comparar la pericia frente a la capacidad de cooperación de los padres. |
| Protocolo de escucha activa del menor | Se aplica de forma heterogénea, partiendo del principio de autonomía progresiva. No obstante, éste genera alto riesgo de revictimización o desestimación por el riesgo de manipulación por alguno de sus padres. | Toma en consideración la voluntad del menor, partiendo del grado de madurez. Se crean espacios protegidos con acompañamiento técnico, a fin de que se encuentre en un ambiente libre. | De forma obligatoria, se considera la opinión del menor, partiendo de su edad y madurez (Código Civil Art. 225-2 y Ley de Tribunales de familia) (17). | De forma obligatoria se escucha al menor de 12 años en adelante o antes si tiene juicio suficiente. El procedimiento de exploración se realiza en un entorno privado. |
| Reducción de discrecionalidad judicial | Se mantiene un nivel alto de discrecionalidad residual, debido a la falta de un protocolo pre y post sentencia. | Tienen un nivel medio bajo de discrecionalidad, debido a que se rigen con subreglas consolidadas por la corte constitucional | Bajo nivel de discrecionalidad, ya que se guían por un catálogo normativo que el juez debe considerar para dictar sentencia. | Bajo nivel de discrecionalidad, se guían por el estándar fijado por el tribunal supremo que analiza, vínculos afectivos, aptitud, |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | (Sentencia T-292/04) (18). | | cumplimiento de deberes y localización de domicilios. |
| Estándar de fundamentación de la sentencia | Los juzgadores mantienen el formalismo, sujeto al uso indiscriminado de" interés superior" para finalizar los procesos. | Enfrentan análisis de riesgo real frente a hipotéticos, analizando cada caso de forma independiente, sin generalizar. | Deberá explicarse como la medida adoptada se centra en el bienestar del menor. | De forma obligatoria debe explicarse la razón de la custodia compartida o individual y si ésta beneficia o perjudica al menor. |

El análisis cualitativo y dogmático basado en la comparación, revela que el proceso de transición hacia un modelo basado en la corresponsabilidad parental y la eliminación de sesgos de genero ha avanzado de forma distinta en Iberoamérica. Aunque en los cuatros ordenamientos de la muestra obedecen y comparten la aplicación del Interés superior del Niño, aún existen grandes diferencias metodológicas, principalmente en la forma en la que las judicaturas operan para reducir la discrecionalidad y tratan de evitar la vulneración de derechos en la infancia.

Si bien la sentencia No. 28-15-IN/21, marca un gran hito respecto a la preferencia materna, eliminándola, lo que generó un espacio de mayor igualdad; la falta de una guía o un baremo que garanticen la ponderación. Esto hace que la justicia de instancia refleje un índice de discrecionalidad más elevado que de sus pares regionales.

En contraparte, el ordenamiento chileno, muestra un nivel elevado de previsibilidad, derivado a partir de la reforma introducida en la Ley 20.680. El Código Civil de Chile, incorpora en su artículo 225 numeral 2, un listado expreso de los criterios que el juzgador deberá considerar para la asignación del cuidado personal. Entre estos factores se abordan temas de vínculo afectivo, capacidad de los padres para garantizar el bienestar del hijo, la contribución a la manutención y la decisión de cooperar para asegurar la relación y presencia de ambos padres en la vida y el desarrollo del menor.

Por su lado, en España y Colombia, muestran de forma efectiva la consolidación de las subreglas procesales, con la finalidad de estandarizarlo. En España, con la doctrina fijada por el Tribunal Supremo desde 2013, toma a la custodia compartida como la regla general, lo que sirve para garantizar el derecho del menor a relacionarse en igual medida con ambos progenitores. De igual modo, la jurisprudencia española sistematizo criterios que ayuden a materializar y fomentar la relación, como el análisis a los deseos de los menores, la relación previa con sus hijos, análisis de las aptitudes de los padres y la ubicación de los domicilios.

En su parte, Colombia, mediante fallos como la Sentencia T-255/24 y la sentencia T-292/04, que marcaron hitos a nivel regional, establecen la erradicación de los sesgos de género, además de exigir a toda autoridad la solicitud de un test de razonabilidad fáctica, que pueda contraponer los riesgos reales, frente a especulaciones o prejuicios abstractos.

**Interpretación**

**Asimetría normativa frente al vacío procesal.**

Luego de la búsqueda y análisis de la información, se demuestra que Ecuador, Colombia, Chile y España, han eliminado la regla general de la preferencia materna por sobre el padre. Sin embargo, Chile y España dieron un paso más allá incluyendo mediante doctrina jurisprudencial obligatoria (Código Civil y Tribunal Supremo respectivamente) criterios objetivos; mientras que el país encuentra un vacío procesal dejado por la sentencia de inconstitucionalidad, ya que no vio su reflejo en una guía o un baremo para los juzgadores de primera instancia, que al final son quienes están más de frente a estos asuntos.

**Diferencia en discrecionalidad**

La matriz informativa evidencia que la discrecionalidad judicial es inversamente proporcional a la aplicación y existencia de protocolos analíticos de prueba. Esto demuestra que el país presenta el índice de discrecionalidad más elevado de la muestra tomada, debido a la inexistencia de un catálogo de ponderación dentro del *Código Orgánico de la Niñez y Adolescencia* (19).

**Punto de inflexión iberoamericano**

Si bien algo que mantienen todos los países de la muestra en común, es en la aplicación directa del interés superior del niño, obedeciendo la *Observación general No. 14 del Comité de derechos del niño* (20); pero ésta debe abandonar cualquier presunción moral que afecte directamente al menor. En su lugar, debería estructurarse un sistema de triple base:

- La primera orientada a mantener o fomentar la cooperación de los progenitores.
- La segunda mediante la valoración objetiva del informe pericial, obedeciendo a la sana critica.
- Y la tercera, volviendo a la escucha del menor, siempre y cuando no sea manipulado, como la regla, partiendo de su madurez y desarrollo.

# DISCUSIÓN

Los hallazgos obtenidos del presente estudio, confirman que los litigios que abordan la aplicación del Interés superior del niño en casos de tenencia, aun presentan conflictos dogmáticos, vacíos procesales y un nivel elevado de discrecionalidad. Al contrastar los resultados, es posible determinar la medida en que las practicas judiciales vigentes en los países, pueden reducir o agravar el riesgo a vulnerar los derechos de la infancia.

Los resultados iniciales, confirman la teoría de Barcia Lehman (6), sobre la indeterminación del Interés superior del niño, ya que el autor sostiene que, sin parámetros claramente delimitados, el principio puede recaer en una formula vacía, únicamente sujeta a valoraciones subjetivas por parte del juzgador; cosa que se evidencia en el escenario actual, post sentencia No. 28-15-IN/21. Aunque la decisión de la corte sirvió para eliminar ese sesgo de genero sobre la preferencia, la

ausencia de una reforma dentro del CONA, que aborde un protocolo generalizado como el de España o Chile, deja en al país en lo que Benavides y Yánez consideran como "Desamparo Procedimental". Igual que lo que indica Borda, en su análisis sobre la discrecionalidad, donde considera que la opinión del juzgador está sujeta a preconcepciones morales sobre el rol de cada progenitor, lo que vulneraria el principio de seguridad jurídica.

No obstante, esta necesidad de estandarización contrapone las ideas de Aguilar Cavallo (4), quien advierte que la rigidez de estos criterios de ponderación podría desencadenar la violación a la equidad, que limita el actuar del juzgador para adaptar la decisión a cada caso, estudiándolo de forma independiente. Esto igual es replicado por Farfán y García (2), quienes considerar que la flexibilidad indeterminada, no se traduce en soluciones equitativas, sino que solo ocultan pervivencia de perjuicios atávicos; lo que se traduce en que la guía objetiva no protege la evaluación individual de cada caso, sino que

El análisis comparado indica que la discrecionalidad disminuye, cuando sumado a la eliminación de sesgos de género, se crea un catálogo normativo que aborde el tema a profundidad, con reglas jurisprudenciales claras y completas; tal como se ha hecho en Chile y España. No obstante, el país, se encuentra sumido en un hoyo procedimental, donde se confirma la advertencia de Yánez y Tapia (9), sobre la urgente necesidad de la creación de un protocolo analítico dentro de la jurisdicción nacional, principalmente orientado a juzgadores de instancia, que son quienes día a día conocen estos casos.

En lo que respecta a la calidad y evaluación probatoria, se confirma el diagnostico de Palacios (11), sobre el automatismo pericial; pues los juzgadores toman el camino de la indiferencia hacia los informes periciales o a la delegación acrítica de la función jurisdiccional en equipos técnicos, lo que contraviene directamente los estándares fijados en la Observación General No. 14 (20) del Comité de los Derechos del Niño. Los peritajes psicosociales deben ser analizados bajo las reglas de la sana critica, filtrados y siendo utilizados únicamente como un insumo, mas no como una verdad absoluta; además de que deberá ser contrastado con la aptitud real y la conducta de cada uno de los padres.

Aunque la doctrina internacional considera al niño como un sujeto pleno de derecho, en la práctica se confirman las críticas de Murillo y Cillero (3), pues la escucha del menor se mantiene como un eslabón débil. Esto podría deberse principalmente a la falta de entornos sin interferencia, donde el menor pueda expresar su opinión sin sujetarse a la injerencia o manipulación de cualquiera de sus padres. Como revela Revetllat, la escucha requiere un espacio donde el menor pueda discernir su voluntad, lo que transforma a una simple diligencia en una garantía vinculante para la emisión de la decisión judicial.

En síntesis, la reducción de la arbitrariedad y la efectiva tutela en procesos de tenencia no depende solo de la emisión de principios abstractos, sino de la implementación y materialización de una metodología de ponderación estructurada, interdisciplinaria y respetuosa del debido proceso.

## Propuesta de protocolo de ponderación judicial para la asignación de la tenencia en la República del Ecuador.

***Tabla 2. Propuesta de protocolo***

| Dimensiones para el análisis | Criterios de ponderación | Indicadores de verificación | Puntaje máximo | Justificación |
|---|---|---|---|---|
| A: Vínculo Afectivo y aptitud de cuidado | A.1: Participación histórica en la crianza. | Participación diaria en temas de salud, educación y recreación pre conflicto. | 10 puntos | Pondera el rol y la conservación de la rutina del menor, evitando alterar la estabilidad y minimizando el impacto de una posible separación. |
| | A.2: Disponibilidad temporal afectiva. | Compatibilidad entre la jornada laboral del padre/madre y los horarios del menor. | 10 puntos | Mide la capacidad real de cuidado presencial y directo. Se asigna la puntuación máxima a quien garantice su presencia y el tiempo de calidad, reduciendo la delegación a terceros. |
| | A.3: Capacidad de contención emocional. | Habilidades de autorregulación y empatía | 10 puntos | Valora la salud mental y madurez del progenitor. Garantiza un entorno libre de violencia, desbordes conductuales o cualquier agente que afecte el bienestar del niño. |
| B: Corresponsabilidad y salud relacional. | B.1: Derecho a la coo - parentabilidad. | Predisposición para relacionarse y actuar junto con el otro progenitor | 12 puntos | Recompensa la actitud de promover y mantener una relación de respeto y contacto con el otro progenitor. |
| | B.2: Inexistencia de conductas limitante o interferencia parental | Ausencia de denuncias falsas, desacatos o manipulación sobre el menor | 10 puntos | Penaliza la instrumentalización del menor en el conflicto, además de salvaguardar su seguridad jurídica. |
| | B.3: Cumplimiento con las cargas económicas | Pago al día de las obligaciones de alimentos, sin necesidad de acudir a apremios. | 8 puntos | Evalúa la responsabilidad material y el compromiso con la supervivencia y correcto desarrollo del menor. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| C: Estabilidad del entorno para el desarrollo del menor | C.1: Mantenimiento y apoyo del menor | Conservación del centro de vida del menor (escuela, familia, amigos) | 10 puntos | Aplica la doctrina de no interrupción al centro de vida, ya que se orienta a preservar la red de apoyo social, frente a cambios repentinos. |
| | C.2: Condiciones de vivienda y seguridad | Vivienda optima, sin presencia de violencia o riesgos | 10 puntos | Evita condiciones de vida insalubres, evaluando las condiciones físicas y ambientales de la residencia. |
| D: Manifestación de voluntad y autonomía progresiva | D.1: Veracidad de la opinión del menor | Expresión libre de sometimientos o vicios externos en la sala destinada a su escucha | 10 puntos | Operativiza el articulo 12 de la CDN, ya que garantiza que el testimonio sea genuino, recopilado en un ambiente neutral, libre e idóneo sin interferencia de alguno de los progenitores. |
| | D.2: Razonabilidad de lo expuesto | Argumentos que reflejen su madurez respecto a su vida diaria | 10 puntos | Evalúa la fuerza del relato, basado en el desarrollo psíquico y discernimiento del niño, evitando la dulcificación de la decisión. |

**Reglas de interpretación para la asignación de la custodia**

Habiendo realizado el presente protocolo, el juzgador deberá considerar las siguientes reglas para garantizar y priorizar el interés superior del niño:

- Equilibrio entre ambos progenitores: si existe una diferencia menor o igual a 10 puntos, el juzgador deberá decretar la tenencia compartida de forma prioritaria, de esta forma garantizando la corresponsabilidad parental, tal como lo enmarca la norma constitucional.
- Disparidad de puntaje: si la diferencia es mayor a 10 puntos, deberá otorgarse una tenencia monoparental o exclusiva al que tenga el mayor puntaje; no obstante. Se tomará un régimen de visitas amplio y regular para el otro progenitor.
- Veto por violencia: al existir sentencias o medidas de protección por temas de violencia intrafamiliar o delitos contra la integridad sexual, se otorgará un puntaje de 0 automáticamente y se le otorgará un régimen de visitas supervisadas, si esto no se contrapone al interés del menor.

**Protocolo de escucha activa en la sala protegida**

Para la aplicación del criterio D, el procedimiento deberá ser guiado por las siguientes aptitudes:

**1. Fase de preparación**

Debido a la inexistencia de espacios aun destinados para el propósito, se deberá llevar a cabo de una cámara de Gesell, en presencia del juzgador y un profesional de la psicología del Equipo técnico multidisciplinario. Está prohibida la presencia virtual o física de progenitores o abogados patrocinadores.

**2. Fase de reporte**

El juzgador o el miembro del equipo técnico, será el encargado de explicar al menor, en un lenguaje adaptado a su edad y madurez, la razón de la reunión. Deberá explicar que no está eligiendo a sus padres o juzgándolos, sino que está en un espacio para expresarse libremente.

**3. Fase de indagación**

Se explorarán las rutinas, vínculos y necesidades por medio de preguntas abiertas; sin recaer en interrogatorios sobre uno de sus padres por sobre el otro.

**4. Fase de sistematización**

El profesional del equipo técnico emitirá un informe donde se anotará la voluntad del menor tomando en consideración si esta denota espontaneidad o existe manipulación por parte de alguno de los padres.

**Refuerzo de la fundamentación judicial**

De forma obligatoria, el juzgador deberá incluir en la sentencia un apartado destinado al protocolo de ponderación donde deberá motivar de forma explícita:

- El puntaje asignado a cada progenitor en los cuatro criterios, respaldado por las pericias y las pruebas del juicio.
- La valoración del informe emitido por el técnico responsable bajo la sana critica.
- El análisis ponderado de escuchar al menor y la manera en que su opinión influye en la decisión final.

# CONCLUSIONES

El presente trabajo, permitió analizar las metodologías aplicadas para la ponderación del interés superior del niño en asuntos de tenencia, demostrando que ser considerado únicamente como un principio formal es insuficiente para garantizar la no vulneración a los derechos de la infancia, cuando no existen reglas tacitas y adecuadas.

Si bien la sentencia No. 28-15-IN/21 marca un hito histórico al eliminar los sesgos de género, lo que hacía que se prefiera a la madre; el estudio evidencia que en la practica el juzgador se somete a sus sesgos implícitos y a valoraciones morales subjetivas, que no analizaban o garantizan a cabalidad la protección de los derechos y el interés superior del niño.

Al analizar la praxis, dos problemas son los que resaltan, el automatismo pericial, gracias al cual el juzgador delega la decisión a lo que indique el informe de los equipos técnicos; y a la deficiente garantía de autonomía progresiva, donde la escucha del menor es una diligencia formal, donde el testimonio es desestimado por interferencia de los progenitores.

Al comparar el modelo ecuatoriano, frente a otros sistemas de países hispanohablantes (Chile, España y Colombia), se demuestra que la existencia de protocolos para el otorgamiento de la tenencia, es inversamente proporcional a la discrecionalidad judicial. Ya que, crear e incluir este tipo de reglas hace que se logre mayor seguridad, equidad y un mayor índice de previsibilidad al resolver disputas de tenencia.

Es por esto, que el presente trabajo incluye una propuesta de protocolo diseñado para solventar el vacío existente; donde se analizan criterios de vínculos afectivos y cuidado, corresponsabilidad, estabilidad del entorno y voluntad del menor. Herramienta que puede proporcionar a los juzgadores indicadores confiables para la asignación de la tenencia a cualquiera de los progenitores.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cillero Bruñol, M. (2007). El interés superior del niño en el marco de la Convención Internacional sobre los Derechos del Niño. Justicia y derechos del niño (No. 9).
2. Farfan, M., & Garcia, J. (2022). Criterios de asignación de la tenencia y corresponsabilidad parental en el Ecuador tras la Sentencia 28-15-IN/21. Revista de ciencias jurídicas Iuris, 45-62.
3. Murillo, K., Banchón, J., & Vilela, W. (2020). El principio de interés superior del niño en el marco jurídico ecuatoriano. Revista Universidad y Sociedad, 385-392.
4. Aguilar, G. (2018). El interés superior del niño y el principio de proporcionalidad en la jurisprudencia internacional y nacional. Revista de derecho (Valdivia), 125-147.
5. Ravetllat Mira, I. (2020). El interés superior del menor como norma de procedimiento: un análisis desde la perspectiva judicial iberoamericana. Revista Ius et Praxis, 89-114.
6. Barcia, R. (2021). El interés superior del niño como concepto jurídico indeterminado y sus problemas de aplicación práctica en el derecho de familia. Revista Doctrina y Jurisprudencia Cuyo, 112-138.
7. Borda, G. (2019). Discrecionalidad judicial y pautas de ponderación en las disputas de custodia en América Latina. Revista Iberoamericana de Derecho Procesal, 201-224.
8. Benavides, M., & Yánez, S. (2023). Corresponsabilidad parental y ruptura de sesgos de género tras la inconstitucionalidad de la preferencia materna en Ecuador. Revista de derecho familiar y de la niñez, 78-95.

9. Yánez, K., & Tapia, L. (2022). Análisis crítico de los criterios judiciales en la asignación de la tenencia tras la Sentencia 28-15-IN/21 en el Ecuador. Revista de derecho, 105-126.
10. Lathrop, F. (2020). La autonomía progresiva de niños, niñas y adolescentes en los procesos judiciales de custodia: un análisis sustantivo y adjetivo. Revista chilena de derecho de familia, 45-69.
11. Palacios, C. (2021). La valoración de la prueba pericial psicosocial en los litigios de tenencia: entre la delegación de la jurisdicción y la sana crítica. Revista de derecho procesal forense, 150-173.
12. Corte Constitucional de Ecuador. (2021). Sentencia No. 28-15-IN/21. Registro Oficial.
13. Congreso de la República de Colombia. (2006). Ley 1098 de 2006: Por la cual se expide el Código de la Infancia y la Adolescencia. Bogotá: Diario Oficial No. 46.446.
14. Congreso Nacional de Chile. (2013). Ley N° 20.680: Introduce modificaciones al Código Civil y a otros cuerpos legales, con el objeto de proteger la integridad del menor en caso de que sus padres vivan separados. Santiago de Chile: Diario Oficial de la Reppública de Chile.
15. Congreso Nacional de diputados de España. (2013). Código Civil Español - Artículo 92.
16. Corte constitucional de Colombia. (2024). Sentencia T-255/24. Registro Oficial.
17. Congreso Nacional de Chile. (1855). Código Civil de la República de Chile. Santiago de Chile: Ley Chile.
18. Corte Constitucional de Colombia. (2004). Sentencia T-292/04. Registro Oficial.
19. Asamblea Nacional del Ecuador. (2022). Código Orgánico de la Niñez y Adolescencia. Quito: Registro Oficial No. 737.
20. Comité de los derechos del niño - ONU. (2013). Observación general Nº 14 sobre el derecho del niño a que su interés superior sea una consideración primordial (artículo 3, párrafo 1). Naciones Unidas.

InvestiGO Revista Científica Multidisciplinaria
ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Octubre 2026
Vol. 7 No. 21, PP. 197-207
https://doi.org/10.56519/jm0b8w25

# ANÁLISIS MULTIVARIADO EXPLORATORIO DEL RENDIMIENTO DE CAPTACIÓN DE NIEBLA Y CALIDAD DEL AGUA EN COTOPAXI

# EXPLORATORY MULTIVARIATE ANALYSIS OF FOG-WATER HARVESTING PERFORMANCE AND WATER QUALITY IN COTOPAXI

Marco Antonio Riofrío Guevara[1], Abrahan Rafael Mora Polanco[2], Judith Rosales[3], Wilmer Marcelo Carrera Herrera[4]

{marco.riofrio2916@utc.edu.ec [1], abrahanmora@.tec.mx[2], judith.rosales@uog.edu.gy [3], wilmer.carrera@cotopaxi.gob.ec[4]}

Fecha de recepción: 01/07/2026 / Fecha de aceptación: 08/10/2026 / Fecha de publicación: 14/10/2026

**RESUMEN: El presente estudio analizó patrones multivariados entre el rendimiento de captación, variables climáticas y parámetros fisicoquímicos del agua recolectada mediante atrapanieblas en seis localidades de Cotopaxi, Ecuador. Como una alternativa potencial para complementar el abastecimiento hídrico de comunidades rurales altoandinas, se construyó una matriz de seis unidades espaciales y siete variables: demanda bioquímica de oxígeno ($DBO_5$), demanda química de oxígeno (DQO), turbidez, temperatura, altitud, precipitación registrada mediante pluviómetro y captación mediante atrapanieblas. Las variables fueron estandarizadas mediante puntuaciones y analizadas mediante análisis de componentes principales (ACP) en R Studio. Los dos primeros componentes explicaron el 84.4 % de la variabilidad total, con 44.5 % para Dim1 y 39.9 % para Dim2. Apahua y Ninincochapamba se proyectaron en la dirección asociada con mayores valores relativos de captación. La temperatura presentó una orientación similar al vector de captación, mientras que $DBO_5$, DQO y turbidez mostraron una orientación opuesta. La altitud presentó mayor asociación con Ilitio y Curingue, sin alinearse directamente con la captación. Debido al reducido tamaño muestral y que otros parámetros analizados como: arsénico, plomo, cadmio, boro y cromo presentaron valores por debajo del límite de detección en todos los atrapanieblas, se los omitió por su nula representatividad y de esta manera los patrones identificados se consideraron como exploratorios. Los resultados evidencian que el desempeño de los atrapanieblas responde a una estructura ambiental multivariable y no a un único gradiente geográfico, además se evidencia que la precipitación no está ligada netamente con la captación en los atrapanieblas.**

***Palabras clave: análisis multivariado; vapor de agua; calidad del agua; condiciones meteorológicas; país andino***

[1]Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador, https://orcid.org/0009-0002-8916-9656
[2]Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador, https://orcid.org/0000-0002-9132-5622
[3]Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador, https://orcid.org/0000-0003-4674-565X
[4]Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador, https://orcid.org/0009-0002-7617-2020

**ABSTRACT: This study analyzed multivariate patterns among fog-water collection performance, environmental variables, and physicochemical characteristics of water harvested using fog collectors at six sites in Cotopaxi, Ecuador, as a potential alternative to supplement water supply in rural Andean communities. A data matrix comprising six spatial units and seven variables was constructed: biochemical oxygen demand ($BOD_5$), chemical oxygen demand (COD), turbidity, temperature, altitude, rainfall measured using a rain gauge, and fog-water collection yield. The variables were standardized and analyzed through principal component analysis (PCA) in RStudio. The first two principal components explained 84.4% of the total variance, with Dim1 accounting for 44.5% and Dim2 for 39.9%. Apahua and Ninincochapamba were projected in the direction associated with relatively higher collection yields. Temperature showed an orientation similar to the fog-water collection vector, whereas $BOD_5$, COD, and turbidity exhibited an opposite orientation. Altitude was more strongly associated with Ilitio and Curingue but showed no direct alignment with collection yield. Because of the limited sample size, and because arsenic, lead, cadmium, boron, and chromium concentrations were below the analytical detection limit at all fog-collection sites, these variables were excluded due to their lack of discriminatory contribution. Accordingly, the identified patterns were interpreted as exploratory. The results indicate that fog-collector performance is governed by a multivariable environmental structure rather than by a single geographic gradient. In addition, rainfall was not directly associated with fog-water collection yield, suggesting that conventional precipitation alone does not adequately explain spatial differences in fog-harvesting performance.**

***Keywords: Multivariate analysis; Water vapour; Water quality; Weather; Andean countries***

## INTRODUCCIÓN

La interacción compleja entre la variabilidad climática, orografía y transformación de los ecosistemas del páramo condiciona el abastecimiento de agua en regiones altoandinas (1) (2). Estos ecosistemas cumplen una función estratégica en la regulación y provisión del recurso hídrico para comunidades rurales; sin embargo, las modificaciones del uso del suelo y la variabilidad ambiental pueden alterar los mecanismos naturales de almacenamiento y suministro de agua (3) (4).

En este contexto, la captación de agua de niebla constituye una alternativa tecnológica pasiva para incrementar la disponibilidad local de agua en regiones donde la infraestructura hidráulica convencional como sistemas de distribución de agua potable no existe (5) (6). El principio de funcionamiento consiste en interceptar microgotas suspendidas en el aire mediante mallas Rashel de 3 metros de alto por 10 metros de largo, desde las cuales las microgotas de agua son conducidas hacia un sistema de almacenamiento (7) (8). El rendimiento de estos sistemas depende tanto de las características físicas de la superficie colectora como de factores ambientales asociados con el viento, las condiciones atmosféricas y el emplazamiento geográfico(9) (10) (11) (12).

Proyectos en Ecuador han demostrado la posibilidad de utilizar sistemas de captación atmosférica como fuentes complementarias de agua, aunque su desempeño puede presentar diferencias importantes entre regioneso específicamente que su rendimiento no sea el mínimo para abasteces para actividades básicas(5). A esta variabilidad se añade la necesidad de evaluar la calidad del agua obtenida, puesto que la composición química y microbiológica de la precipitación puede modificarse por aerosoles atmosféricos (13), partículas minerales (14), contaminación antropogénica y características de los componentes del propio sistema de recolección (7) (15) (16).

La evaluación integral de estos sistemas genera conjuntos de datos constituidos por variables con diferentes unidades y escalas, por ejemplo, indicadores de materia orgánica, turbidez, temperatura, altitud, precipitación y volúmenes de captación, cuya interpretación individual puede ocultar relaciones estructurales entre los factores analizados. Se aplicó el análisis de componentes principales (ACP) porque el objetivo del estudio fue explorar la correlación entre variables cuantitativas (17) (18) (19), sin establecer aglomerados o clústeres para generar un modelo predictivo. De esta manera, este análisis nos permite transforma las variables originales en componentes ortogonales y mediante RStudio graficar sitios y variables en un espacio de dimensión reducida mediante biplots de fácil interpretación. Su aplicación ha permitido identificar gradientes ambientales y patrones de correlaciones espaciales en estudios de calidad del agua y sistemas hídricos complejos.

En este contexto, Cotopaxi ofrece un escenario apropiado para analizar características ambientales y el funcionamiento de sistemas de captación atmosférica mediante la coexistencia de fuertes gradientes topográficos, condiciones microclimáticas heterogéneas y limitaciones en el abastecimiento de agua en el sector rural. Literatura reciente ha destacado la relevancia de integrar criterios de necesidad hídrica y calidad del agua cuando se evalúan soluciones basadas en niebla en ambientes áridos y altoandinos (20) (21) (22).

Por consiguiente, el objetivo de esta investigación fue caracterizar, mediante un análisis exploratorio de componentes principales, la estructura multivariada existente entre el rendimiento de captación de agua atmosférica, variables ambientales y parámetros de calidad del agua en seis regiones rurales de Cotopaxi.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El estudio se desarrolló en la provincia de Cotopaxi, Ecuador en las siguientes localidades rurales: Apahua, Guayama San Pedro, Ninin Cochapamba, Curingue, Mulaló (Ilitio) y San Isidro. Los sitios se encuentran distribuidos en los cantones Pujilí, Sigchos, Saquisilí y Latacunga, dentro de un territorio caracterizado por marcada heterogeneidad topográfica y climática. Las coordenadas se expresaron en el sistema WGS84/UTM zona 17S.

***Tabla 1. Localización de los sitios considerados en el análisis multivariado.***

| Sitio | Cantón | Coordenada X | Coordenada Y |
|---|---|---|---|
| Apahua | Pujilí | 731035 | 9890373 |
| Guayama San Pedro | Sigchos | 732795 | 9906329 |
| Ninin Cochapamba | Saquisilí | 749854 | 9903203 |
| Curingue | Pujilí | 738637 | 9905353 |
| Mulaló (Ilitio) | Latacunga | 775103 | 9919904 |
| San Isidro | Pujilí | 752762 | 9887403 |

***Nota. Sistema de referencia: WGS84/UTM zona 17S.***

Del mismo modo en la figura 1 se muestra la distribución geográfica donde se ubicó cada atrapanieblas.

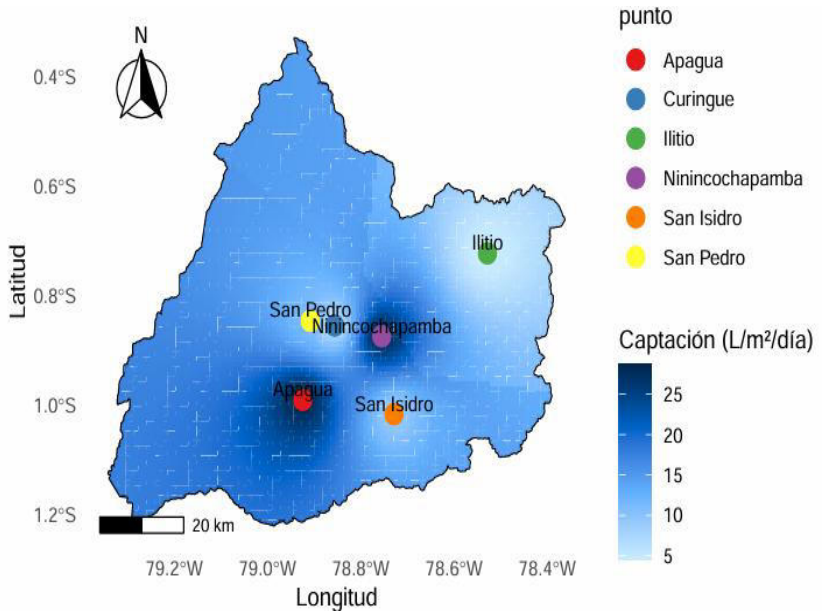



***Figura 1. Ubicación de atrapanieblas en la provincia de Cotopaxi.***

***Fuente: Elaboración propia en RStudio.***

## Sistemas de captación y variables analizadas

Los sistemas de captación estuvieron constituidos por tres postes verticales sin inclinación, distanciados a 5 metros, se usó una malla Raschel de polipropileno de color negro con tejido denso de 8 cintas planas entrelazadas de 3 metros de altura por 10 metros de ancho, con un coeficiente de sombra de 0.55 y una porosidad superficial de 0.45, conjuntamente con sus canaletas de conducción y el tanque de almacenamiento de agua de 200 litros. Para el análisis de datos de componentes principales se consideraron variables fisicoquímicas, condiciones ambientales, el rendimiento de captación y precipitación en cada punto de estudio. La matriz utilizada en el ACP estuvo formada por seis unidades espaciales n=6 y siete variables p=7: $DBO_5$, DQO, turbidez, temperatura, altitud, precipitación registrada mediante pluviómetro y captación mediante los tanques de almacenamiento del atrapanieblas.

Es importante resaltar que también se analizaron en todos los sitios de captación elementos potencialmente nocivos como: arsénico, cadmio, plomo, cromo y boro, pero no se incorporaron en el ACP porque los resultados del laboratorio se encontraron por debajo de los límites analíticos de detección reportados en la Tabla 3. Estos datos no fueron relevantes ya que no aportan una varianza cuantificable apropiada para el presente estudio.

Respecto al monitoreo de precipitación y captación se realizó una campaña durante el periodo enero-septiembre de 2023. Los registros de ambas variables se obtuvieron diariamente: la precipitación mediante pluviómetros instalados cercanos a los colectores y la captación mediante medición del volumen recolectado por los tanques de cada atrapanieblas. Para el ACP se utilizó el promedio por localidad, de modo que las filas de la matriz que se usó en RStudio corresponden a seis unidades espaciales y no a observaciones temporales independientes.

***Tabla 2. Variables incorporadas al análisis de componentes principales***.

| Dimensión | Variable | Método Analítico |
|---|---|---|
| Calidad del agua | Demanda bioquímica de oxígeno ($DBO_5$) | SM 5210 D |
| Calidad del agua | Demanda química de oxígeno (DQO) | SM 5220 C/D |
| Calidad del agua | Turbidez | SM 2130 B |
| Ambiental | Temperatura del aire | Termómetro |
| Geográfica | Altitud | GPS |
| Hidrometeorológica | Precipitación registrada | Pluviómetro |
| Rendimiento | Captación de agua | Probetas graduadas |

***Tabla 3. Información analítica de los elementos excluidos del ACP.***

| Elemento | Método analítico exacto | LD/LQ (mg/L) | Criterio en el ACP |
|---|---|---|---|
| As | AAA-PE-A023/ SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015 | < 0.0005 | Excluido por que la varianza no es cuantificable |
| Cd | AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015 | < 0.010 | |
| Pb | AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015 | < 0.001 | |
| Cr(VI) | AAA-PE-A009/ SM3500 Cr B | < 0.010 | |
| B | AAA-PE-A028 / SM 4500-B B, SM 3120 B, EPA 200.7 | < 0.010 | |

## Análisis de componentes principales

El tratamiento estadístico se realizó en RStudio. Previamente al ACP, la matriz de datos fue depurada y las siete variables fueron estandarizadas con el propósito de minimizar el efecto de sus diferentes unidades y magnitudes. Posteriormente se ejecutó el análisis de componentes principales mediante el comando: prcomp, sobre la matriz estandarizada. Los autovalores se obtuvieron a partir del cuadrado de las desviaciones estándar de los componentes y se calcularon los porcentajes de varianza individual y acumulada. Para interpretar la estructura multivariada se extrajeron las cargas (loadings) de las variables y las coordenadas factoriales (scores) de las localidades. Además, se calcularon las correlaciones entre las variables originales y los componentes principales, así como sus contribuciones relativas y valores $cos^2$, utilizados para evaluar la representación de cada variable en el plano factorial.

La interpretación gráfica se efectuó mediante un biplot PC1–PC2 desarrollado con ggplot2 y ggrepel, representando simultáneamente las localidades y los vectores de las variables, cuya dirección y magnitud permitieron examinar asociaciones y patrones multivariados.

Debido a que la matriz estuvo compuesta por seis unidades espaciales frente a siete variables, la matriz no permitió estimar válidamente el índice Kaiser-Meyer-Olkin ni la prueba de esfericidad de Bartlett. En consecuencia, el ACP se utilizó exclusivamente como herramienta exploratoria de reducción dimensional y visualización, y no como procedimiento confirmatorio ni como evidencia de relaciones causales.

# RESULTADOS

## Varianza explicada y distribución multivariada de los sitios

Los dos primeros componentes principales explicaron conjuntamente 84,4 % de la variabilidad total. PC1 explicó 44,5 % y PC2 explicó 39,9 %, lo que permitió representar en un biplot PC1-PC2 la mayor parte de la estructura multivariada observada, Sin embargo, debido al reducido tamaño de la matriz, esta elevada proporción de varianza explicada no debe interpretarse como evidencia de estabilidad externa del modelo.

***Tabla 4. Autovalores y varianza explicada por los componentes principales.***

| Componente | Autovalor | Varianza (%) | Varianza acumulada (%) |
|---|---|---|---|
| **PC1** | 3.1180 | 44,54 | 44,54 |
| **PC2** | 2.7915 | 39,88 | 84,42 |
| **PC3** | 0.9072 | 12.96 | 97.38 |
| **PC4** | 0.1818 | 2.6 | 99.98 |
| **PC5** | 0.0015 | 0.02 | 100.00 |
| **PC6** | 0.0000 | 0.00 | 100.00 |

***Tabla 5. Cargas (loadings) de las variables en los componentes***

| Variable | PC1 | PC2 | PC3 | PC4 | PC5 | PC6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Pluviómetro** | 0.2607417 | -0.34084616 | 0.71432609 | -0.06497946 | 0.14265097 | -0.1994236 |
| **Atrapanieblas** | -0.4476163 | -0.18175671 | 0.55143361 | -0.19875327 | -0.09573352 | 0.1664003 |
| **Temperatura** | -0.1434568 | -0.51641537 | -0.37166262 | -0.60287918 | -0.01701131 | -0.4591741 |
| **Altitud** | 0.1640060 | 0.56175620 | 0.19377920 | -0.07932712 | -0.04176427 | -0.7324135 |
| **DBO5** | 0.5610846 | -0.01606136 | -0.04061063 | -0.29277890 | 0.63215761 | 0.2390275 |
| **DQO** | 0.5606206 | -0.05126920 | 0.03257951 | -0.24448185 | -0.75344954 | 0.2057558 |
| **Turbidez** | 0.2346576 | -0.51540958 | -0.08523544 | 0.66409927 | -0.03380384 | -0.2929183 |

.

***Tabla 6. Puntuaciones factoriales (scores) de las localidades***

| Sitio | PC1 | PC2 | PC3 | PC4 | PC5 | PC6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **San Isidro** | 1.70811404 | -2.7703180 | -0.3668535 | 0.2452280 | -0.001918425 | 3.330669e-16 |
| **Ninninchampamba** | -0.22379017 | -0.3872621 | 1.8335757 | -0.2647469 | -0.002850260 | 1.249001e-16 |
| **Ilitio** | 1.13089565 | 2.1943120 | 0.1776305 | 0.5750315 | -0.016408489 | -7.494005e-16 |
| **Apagua** | -3.28627214 | -0.4967281 | -0.4286726 | 0.2075588 | -0.016293463 | 3.885781e-16 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Curingue** | 0.73466837 | 0.7820658 | -0.8142325 | -0.6199226 | -0.037537652 | 3.053113e-16 |
| **San Pedro** | -0.06361575 | 0.6779303 | -0.4014477 | -0.1431487 | 0.075008289 | 2.77555 |

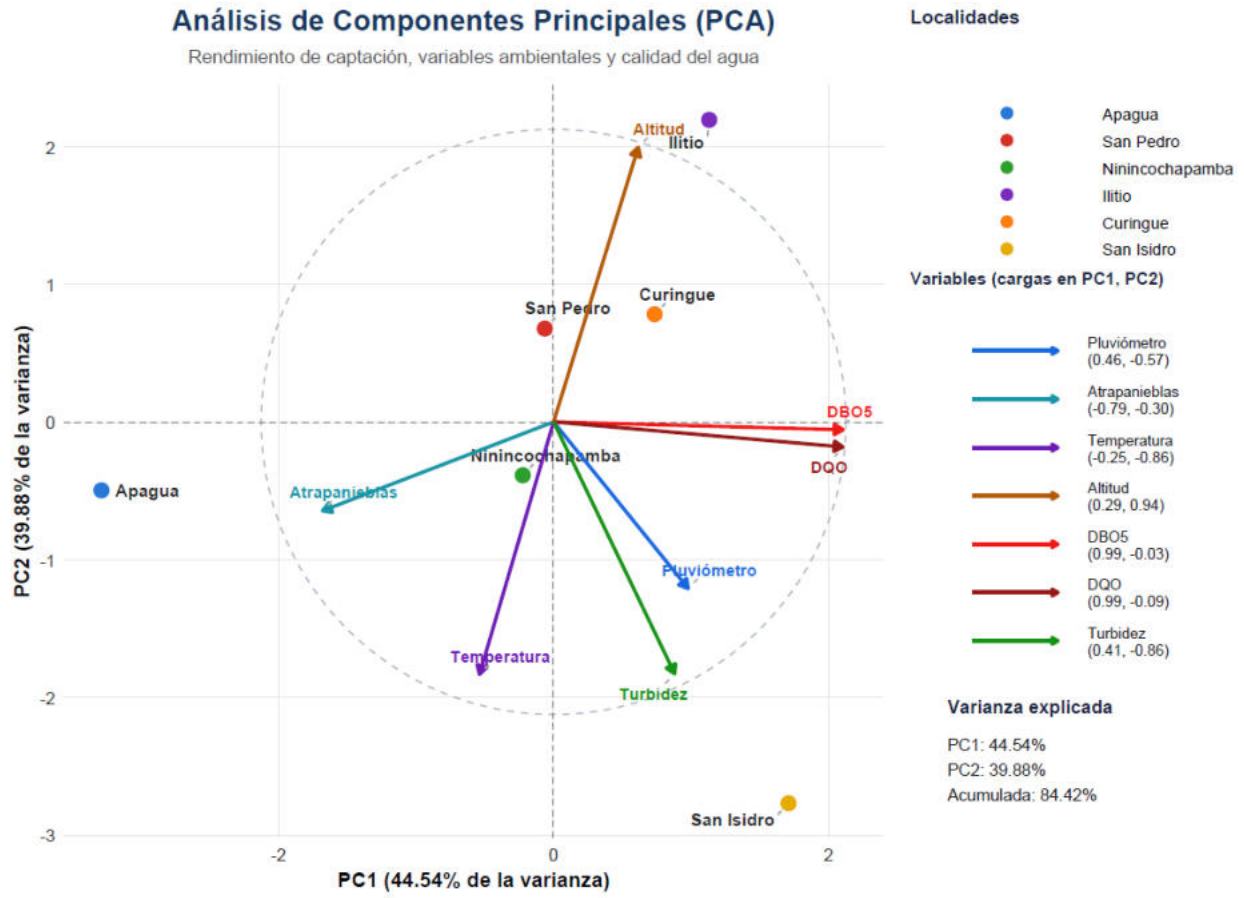



***Figura 2. Biplot del análisis de componentes principales aplicado a variables ambientales, de captación y calidad del agua.***

***Fuente: Elaboración propia en RStudio.***

## Variables ambientales y rendimiento de captación

El PC1 estuvo dominado por $DBO_5$ y DQO, que presentaron correlación de 0,99. Ambos vectores mostraron una orientación paralela, indicando una fuerte covariación. En contraste, el rendimiento del atrapanieblas presentó una correlación de −0,79 con PC1, situándose en dirección opuesta a $DBO_5$ y DQO. Esta configuración estableció el principal gradiente horizontal del análisis y separó a Apagua, proyectada hacia el sector asociado con mayor rendimiento de captación, de las observaciones orientadas hacia mayores valores relativos de los indicadores de carga orgánica u oxidable. Por su parte, el pluviómetro mostró una asociación positiva moderada con PC1: 0,46, aunque su vector no coincidió con el correspondiente al rendimiento de captación.

El PC2 estuvo definido principalmente por la altitud 0,94 y, en sentido opuesto, por la temperatura y turbidez con: −0,86. El pluviómetro también presentó una contribución negativa

sobre este componente −0,57, mientras que el atrapanieblas mostró una asociación comparativamente menor −0,30. La disposición de los vectores reveló una clara oposición entre altitud y temperatura, mientras que temperatura y turbidez mostraron orientaciones similares.

En el plano PC1–PC2, Apahua y Ninincochapamba se ubicaron en la dirección general del vector asociado con la captación. Ilitio y Curingue presentaron una asociación más marcada con la dirección del vector de altitud, pero esta orientación no coincidió directamente con el vector de captación. Este resultado no implica que la elevación carezca de influencia física sobre la formación de niebla; únicamente indica que, dentro de esta matriz multivariante, su gradiente no reprodujo el patrón observado para la captación.

**Calidad del agua y gradiente multivariado**

$DBO_5$, DQO y turbidez presentaron vectores orientados en sentido opuesto al vector de captación. Desde el punto de vista multivariante, esta disposición indica una tendencia inversa entre el gradiente asociado con mayor captación y los valores relativos de estos indicadores de calidad dentro de las seis localidades. La interpretación no debe extenderse a una relación causal ni a una demostración de cumplimiento normativo, ya que $DBO_5$ representa una aproximación a la fracción de materia orgánica susceptible de degradación biológica, DQO refleja la demanda de oxígeno asociada con sustancias oxidables y la turbidez constituye un indicador de partículas suspendidas.

# DISCUSIÓN

**Control multivariable de la captación de niebla**

El patrón analizado es multicausal de la captación de niebla. La eficiencia de intercepción depende de la interacción entre viento, exposición del colector, propiedades de la superficie y microclima, por lo que la mayor captación no necesariamente coincide con el mayor valor de una única variable geográfica (18). En este estudio, la ausencia de alineación directa entre altitud y captación respalda una interpretación en términos de emplazamiento y condiciones locales, pero no demuestra que la altitud carezca de relevancia física.

De manera similar, la orientación de la temperatura hacia el gradiente de mayor captación debe interpretarse como una señal descriptiva, no como evidencia de que temperaturas más altas incrementan el rendimiento o existe mayor condensación. La formación de niebla depende de saturación, punto de rocío, humedad relativa, velocidad del viento y contenido de agua líquida, variables que no estuvieron disponibles con suficiente resolución para incorporarse en el presente ACP.

**Precipitación convencional frente a captación atmosférica**

La falta de superposición entre los vectores de precipitación y captación sugiere que la lluvia registrada por pluviómetro no representa por sí sola el potencial de cosecha de niebla. La lluvia convencional registra principalmente flujo vertical de precipitación, mientras que los

atrapanieblas interceptan gotas transportadas horizontalmente por el viento. Esta diferencia física explica por qué ambos procesos pueden compartir condiciones meteorológicas favorables sin presentar una relación espacial idéntica. En sistemas altoandinos ecuatorianos se ha reportado que la productividad de los colectores depende fuertemente del emplazamiento y de la exposición a masas de aire húmedo (23).

**Calidad del agua en relación con el rendimiento**

La orientación opuesta de $DBO_5$, DQO y turbidez respecto al vector de captación no permite concluir que un mayor volumen recolectado produzca una mejor calidad del agua. Estos indicadores pueden responder a deposición de partículas, acumulación de materia orgánica, condiciones del almacenamiento y limpieza de las superficies de captación. Estudios realizados en Chile han demostrado que el agua de niebla puede presentar características químicas condicionadas por el ambiente atmosférico y por las fuentes locales de contaminación (7) (16), mientras que investigaciones desarrolladas en México también han mostrado la necesidad de evaluar la calidad del agua captada antes de considerar su utilización (13). De manera similar, Domen et al. (8) plantean que la niebla constituye una fuente alternativa de agua, pero que su aprovechamiento requiere considerar simultáneamente cantidad y calidad.

**Limitaciones y alcance del análisis**

La principal limitación estadística corresponde al reducido tamaño de la matriz. Esta estructura restringe la estabilidad de valores y no permite generalizar los patrones a todas las comunidades de Cotopaxi. El ACP se utilizó únicamente como una herramienta exploratoria para sintetizar la variación observada entre los seis sitios. Futuros estudios deberán incrementar el número de unidades espaciales, incorporar observaciones temporales independientes y variables microclimáticas de mayor resolución, especialmente humedad relativa, velocidad y dirección del viento.

Otra limitación corresponde a la disponibilidad presupuestaria, que restringió la continuidad del monitoreo y la incorporación de equipos y materiales de mayor durabilidad. Estas restricciones deben considerarse al interpretar la representatividad temporal de los resultados y la posibilidad de extrapolar el comportamiento de los sistemas a periodos climáticos distintos.

## CONCLUSIONES

Apahua y Ninincochapamba presentaron perfiles orientados hacia mayores valores relativos de captación. La temperatura mostró una dirección semejante al vector de rendimiento, mientras que la altitud se relacionó principalmente con Ilitio y Curingue y no presentó una orientación coincidente con la captación.

La orientación opuesta de $DBO_5$, DQO y turbidez respecto al vector de captación identificó un segundo patrón relevante: los perfiles asociados con mayor captación tendieron a ubicarse en sentido contrario al gradiente definido por estos indicadores de calidad. Esta relación debe considerarse una covariación multivariante exploratoria y se sugiere que estudios posteriores

deben ampliar la resolución espacial y temporal del monitoreo e incorporar variables microclimáticas adicionales para determinar con mayor robustez los factores asociados con el desempeño de la captación atmosférica en los Andes ecuatorianos.

La limitación principal del proyecto corresponde a la disponibilidad presupuestaria, la cual restringió la continuidad de las actividades posteriores a la implementación. La ausencia de recursos permanentes para el mantenimiento y monitoreo dificulta evaluar el desempeño del sistema a mediano y largo plazo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS


1. Balthazar V, Vanacker V, Molina A, Lambin E. Impacts of forest cover change on ecosystem services in high Andean mountains. Ecological Indicators. 2015; 48: p. 63-75.
2. Patiño S, Hernández Y, Plata C, Domínguez I, Daza M, Oviedo Ocaña R, et al. Influence of land use on hydro-physical soil properties of Andean páramos and its effect on streamflow buffering. CATENA. 2021; 7: p. 202.
3. Buytaert W, Célleri R, De Bièvre B, Cisneros F, Wyseure G, Deckers J, et al. Human impact on the hydrology of the Andean páramos. Earth-Science Reviews. 2006; 79(1-2): p. 53-72.
4. Mosquera G, Marín F, Stern M, Bonnesoeur V, Ochoa-Tocachi F, Román D, et al. Progress in understanding the hydrology of high-elevation Andean grasslands under changing land use. Science of The Total Environment. 2022;: p. 150112.
5. Carrera D, Rodríguez- Espinosa F, Toulkeridis T. Potential Solutions for the Water Shortage Using Towers of Fog Collectors in a High Andean Community in Central Ecuador. Sustainability. 2023; 15(12): p. 9237.
6. Ojani C. The promise of fog capture: Ground-touching clouds as a material (im)possibility in Peru. Cultural Anthropology. 2023; 38(2): p. 225-250.
7. Schemenauer R, Cereceda P. The quality of fog water collected for domestic and agricultural use in Chile. J. Appl. Meteorol. 1992;: p. 275-290.
8. Domen J, Stringfellow W, Camarillo M, Gulati S. Fog water as an alternative and sustainable water resource. Clean Technol. Environ. Policy. 2014;: p. 235-249.
9. Schunk C, Trautwein P, Hruschka H, Frost E, Dodson E, Derhem A, et al. Testing Water Yield, Efficiency of Different Meshes and Water Quality with a Novel Fog Collector for High Wind Speeds. Aerosol and Air Quality Research 8. 2018;: p. 240–253.
10. Fernandez D, Torregrosa A, Weiss P, Cohen R, Sorensen D, Kleingartner J, et al. Inter-mesh comparisons of passive fog collectors. En: Wroclaw Poland; 2016
11. Feld S, Spencer B, Bolton S. Improved fog collection using turf reinforcement mats. Journal Sustainable Water Built Environ. 2. 2016;: p. 04016002.
12. Rivera J. Aerodynamic collection efficiency of fog water collectors. Atmos. Res. 102. 2011;: p. 335–342.
13. Jofre-Meléndez R, Cervantes J, Barradas V. CALIDAD DEL AGUA DE LA NIEBLA CAPTADA ARTIFICIALMENTE EN LA MICROCUENCA DEL RÍO PIXQUIAC, VERACRUZ, MÉXICO: RESULTADOS PRELIMINARES. Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas. 2015;: p. 122-130.

14. Bonnail E, Cunha Lima R, Martínez Turrieta G. Trapping fresh sea breeze in desert? Health status of Camanchaca, Atacama's fog. Environmental Science and Pollution Research. 2018; 25(18): p. 18204–18212.
15. Suarez I, Fernandez J, Ventura I. Calidad del agua captada de la niebla para consumo humano en la comunidad Los Verdes, Chota–Perú. Technological Innovations Journal. 2025; 4(2): p. 20-38.
16. Sträter E, Westbeld A, Klemm O. Pollution in coastal fog at Alto Patache, Northern Chile. Environmental Science and Pollution Research. 2010; 17(9): p. 1567-1573.
17. Olsen RL, Chappell RW, Loftis JC. Water quality sample collection, data treatment and results presentation for principal components analysis – literature review and Illinois River watershed case study. Water Research. 2012; 46(9): p. 3110-3122.
18. Bengraine K, Marhaba T. Using principal component analysis to monitor spatial and temporal changes in water quality. Journal of Hazardous Materials. 2003; 100(1-3): p. 179-195.
19. Zeinalzadeh K, Rezaei E. Determining spatial and temporal changes of surface water quality using principal component analysis. Journal of Hydrology: Regional Studies. 2017; 13: p. 1-10.
20. Carter J, Verbrugghe N, Lobos F, Del Río C, Albornoz F, Khan A. Unlocking the fog: assessing fog collection potential and need as a complementary water resource in arid urban lands–the Alto Hospicio, Chile case. Frontiers in Environmental Science. 2025.
21. Martinez V. Análisis de la variabilidad de precipitación y eventos climáticos extremos en la Cuenca del Río Tipani, Potosí, Bolivia (2002-2020). Revista Ciencia Tecnologia Sociedad. 2024.
22. Gandhidasan P, Abualhamayel HI. Fog collection as a source of fresh water supply in the Kingdom of Saudi Arabia. Water and Environment Journal. 2007; 21(1): p. 19-25.
23. Carrera Villacrés DV, Rodríguez Espinosa F, Toulkeridis T. Potential solutions for the water shortage using towers of fog collectors in a high Andean community in central Ecuador. Sustainability. 2023; 15(12).

ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Octubre 2026
Vol. 7 No. 21, PP. 208-221
https://doi.org/10.56519/3bp0e247

# EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON NANOCOMPLEJOS DE COLESTEROL-METIL-B-CICLODEXTRINA EN LA CALIDAD SEMINAL OVINA

# EFFECT OF SUPPLEMENTATION WITH CHOLESTEROL-METHYL-B-CYCLODEXTRIN NANOCOMPLEXES ON SEMEN QUALITY

José Luis Requena Lozano[1], Marlon Sebastián Rivadeneira Romero[2], Manuel Esteban Maldonado Cornejo[3], Juan Carlos Alvarado Alvarado[4], Andrés Leonardo Moscoso Piedra[5]

{jose.requena.74@est.ucacue.edu.ec[1], marlon.rivadeneira.14@est.ucacue.edu.ec[2], mmaldonadoc@ucacue.edu.ec[3] jalvaradoa@ucacue.edu.ec[4], amoscosop@ucacue.edu.ec[5]}

Fecha de recepción: 15/08/2026 / Fecha de aceptación: 08/10/2026 / Fecha de publicación: 14/10/2026

**RESUMEN: La criopreservación de semen constituye una biotecnología para la conservación de recursos genéticos ovinos, donde las fases críticas de congelación y descongelación inducen un severo estrés oxidativo (EO) y la acumulación de especies reactivas de oxígeno (ROS), desencadenando alteraciones irreversibles en la arquitectura lipídica de la membrana plasmática espermática, debido a su alta proporción de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) y baja concentración endógena de colesterol propia de la especie. Para mitigar este daño, la adición de nanocomplejos de colesterol-metil-β-ciclodextrina (CLC) en los diluyentes comerciales representa una alternativa para preservar la viabilidad celular. Esta investigación determinó el efecto de CLC en sustitución de la yema de huevo dentro del diluyente Triladyl, evaluando su impacto sobre la calidad espermática post-descongelación. Se recolectaron cinco eyaculados de un carnero de la raza Katahdin, ajustándose a una concentración de 50×10⁶ espermatozoides por dosis. Las muestras se dividieron en cuatro grupos: uno de control y tres tratamientos suplementados con 1 mg, 2 mg y 3 mg de CLC. Tras la criopreservación, el semen fue evaluado mediante el sistema CASA, tinción de Eosina-Nigrosina, el test HOST y la fluoresencia MitoTracker Green. Los resultados evidenciaron que la suplementación con 1 mg de CLC brindó una protección superior a la membrana espermática, además de proteger la**

[1]Carrera de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cuenca – Ecuador, https://orcid.org/0009-0009-8860-3693; +593997639542
[2]Carrera de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cuenca – Ecuador, https://orcid.org/0009-0000-4548-9186; +593991286898
[3]Carrera de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cuenca – Ecuador, https://orcid.org/0000-0002-7240-179X; +593999023022
[4]Carrera de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cuenca – Ecuador, https://orcid.org/0000-0002-1507-2280; +593999388991
[5]Carrera de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cuenca – Ecuador, https://orcid.org/0000-0002-4017-0165; +593984688499

**actividad mitocondrial, mejorando así su integridad funcional, mientras la progresividad sufrió alteraciones, se mantuvo estable respecto al control. Se concluye que el uso de nanocomplejos de CLC optimiza la criopreservación seminal ovina, ofreciendo una alternativa biosegura frente al uso de yemas de huevo.**

***Palabras clave: colesterol-metil-β-ciclodextrina (CLC), criopreservación, semen ovino, estrés oxidativo, calidad espermática***

**ABSTRACT: Cryopreservation of sheep semen constitutes an essential livestock biotechnology for the conservation and dissemination of genetic resources of high zootechnical value within sustainable production systems. However, the critical phases of thermal descent, freezing, and thawing induce severe oxidative stress (EO) and the accumulation of reactive oxygen species (ROS), triggering irreversible alterations in the lipid architecture of the sperm plasma membrane due to its high proportion of polyunsaturated fatty acids (PUFAs) and low endogenous cholesterol concentration. To mitigate this cryogenic damage, the addition of methyl-β-cyclodextrin-cholesterol nanocomplexes (CLC) in commercial diluents represents a superior biotechnological alternative to stabilize the membrane and preserve cell viability. The purpose of this research was to determine the optimal concentration of (CLC) as a substitute for egg yolk within the Triladyl diluent, evaluating its impact on post-thaw sperm quality. Five ejaculates from a Katahdin ram were collected using an artificial vagina, adjusted to a concentration of 50 × $10^6$ sperm per dose. The samples were divided into four groups: one control and three treatments supplemented with 1 mg, 2 mg, and 3 mg of (CLC). After cryopreservation in liquid nitrogen, the semen was evaluated using the computerized CASA system, Eosin-Nigrosin staining, the HOST test, and the fluorescent probe MitoTracker Green. The results showed that supplementation with 1 mg of (CLC) provided superior protection to the sperm membrane against osmotic and thermal variations, significantly improving its functional integrity and flagellar beat frequency, while the parameters of overall viability and mitochondrial activity remained stable compared to the control. It is concluded that the use of (CLC) nanocomplexes optimizes ovine semen cryopreservation, offering a biosecure alternative to the use of avian-origin yolks.**

***Keywords: methyl-β-cyclodextrin-cholesterol (CLC), cryopreservation, ovine semen, oxidative stress, sperm quality***

## INTRODUCCIÓN

La criopreservación del semen es una de las principales biotecnologías reproductivas implementadas para la conservación de germoplasma, el mejoramiento genético y la difusión de material reproductivo de alto valor mediante programas de inseminación artificial. Su aplicación ha permitido preservar el material genético de sementales sobresalientes, lo que ha contribuido al incremento de la eficiencia reproductiva de los sistemas de producción ovina. Sin embargo, el éxito de esta técnica depende en gran medida de la capacidad de los espermatozoides para mantener su funcionalidad después de los procesos de congelación y descongelación, los cuales

generan alteraciones estructurales y metabólicas lo que consecuentemente considerablemente la fertilidad y viabilidad del semen criopreservado (1,2).

Los espermatozoides poseen una limitada capacidad antioxidante y reducida cantidad de citoplasma, motivos por los cuales resultan altamente susceptibles al daño oxidativo ocasionado durante el proceso de congelación y descongelación. Por su parte, durante el proceso de criopreservación los espermatozoides son sometidos a cambios extremos de temperatura y presión osmótica que modifican la organización de los fosfolípidos de la membrana plasmática, contribuyendo a la formación de cristales de hielo y aumentan la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS). En consecuencia, estas alteraciones desencadenan estrés oxidativo, peroxidación lipídica, al igual que alteraciones en las proteínas, mitocondrias, ADN espermático y consecuentemente la disminución de la motilidad, viabilidad, integridad de membrana y la capacidad fecundante de las células espermáticas (3,4).

Por su parte, uno de los principales factores predisponentes de la susceptibilidad espermática, en comparación con otros animales domésticos, radica en la composición lipídica de la membrana plasmática del espermatozoide al igual que presenta una menor relación entre el colesterol y los fosfolípidos tomando en consideración su elevado contenido de ácidos grasos poliinsaturados, características de esta especie, que incrementan la fluidez de la membrana y reducen su estabilidad frente al choque térmico. En este sentido la supervivencia celular, posterior a la descongelación, depende del proceso de criopreservación proceso donde ocurre una pérdida progresiva de colesterol, lo que favorece a la formación de poros e incrementa la permeabilidad celular, facilitando la afluencia anómala de calcio, los procesos de criocapacitación y reacción acrosomal prematura (5).

Durante los últimos años se han desarrollado diversas técnicas relacionadas con la estabilización de la membrana plasmática antes del proceso de congelación. Entre aquellos hallazgos data la utilización de nanocomplejos de colesterol-metil-β-ciclodextrina (CLC) debido a su capacidad para transportar colesterol hacia la bicapa lipídica del espermatozoide. Por su parte, el colesterol-metil-β-ciclodextrina se caracteriza por su una cavidad hidrofóbica que permite encapsular moléculas lipofílicas como el colesterol y transferirlas eficientemente hacia la membrana celular. Por consiguiente, la estabilidad estructural de la membrana aumenta, reduce la extracción de colesterol durante el enfriamiento y mejora la resistencia de los espermatozoides frente al estrés térmico y osmótico de la criopreservación (6).

Previas investigaciones realizadas en diferentes especies domésticas han demostrado que la suplementación con complejos colesterol–ciclodextrina incrementa significativamente la criotolerancia espermática. Tomando en consideración que el uso de colesterol mediante estos nanocomplejos mejora la estabilidad de la membrana plasmática, disminuye el daño oxidativo, y a su vez preservando el potencial de membrana mitocondrial y la producción de ATP necesaria para el movimiento flagelar. Brindando así mejoras significativas en parámetros relacionados con la motilidad total, motilidad progresiva, integridad de membrana, viabilidad celular y funcionalidad mitocondrial tras de su descongelación. De igual manera, estudios previos evidencian mejoras en aquellos sementales clasificados como "malos congeladores", cuya calidad seminal se ve comprometida durante la criopreservación (7).

En lo que concierne al desarrollo de softwares, el Análisis de Semen Asistido por Computadora (CASA), ha optimizado el proceso de evaluación de los parámetros mencionados, al igual que la precisión relacionada con el análisis de la motilidad y la cinética espermática, reduciendo así la variabilidad inherente frente a las evaluaciones subjetivas. Por su parte, el uso de las pruebas funcionales como la tinción de eosina–nigrosina, el test hiposmótico (HOST) y la utilización de sondas fluorescentes como MitoTracker Green permiten valorar la viabilidad celular, la funcionalidad de la membrana plasmática y el potencial metabólico mitocondrial, proporcionando así una evaluación integral de la calidad seminal post-descongelación (8).

Por otra parte, es indispensable resaltar que la variabilidad con respecto a las concentraciones óptimas de colesterol-metil-β-ciclodextrina utilizadas en los protocolos de criopreservación influenciadas principalmente por factores predisponentes como son: la raza, el diluyente empleado, la concentración espermática, las condiciones ambientales, al igual que el tiempo de incubación previo a la congelación, lo cual altera la respuesta de los espermatozoides a la suplementación lipídica. En este sentido, aún no se han determinado protocolos universales que garanticen la calidad seminal post – descongelación en ovinos bajo condiciones de producción y laboratorio empleadas en Ecuador (9).

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo evaluar el efecto de tres dosis de complejos de colesterol–metil-β-ciclodextrina como sustituto de la yema de huevo en el diluyente Triladyl sobre la calidad seminal posdescongelación en ovinos, mediante el análisis de la motilidad, la cinética espermática, la viabilidad celular y la funcionalidad de la membrana plasmática.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Reproducción Animal de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Católica de Cuenca, ubicado en el cantón Cuenca, provincia del Azuay, Ecuador. Para el estudio se hizo uso de semen de un carnero macho de raza Kathadin, de tres años de edad y fertilidad comprobada, mantenido bajo un modelo de producción intensivo. La alimentación del ejemplar se basó en un sistema de ración total mezclada (TMR, por sus siglas en inglés: Total Mixed Ration), lo que garantizó el suministro balanceado de los requerimientos nutricionales durante el período experimental.

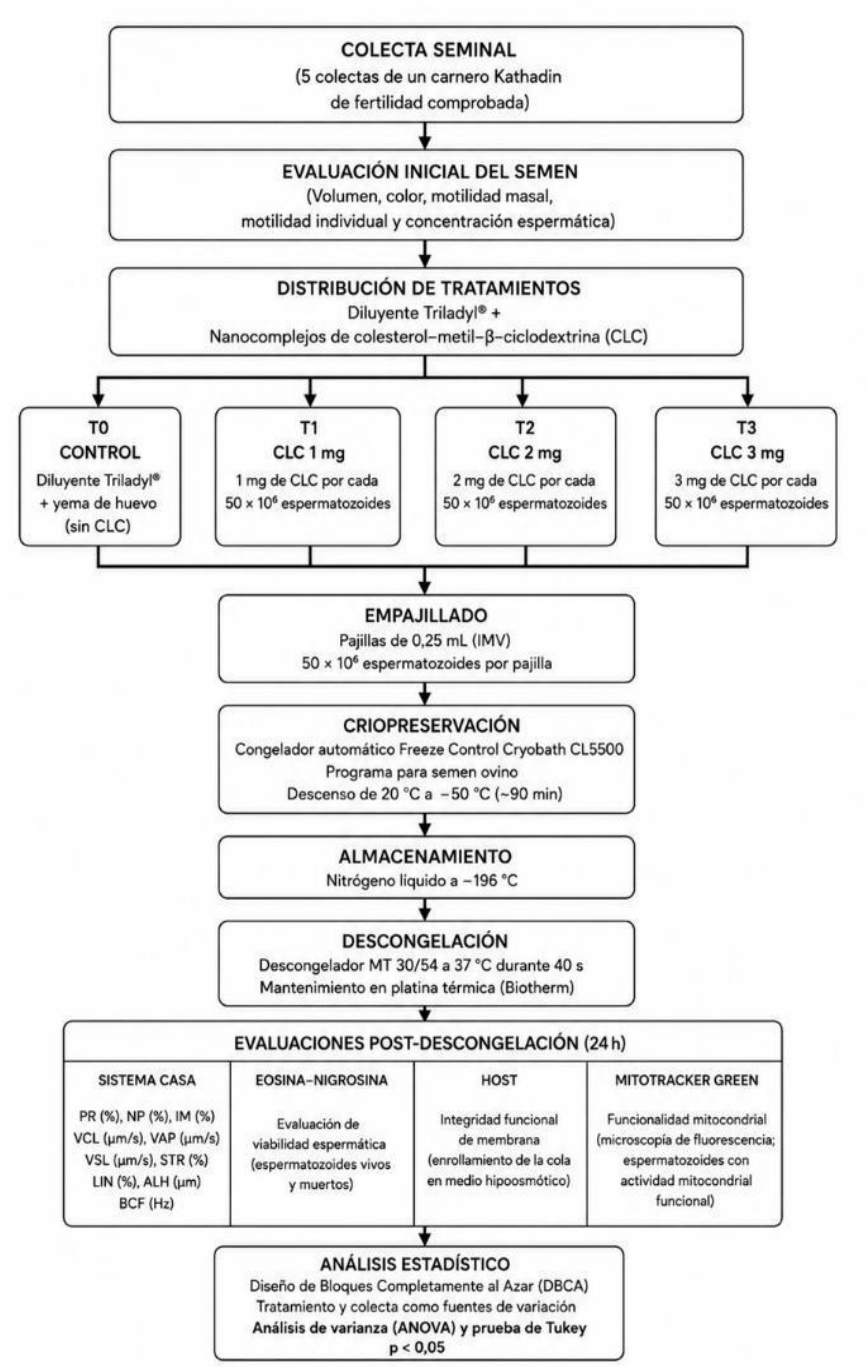



***Figura 1. Diseño de la investigación.***

La investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la suplementación con nanocomplejos de colesterol-metil-β-ciclodextrina (CLC) sobre la calidad seminal post-descongelación en ovinos, empleando como tratamiento testigo un diluyente convencional a base de Triladyl y yema de huevo. En este contexto, se utilizó semen de un carnero Katahdin de tres años, procedente de la granja Gañanzol de la Universidad Católica de Cuenca, con un peso aproximado de 100 kg y

condición corporal de 3,5/5. Se realizaron cinco colectas mediante un diseño de bloques completos al azar (DBCA), considerando cada colecta como bloque. Cada eyaculado se dividió en cuatro fracciones asignadas aleatoriamente a los tratamientos. Cada fracción constituyó una unidad experimental, para un total de 20. Se evaluó una pajuela por tratamiento y colecta, sumando 20 pajuelas.

Por su parte, la metodología comprendió las fases de campo y laboratorio (figura 1). El semen se recolectó con vagina artificial IMV Technologies a 40–45 °C y se transportó protegido de la luz directa y los cambios térmicos (10).

Se evaluaron volumen, color, motilidad masal, motilidad individual y concentración. Se aceptaron eyaculados sin contaminación visible, con motilidad individual ≥70 %, motilidad masal ≥3/5 y concentración ≥2 × $10^9$ espermatozoides/ml. La motilidad masal se observó a 10× y la concentración mediante fotómetro SDM1 (Minitube), configurado para ovinos (11).

El complejo colesterol–metil-β-ciclodextrina (CLC) se preparó mezclando 0,45 ml de una solución de colesterol en cloroformo, a 200 mg/ml, con 1 g de metil-β-ciclodextrina disuelta en 2 ml de metanol, equivalentes a 90 mg de colesterol por gramo de ciclodextrina. Los solventes se evaporaron con nitrógeno; el material se secó durante 24 horas y almacenó a 22 °C. Se dispersaron 50 mg de CLC en 1 ml de TALP a 37 °C mediante vórtex (12).

T0 contenía Triladyl, yema y agua ultrapura, sin CLC. T1, T2 y T3 utilizaron 1 ml de Triladyl y 3 ml de agua ultrapura, sin yema, incorporando respectivamente 1, 2 y 3 mg de CLC por 50 × $10^6$ espermatozoides, equivalentes a 20, 40 y 60 µl de solución. Tras equilibrar los componentes a 37 °C e incubar durante 15–20 minutos, se envasaron pajuelas de 0,25 ml con 50 × $10^6$ espermatozoides (13).

La congelación se realizó con el equipo CL5500 Freezcontrol (Minitube), con un descenso de 20 a −50 °C en aproximadamente 90 minutos, seguido de una caída rápida hasta aproximadamente −143 °C y almacenamiento a −196 °C en nitrógeno líquido. A las 24 horas se descongelaron las pajuelas a 37 °C durante 40 segundos con MT 30/54 (Minitube), manteniéndolas sobre una platina térmica Biotherm (14).

Se utilizó el sistema CASA Microptic SCA Evolution, con software SCA VET 6.6.64. Se analizaron 5 µl de semen mediante un objetivo de contraste de fases de 10×, manteniendo la temperatura a 37 °C. Se capturaron 50 imágenes por segundo durante un segundo por campo, examinando cinco campos y al menos 100 espermatozoides. Se registraron PR, NP, IM, VCL, VAP, VSL, LIN, STR, ALH y BCF, con umbrales VSL ≥45 µm/s para progresivos y VCL <5 µm/s para inmóviles.

La viabilidad se evaluó con eosina–nigrosina. Para HOST, se mezclaron 20 µl de semen con 100 µl de solución hiposmótica, incubando 45 minutos a 37 °C; se consideraron positivas las células con cola enrollada o curvada. Para MitoTracker Green (Invitrogen), se mezclaron 20 µl de semen con 80 µl de solución, incubando 15 minutos a 37 °C en oscuridad. La lectura de fluorescencia se realizó dentro de los 10 minutos siguientes a la incubación. Ambas pruebas incluyeron 100

espermatozoides a 400×; mediante MitoTracker se registraron los porcentajes con y sin fluorescencia verde en la pieza intermedia (15).

El ANOVA incorporó tratamiento y colecta. Se evaluaron normalidad de residuos mediante Shapiro–Wilk y homogeneidad de varianzas mediante Levene. Cuando se detectaron diferencias significativas, las medias se compararon mediante Tukey, con significancia de 0,05. Los resultados se expresaron como medias y desviaciones estándar.

## RESULTADOS

En contraste de la calidad seminal post-descongelación, la misma presentó respuestas que difieren según el parámetro evaluado. Tomando en consideración que se observaron diferencias entre tratamientos en HOST, al igual que la eosina–nigrosina, marcación mitocondrial, linealidad y rectitud, mientras que las categorías de motilidad no mostraron diferencias significativas. En lo que respecta a los resultados, estos corresponden a cinco colectas del mismo reproductor, tomando en consideración que se realizaron cinco observaciones por tratamiento, y se expresan como media ± desviación estándar. Las dosis de 1, 2 y 3 mg de CLC corresponden a cada 50 × $10^6$ espermatozoides.

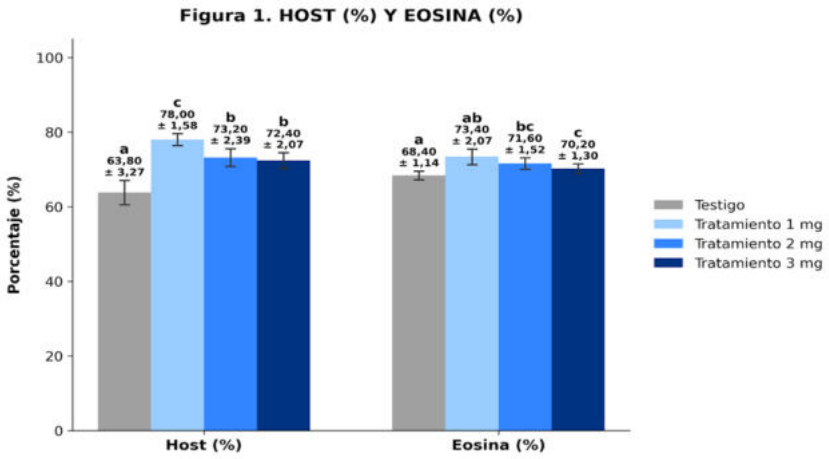



***Figura 2. Funcionalidad de la membrana plasmática y viabilidad espermática posdescongelación. Valores expresados como media ± desviación estándar.***

En cuanto a la funcionalidad de la membrana plasmática en términos de HOST hubo variaciones entre diferentes tratamientos (p=0.001). La dosis de 1 mg fue la que obtuvo el mayor porcentaje de respuesta positiva, el cual fue del 78.00 ± 1.58%, en comparación con el grupo control que tuvo un 63.80 ± 3.27%. La variación entre ambos fue de 14.20 puntos porcentuales. Considerando que las dosis de tratamiento de 2 y 3 mg dieron un 73.20 ± 2.39% y 72.40 ± 2.07% respectivamente estas fueron valores intermedios en comparación con el grupo control y la dosis de tratamiento

de 1 mg. De la distribución de Tukey la dosis de tratamiento de 1 mg difiere significativamente del resto de los tres grupos ya que las dosis de tratamiento de 2 y 3 mg comparten la misma letra.

La viabilidad evaluada mediante eosina–nigrosina también presentó diferencias globales (p = 0,001). El mayor valor numérico correspondió a 1 mg, con 73,40 ± 2,07 %, seguido de 2 mg, con 71,60 ± 1,52 %, y 3 mg, con 70,20 ± 1,30 %. El testigo registró 68,40 ± 1,14 %. Las diferencias numéricas respecto al testigo fueron de 5,00, 3,20 y 1,80 puntos porcentuales, respectivamente. Así, las medias de viabilidad siguieron el mismo orden que HOST, aunque con una separación menor entre los cuatro tratamientos.

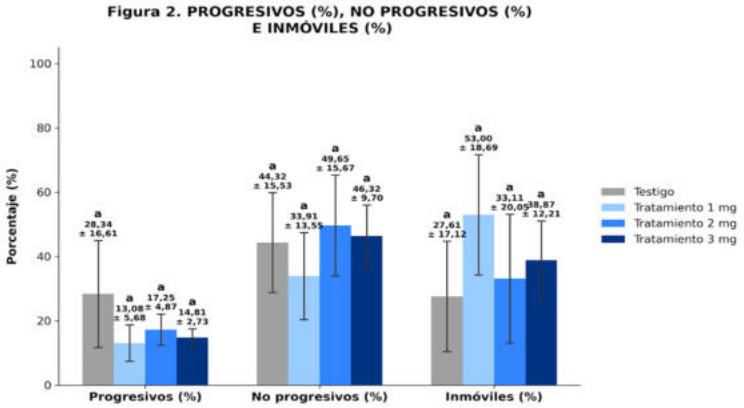



***Figura 3. Porcentajes de espermatozoides progresivos, no progresivos e inmóviles. Valores expresados como media ± desviación estándar.***

En cuanto respecta al porcentaje de espermatozoides progresivos no se detectaron diferencias significativas (p = 0,075). Tomando en consideración que el testigo mostró la media más alta, con 28,34 ± 16,61 %, en comparación con 1, 2 y 3 mg alcanzaron 13,08 ± 5,68 %, 17,25 ± 4,87 % y 14,81 ± 2,73 %, respectivamente. El grupo control mostró el porcentaje promedio más alto de 28.34 ± 16.61%, mientras que los grupos de 1,2 y 3 mg mostraron porcentajes de 13.08 ± 5.68%, 17.25 ± 4.87% y 14.81 ± 2.73% respectivamente. En cuanto a la motilidad no progresiva el grupo de 2 mg mostró el porcentaje más alto de 49.65 ± 15.67%, seguido por el grupo de 3 mg con un 46.32 ± 9.70% y el grupo control con un 44.32 ± 15.53%. Por el contrario, el grupo de 1 mg tuvo un porcentaje de 33.91 ± 13.55%. No hubo diferencias significativas en la comparación global (p=0.331), por lo que el orden de estas medias se corresponde a una descripción de los valores observados.

La proporción de espermatozoides inmóviles fue de 27,61 ± 17,12 % en el testigo, 53,00 ± 18,69 % con 1 mg, 33,11 ± 20,05 % con 2 mg y 38,87 ± 12,21 % con 3 mg. Pese a la mayor media registrada con 1 mg, las diferencias no alcanzaron significancia estadística (p = 0,155). Las desviaciones estándar reflejaron una dispersión considerable, especialmente en esta categoría. En las tres variables de motilidad, todos los tratamientos compartieron la letra «a». Estos resultados no demostraron una mejora de la motilidad asociada a las formulaciones con CLC, ni permiten afirmar equivalencia entre ellas.

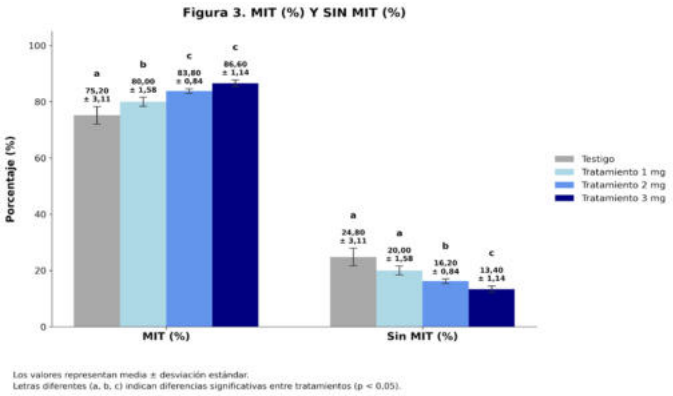



***Figura 4. Espermatozoides con marcación mitocondrial detectable y sin marcación detectable. Valores expresados como media ± desviación estándar.***

El porcentaje de espermatozoides con fluorescencia verde detectable en la pieza intermedia, registrado como MIT, presentó diferencias globales entre tratamientos (p = 0,001). El testigo alcanzó 75,20 ± 3,11 %, mientras que las dosis de 1, 2 y 3 mg registraron 80,00 ± 1,58 %, 83,80 ± 0,84 % y 86,60 ± 1,14 %, respectivamente. Las medias aumentaron de manera ordenada con las dosis evaluadas. El mayor porcentaje de células con marcación positiva se observó en el tratamiento de 3 mg.

En comparación con el testigo, las diferencias numéricas fueron de 4,80 puntos porcentuales para 1 mg, 8,60 para 2 mg y 11,40 para 3 mg. Entre las dosis consecutivas, el incremento de la media fue de 3,80 puntos porcentuales al pasar de 1 a 2 mg y de 2,80 al pasar de 2 a 3 mg. Estas diferencias describen la magnitud observada en la figura 3, sin establecer por sí mismas la significancia de cada comparación entre pares.

La categoría Sin MIT presentó el comportamiento inverso. El testigo registró 24,80 ± 3,11 % de células sin fluorescencia detectable, frente a 20,00 ± 1,58 %, 16,20 ± 0,84 % y 13,40 ± 1,14 % con 1, 2 y 3 mg, respectivamente. También se reportó una diferencia global para esta variable (p = 0,001). En cada tratamiento, MIT y Sin MIT sumaron el 100 %, por lo que representan categorías complementarias de la misma evaluación. Los resultados expresan la proporción de células clasificadas según su marcación con MitoTracker Green; no constituyen mediciones directas de producción de ATP ni de capacidad fecundante.

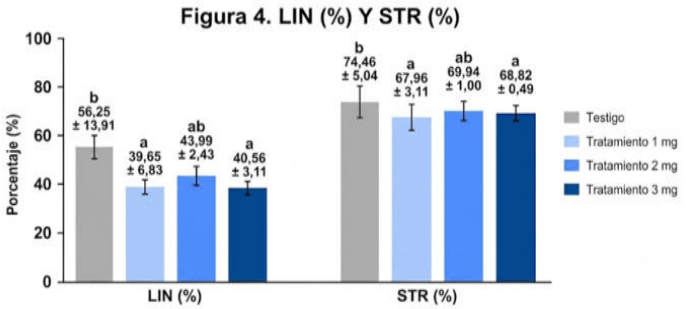



***Figura 5. Índices de linealidad y rectitud de la trayectoria espermática. Valores expresados como media ± desviación estándar.***

El índice de linealidad (LIN) presentó diferencias significativas entre tratamientos (p = 0,017). El testigo obtuvo la mayor media, con 56,25 ± 13,91 %, seguido del tratamiento de 2 mg, con 43,99 ± 2,43 %. Las dosis de 1 y 3 mg registraron 39,65 ± 6,83 % y 40,56 ± 3,11 %, respectivamente. Frente al testigo, las reducciones numéricas fueron de 16,60 puntos porcentuales con 1 mg, 12,26 con 2 mg y 15,69 con 3 mg.

La agrupación de Tukey indicó que el testigo, identificado con la letra «b», difirió de los tratamientos de 1 y 3 mg, identificados con «a». La dosis de 2 mg compartió ambas letras y no presentó diferencias significativas respecto a ninguno de esos grupos. De este modo, su media ocupó una posición intermedia, sin que ello permita atribuirle una superioridad estadística frente a las otras dosis de CLC.

El índice de rectitud (STR) mostró un patrón semejante, con diferencias globales (p = 0,016). El testigo alcanzó 74,46 ± 5,04 %, mientras que los tratamientos de 1, 2 y 3 mg registraron 67,96 ± 3,11 %, 69,94 ± 1,00 % y 68,82 ± 0,49 %, respectivamente. La comparación de Tukey volvió a diferenciar al testigo de las dosis de 1 y 3 mg; el tratamiento de 2 mg compartió grupo con los restantes. En ambos índices, las mayores medias correspondieron al testigo. Dentro de los grupos con CLC, 2 mg presentó los valores numéricos más altos, aunque sin diferencias significativas frente a 1 y 3 mg.

## DISCUSIÓN

El análisis de los resultados muestra que las reacciones al cholesterol-metil-β-ciclodextrina (CLC) varían dependiendo de los parámetros utilizados para describir las respuestas. La dosis de 1 mg presenta el porcentaje máximo de reacción y el máximo valor medio de viabilidad, mientras que la dosis de 3 mg muestra el porcentaje más alto de células con tinción mitocondrial visible. Sin embargo, estos parámetros no están acompañados de una mejora significativa en la motilidad. Estas contradicciones nos impiden considerar la calidad seminal como una respuesta consistente al aumento de la dosis.

La reacción del HOST está de acuerdo con una mayor protección de la funcionalidad de la membrana plasmática. La diferencia de 14,20 puntos porcentuales entre la dosis de 1 mg y el grupo control corresponde en términos generales a la protección de la membrana reportada por

Batissaco et al (6). Como precedente para este experimento Mocé et al . observan que el tratamiento con CLC conduce a un aumento del colesterol en los espermatozoides de oveja (14).

La evaluación con eosina–nigrosina complementa esta observación, al mostrar su mayor media de viabilidad con 1 mg. No obstante, HOST y viabilidad no representan mediciones equivalentes: la primera prueba registra la respuesta al medio hipotónico y la segunda clasifica las células según la entrada del colorante. Su coincidencia descriptiva favorece una lectura conjunta de la conservación celular, pero no demuestra que todos los tratamientos con CLC superen estadísticamente al testigo en viabilidad.

Contrarrestando el hecho de que no existen diferencias notables entre los espermatozoides progresivos, no progresivos e inmóviles se hacen evidentes los avances en cuanto a la motilidad en algunos otros protocolos que utilizan el CLC. Batissaco et al. destacan los efectos positivos particularmente en las muestras de baja y media crio preservación mientras que las reacciones son diferentes en las muestras de alta crio preservación (6).Esto resulta útil para explicar la ausencia de cualquier reacción a pesar de que las ovejas que se están examinando no pertenecen a estas categorías ya que no se puede afirmar a partir de los datos disponibles.

En lo que refiere a la marcación mitocondrial muestra un patrón diferente: la proporción de células MIT aumenta desde 75,20 % en el testigo hasta 86,60 % con 3 mg. Este hallazgo indica una mayor frecuencia de fluorescencia detectable en la pieza intermedia bajo el procedimiento empleado. Por su parte, en lo que refiere a su alcance debe mantenerse en ese nivel, porque la clasificación positiva o negativa no cuantifica directamente producción de ATP, potencial de membrana ni eficiencia energética.

Por su parte, la cinética de los espermatozoides la cual representa el mejor medio de LIN y STR está relacionada con el control y difiere de 1 y 3 mg. Esto indica que los resultados más positivos en la prueba de las membranas no garantizan un nivel más alto de linealidad o de dirección. La falta de diferencia en VCL, VAP, VSL, ALH y BCF no ofrece la oportunidad de afirmar una mejora general del movimiento. En particular una diferencia en la linealidad no indica ningún cambio en la capacidad de fertilización.

En Ecuador, Mancheno Herrera et al. una mejor conservación estructural para las dosis de 0.5 y 1 mg en el semen de carneros Pelibuey y Blackbelly (7). Por su parte, el vínculo entre los resultados positivos a dosis bajas es interesante pero la composición racial diferente y el método de dosificación influyen directamente en la comparabilidad entre estas investigaciones.

## CONCLUSIONES

Bajo las condiciones experimentales, la dosis de 1 mg de CLC por cada $50 \times 10^6$ espermatozoides da el mejor desempeño en la prueba HOST, con un 78,00 % frente al 63,80 % en el control. La mayor viabilidad media se registra con 1 mg, según la evaluación con eosina–nigrosina, y esto data que sea estadísticamente mejor que todos los otros tratamientos. Aquellos resultados permiten seguir investigando la dosis por su buena respuesta en la preservación de la membrana espermática. Sin embargo, esta dosis aún no puede considerarse la más adecuada para la calidad

total del semen. Por otra parte, la dosis de 3 mg tiene el mayor porcentaje de células con marcación mitocondrial detectable, del 86,60 %. Esto no demuestra una producción de ATP aumentada ni una mejor capacidad de fertilización. En lo que se refiere a la motilidad, no se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en las categorías de motilidad ni en los parámetros VCL, VAP, VSL, ALH y BCF. Al contrario, el grupo control tiene valores significativamente más altos de LIN y STR que los tratamientos de 1 y 3 mg. Por lo tanto, el efecto del CLC depende del parámetro que se esté analizando.

Finalmente, en el análisis de cinco colectas de un carnero Katahdin, los resultados nos brindan una aproximación inicial, la cual debe ser validada por estudios posteriores en otros reproductores. Además, la disparidad entre las formulaciones nos impide atribuir las diferencias frente al tratamiento de control exclusivamente al CLC y no permite concluir que este sustituya la yema de huevo de manera igual de eficaz. Para avanzar en el estudio del CLC será necesario contar con más animales, realizar estudios comparativos que nos ayuden a diferenciar los efectos de ambos componentes y realizar pruebas de fertilidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pérez-Patiño C, Barranco I, Parrilla I, Padilla L, Muiño R, Encinas T, et al. Suplementación con complejos colesterol-ciclodextrina en el diluyente de congelación de semen ovino. Arch Zootec. 2016;65(251):303-10. doi: 10.21071/az.v65i251.691
2. Vizuete MF, Soria MA, Valenzuela JC. Caracterización socioproductiva y evaluación de la calidad seminal de ovinos en comunidades altoandinas del Ecuador. Rev Investig Vet Perú. 2022;33(4):e23341. doi: 10.15381/rivep.v33i4.23341
3. Ledesma A, Fernandez-Alegre E, Cano A, Hozbor F, Martinez-Pastor F. Ram sperm microarchitecture is affected by cryopreservation, showing loss of specific lipids and proteins. Cryobiology. 2019;89:42-51. doi: 10.1016/j.cryobiol.2019.06.002
4. Hernández Ballesteros JA, Benítez Meza JA, Navarrete Méndez R, Gómez Gurrola A, Loya Olguín JL. Efecto de colesterol ligado a ciclodextrinas y antioxidantes en la crioprotección espermática del bovino. Revista Veritas de Difusão Científica. 2025;5(3):1817-47. doi: 10.61616/rvdc.v5i3.317.
5. Sellem E, Broekhuijse MLWJ, Gadella BM. Membrane lipid composition and its influence on ram sperm cryotolerance. Reprod Domest Anim. 2020;55(1):34-42. doi: 10.1111/rda.13580
6. Batissaco L, Arruda RP, Alves MBR, Torres MA, Lemes KM, Prado-Filho RR, et al. Cholesterol-loaded cyclodextrin is efficient in preserving sperm quality of cryopreserved ram semen with low freezability. Reprod Biol. 2020;20(1):14-24. doi: 10.1016/j.repbio.2020.01.002.
7. Gloria A, Carluccio A, Contri A, Wegher L, Valorz C, Robbe D. The effect of the chamber on kinetic results in cryopreserved bull spermatozoa. *Andrology*. 2013;1(6):879-885. Mancheno Herrera CA, Llerena Zambrano JC, Herrera Ocaña HR, Condolo Ortiz LA, Mullo Paucar SP. Efecto del complejo ciclodextrina-colesterol sobre la calidad seminal pre y post criopreservación en ovino Pelibuey y Blackbelly. Revista Científica Multidisciplinaria InvestiGo. 2026;7(18):84-98. doi: 10.56519/2hs4gy44. doi: 10.1111/j2047-2927.2013.00121

8. Labanda Sigcho JE, Moscoso Piedra AL, Alvarado JC, Maldonado Cornejo ME. Efecto de hembras estrogenizadas sobre el comportamiento sexual y la calidad seminal del carnero. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar. 2025;9(1):8411-25. doi: 10.37811/cl_rcm.v9i1.16484.
9. Valdez-Pinargote G, Moscoso-Piedra A, Maldonado-Cornejo M. Efecto de la concentración de la L-carnitina en congelación del semen ovino. MQRInvestigar. 2024;8(4):7324-41. doi: 10.56048/MQR20225.8.4.2024.7324-7341.
10. Purdy PH, Graham JK. Effect of cholesterol-loaded cyclodextrin on the cryosurvival of bull sperm. Cryobiology. 2004;48(1):36-45. doi: 10.1016/j.cryobiol.2003.12.001.
11. Lema Guamán MF, Maldonado Cornejo ME, Alvarado JC, Moscoso Piedra AL. Evaluación del efecto combinado de la menaquiona-4 y L-carnitina sobre la crioconservación de semen ovino. ASCE. 2025;4(3):1906-26. doi: 10.70577/ASCE/1906.1926/2025.
12. Farfán-Alvarado KD, Alvarado-Alvarado JC, Moscoso-Piedra AL. Determinación del efecto post congelación de microdosis de menaquinona-4 en semen ovino. MQRInvestigar. 2025;9(3):e903. doi: 10.56048/MQR20225.9.3.2025.e903.
13. Guamarrigra Sanchez IC, Alvarado JC, Moscoso Piedra AL, Maldonado Cornejo ME. Evaluación del efecto combinado de coenzima Q10 y L-carnitina sobre la crioconservación de semen ovino. ASCE. 2025;4(3):1793-1811. doi: 10.70577/ASCE/1793.1811/2025.
14. Mocé E, Purdy PH, Graham JK. Treating ram sperm with cholesterol-loaded cyclodextrins improves cryosurvival. Anim Reprod Sci. 2010;118(2-4):236-47. doi: 10.1016/j.anireprosci.2009.06.013.
15. Salmon WJ, Ceballos-Posadas HE, Vázquez-García MO, Rodríguez-Almeida FA, Córdova-Izquierdo A, Villa-Mancera A. Cholesterol-loaded cyclodextrin improves ram sperm cryoresistance in skim milk-based extender. *Theriogenology*. 2017;89:127-134. doi: 10.1016/j.theriogenology.2016.11.025
16. Akçay E, Reçber T, Yeste M, Duman M. Cholesterol-loaded cyclodextrin plus trehalose improves quality of frozen-thawed ram sperm. *Reprod Domest Anim*. 2018;53(6):1481-1489. doi: 10.1111/rda.13328
17. Mata-Campuzano M, Álvarez-Rodríguez M, Delgado-Bermúdez A, Álvarez M, de Paz P, Garde JJ, et al. Addition of cholesterol-loaded cyclodextrins prior to freezing improves the quality of ram spermatozoa post-thawing. *Reprod Fertil Dev*. 2015;27(8):1227-1237. doi: 10.1071/RD14041
18. Arando A, Delgado JV, Fernández-Prior Á, León JM, Pérez-Marín CC. Effect of quercetin supplementation in the freezing extender on ram sperm quality and lipid peroxidation after thawing. *Anim Reprod Sci*. 2019;208:106118. doi: 10.1016/j.anireprosci.2019.07.005
19. Silva ECB, Silva SV, Souza HM, Santos CB, Guerra MMP. Addition of alpha-tocopherol to cholesterol-loaded cyclodextrin-treated ram sperm: Effects on post-thaw quality and oxidative stress parameters. *Cryobiology*. 2014;69(1):123-128. doi: 10.1016/j.cryobiol.2014.06.004
20. Fang Y, Zhai Y, Zhang L, Zhao X, Li F. Effects of melatonin supplementation in the freezing extender on post-thaw quality, oxidative stress, and apoptosis of ram sperm. *Theriogenology*. 2020;154:174-181. doi: 10.1016/j.theriogenology.2020.05.034

ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Octubre 2026
Vol. 7 No. 21, PP. 222-234
https://doi.org/10.56519/nx2dhw62

# ELEMENTOS POTENCIALMENTE TÓXICOS EN SISTEMAS HÍDRICOS DE COTOPAXI: REVISIÓN DE ALCANCE

# POTENTIALLY TOXIC ELEMENTS IN COTOPAXI WATER SYSTEMS: A SCOPING REVIEW

Marco Antonio Riofrío Guevara[1], Abrahan Rafael Mora Polanco[2], Judith Rosales[3], Johanna Stefany Riofrío Pacheco[4]

{marco.riofrio2916@utc.edu.ec[1], abrahanmora@.tec.mx[2], judith.rosales@uog.edu.gy[3], stefany.riofrio.pacheco@outlook.es[4]}

Fecha de recepción: 14/08/2026 / Fecha de aceptación: 08/10/2026 / Fecha de publicación: 14/10/2026

**RESUMEN**: **Los recursos hídricos de Cotopaxi, Ecuador, se localizan en un ambiente volcánico donde los aportes geogénicos pueden superponerse con presiones agrícolas, urbanas e industriales. El objetivo fue mapear la evidencia científica y técnica publicada entre 2021 y 2025 sobre elementos potencialmente tóxicos en las principales fuentes hídricas de la provincia. Se realizó una revisión de alcance estructurada con el marco PCC, la guía JBI y PRISMA-ScR. La búsqueda documental incluyó Web of Science, Scopus, PubMed, ScienceDirect y Google Scholar. El corpus final comprendió 40 fuentes de evidencia y 68 relaciones estudio - sistema -elemento; las concentraciones se sintetizaron descriptivamente sin metaanálisis. Predominaron las tesis de pregrado (n = 29; 72.5 %), seguidas de artículos (n = 10; 25.0 %) y tesis de posgrado (n = 1; 2.5 %). Pumacunchi fue el sistema más estudiado (n = 25), seguido por Cutuchi (n = 17) y el canal Latacunga–Salcedo–Ambato (n = 3). El arsénico dominó la evidencia (n = 33), seguido por Pb, Cd, Cr y B. La matriz contenía 40 registros numéricos de concentración y mostró un núcleo de evidencia centrado en arsénico en Pumacunchi y un patrón más multimetálico en Cutuchi.**

***Palabras clave: calidad del agua, contaminación del agua, química del agua, análisis del agua, riego, agua superficial, agua subterránea, gestión de los recursos hídricos***

**ABSTRACT:** **The water resources of Cotopaxi, Ecuador, are located in a volcanic environment where geogenic inputs may overlap with agricultural, urban, and industrial pressures. The objective was to map the scientific and technical evidence published between 2021 and 2025 on potentially toxic elements in the province's main water sources. A structured systematic review was conducted using the PCC framework, the JBI guidelines, and PRISMA-ScR. The documented search included Web of Science, Scopus, PubMed, ScienceDirect, and Google Scholar. The final corpus comprised 40 sources of evidence and 68 study-system-element relationships; concentrations were synthesized descriptively without meta-analysis. Undergraduate theses predominated (n = 29; 72.5%), followed by articles (n = 10; 25.0%) and graduate theses (n = 1; 2.5%). Pumacunchi was the most studied system (n = 25), followed by Cutuchi (n = 17) and the Latacunga–Salcedo–Ambato canal (n**

[1]Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador, https://orcid.org/0009-0002-8916-9656
[2]Tecnológico de Monterrey, Puebla, México, https://orcid.org/0000-0002-9132-5622
[3]Universidad Experimental de Guyana, Puerto Ordaz, Venezuela, https://orcid.org/0000-0003-4674-565X
[4]ESPE, Latacunga, Ecuador, https://orcid.org/0009-0008-7746-6438

**= 3). Arsenic dominated the evidence (n = 33), followed by Pb, Cd, Cr, and B. The dataset contained 40 numerical concentration records and showed a core of evidence centered on arsenic in Pumacunchi and a more multimetallic pattern in Cutuchi.**

***Keywords: water quality, water pollution, water chemistry, water analysis, irrigation, surface water, groundwater, water resources management***

# INTRODUCCIÓN

Aportes hidrotermales en regiones volcánicas andinas (1) combinados con descargas residenciales urbanas y actividades industriales (2) en los sistemas hídricos pueden desencadenar la presencia de elementos traza potencialmente tóxicos (3), donde la descomposición mineral de la litología: los sedimentos de cenizas (4) y material volcanoclástico de erupciones pasadas (5) (6), constituyen una prominente fuente de elementos nocivos debido a que las sales y compuestos químicos de estas partículas son movilizados por lixiviación, erosión o escorrentía a los cuerpos de agua superficiales o aguas subterráneas cercanas (7).

En ambientes volcánico geotérmicos, el arsénico puede movilizarse desde minerales y fluidos geotérmicos hacia aguas superficiales y subterráneas. Su comportamiento depende, entre otros factores, de mineralogía, pH, temperatura y procesos de adsorción-desorción (8) (9). Distinguir aportes geogénicos y antropogénicos exige integrar hidroquímica, trazadores y contexto territorial (10) (11).

Este enfoque se justifica ya que Cotopaxi reúne condiciones como: agricultura intensiva, centros urbanos, redes de riego, sistemas volcánicos activos y cabeceras de cuenca (12) (13). Estudios locales han documentado arsénico en fuentes geotérmicas en el centro del país (14), contaminación multimetálica en ríos de Cotopaxi y Tungurahua (15), remoción de arsénico mediante islas flotantes con vetiver (13) (16) (17) y evaluaciones de calidad de agua en la cuenca del Cutuchi (18).

La problemática también tiene una dimensión agrícola. El uso de agua de riego con calidad comprometida puede favorecer la acumulación de elementos en suelo y vegetales, y ampliar las rutas de exposición a través de alimentos (19). La transferencia depende de propiedades del suelo, forma química del elemento, cultivo, duración de la exposición y características del agua (20) (21). Por ello, la evaluación ambiental requiere conectar la calidad del agua con el uso del recurso y las matrices receptoras (22).

La evidencia documental disponible en Cotopaxi es heterogénea y está dispersa entre artículos científicos y literatura académica local. Esa amplitud se ajusta al propósito de una revisión de alcance, cuyo objetivo es mapear la extensión y naturaleza de la provincia, describir tipos de fuentes e identificar vacíos de conocimiento, más que estimar un efecto agregado (23).

El objetivo de esta revisión de alcance fue mapear la evidencia científica y técnica publicada entre 2021 y 2025 sobre elementos potencialmente tóxicos en sistemas hídricos de Cotopaxi, con énfasis en la distribución temporal y documental de la investigación, los sistemas y

elementos y concentraciones registradas, los ejes temáticos y los vacíos relevantes para el monitoreo y la gestión de los recursos hídricos.

# MATERIALES Y MÉTODOS

## Diseño, pregunta de revisión y marco PCC (Población, Concepto, Contexto)

El presente trabajo de síntesis documental se estructuró como revisión de alcance o más conocida como scoping review, debido a que la pregunta pretende delimitar un campo diverso para caracterizar y mapear en función de los recursos hídricos, elementos contaminantes, tipos de fuente científica documental y aspectos ambientales. Mediante las directrices metodológicas propuestas por Joanna Briggs Institute(JBI) para revisión de alcance (23) y en base a la estructura PRISMA (24) para el proceso de identificación, selección, extracción y síntesis de datos se realizó el documento final.

Al estructurar la investigación de esta manera se garantiza identificar las características, extensión, distribución y los principales vacíos de los documentos actuales disponibles, resaltando la técnica exploratoria y cartográfica.

La pregunta principal de la revisión fue: ¿Entre los años 2021 y 2025 qué evidencia científica y técnica publicada caracteriza la presencia, distribución, fuentes, consecuencias y remediación de elementos potencialmente tóxicos en fuentes hídricas de la provincia de Cotopaxi?. El marco PCC utilizado para delimitarla se resume en la Tabla 1.

***Tabla 1. Marco PCC utilizado para delimitar la revisión de alcance.***

| Componente | Definición operativa | Aplicación en la revisión |
|---|---|---|
| **Población** | Fuentes hídricas y recursos vinculados al agua | Ríos, afluentes, fuentes de agua subterránea, canales de riego |
| **Concepto** | Elementos nocivos o tóxicos y procesos asociados | Concentración de As, Pb, Cd, Cr y B; Calidad del agua; Hidrogeoquímica; Exposición; Remediación ; Monitoreo. |
| **Contexto** | Provincia de Cotopaxi, Ecuador | Entorno volcánico andino, Latacunga, Salcedo, Pujilí ,Cotopaxi |

### Fuentes de información y estrategia de búsqueda

Desde febrero de 2025 a diciembre de 2025 se realizó la búsqueda documental en fuentes científicas digitales como: Scopus, PubMed, ScienceDirect, Web of Science y Google Scholar. Para la búsqueda secuencial se usaron palabras claves en español e inglé que tengan relación con Cotopaxi, elementos contaminantes tóxicos, fuentes hídricas, riesgos ambientales, geología volcánica .

Un ejemplo de busqueda fue: ("heavy metals" OR "metales pesados" OR “potentially toxic elements” OR "toxic metals" OR "metales tóxicos" OR As OR Cd OR Pb OR Cr OR B) AND ("water contamination" OR "contaminación hídrica" OR "water pollution" OR "calidad del agua") AND ("water sources" OR "rivers" OR "groundwater" OR "fuentes hídricas" OR "ríos" OR "agua subterránea") AND ("Cotopaxi" OR "Latacunga" OR "Pujilí" OR "Salcedo") AND ("volcanic activity" OR "volcanism" OR "geogenic contamination" OR "hydrothermal activity"

OR "geothermal activity" OR "actividad volcánica" OR "contaminación geogénica" OR "actividad geotérmica"). Los códigos booleanos fueron adaptados a la estructura requerida por cada plataforma de busqueda.

### Criterios de elegibilidad

En base a la pregunta PCC se establecieron los criterios de exclusión y elegibilidad que se resumen en la Tabla 2.

***Tabla 2. Criterios de elegibilidad aplicados al corpus documental***.

| Dimensión | Criterio |
|---|---|
| Aceptacion - Inclusión | • Publicaciones entre 2021 y 2025;<br>• Investigaciones sobre calidad del agua y elementos potencialmente tóxicos;<br>• Trabajos con datos de aguas superficiales, subterráneas o sistemas de riego en Cotopaxi. |
| Eliminacion - Exclusión | • Duplicados;<br>• Trabajos sin relación con contaminación por elementos potencialmente tóxicos<br>• Publicaciones sin relevancia ambiental<br>• Informes descriptivos sin metodología verificable. |
| Tipo documental | • Artículos y literatura técnica o gris. |
| Idioma | • Español e ingles |

### Selección de fuentes documentales de evidencia

El proceso de selección de documentos estuvo determinado por el algoritmo propuesto en la figura 1: identificación, depuración, cribado, eligibilidad e inclusión. Se identificaron 361 registros; 52 duplicados fueron eliminados y 309 pasaron a cribado. Se excluyeron 165 registros en esa fase y 144 pasaron a evaluación de texto completo. Posteriormente se excluyeron 104 textos y se incluyeron 40 fuentes. El número de revisores fue 4 para el proceso de resolución de discrepancias. El flujo se presenta en la Figura 1.




***Figura 1. Flujo de algoritmo de selección PRISMA.***

**Extracción, depuración y síntesis de datos**

Luego de la elección de los documentos pertinentes se creó una matriz de caracterización documental y contiene 68 filas de relaciones estudio–sistema hídrico–elemento. Cada estudio documental se analizó y se registró las fuentes hídricas y los elementos contaminantes presentes. La base consolidada de concentraciones presentaba 68 relaciones con un campo de concentración: 40 celdas eran numéricas y 28 fueron codificados como “A”, categoría que indica que el agua fue reportada como apta, y su concentración con la normativa Tulsma Anexo VI. Los registros catalogados como “A”, se incorporaron en la síntesis descriptiva como evidencia de registro, pero no se usaron para el cálculo de estadísticos de concentración. Respecto a las concentraciones que exceden el límite se calcularon mediana y rango máximo y mínimo por fuente hídrica y elemento contaminante; Es necesario mencionar que no se desarrolló metaanálisis dada la heterogeneidad temporal y metodológica de los documentos obtenidos.

Se calcularon porcentajes y frecuencias por tipo documental, año, fuente hídrica y elementos contaminantes. Este análisis fue no excluyente, porque un artículo o tesis estudió más de un río o elemento. la codificación referente a los títulos y resúmenes se enfocaron a calidad de

agua, agricultura, contaminantes, monitoreo, salud, fuentes geogénicas, remediación, microbiología y gestión.

# RESULTADOS

## Características generales del corpus

Las 40 fuentes incluidas en el corpus se distribuyeron en 29 tesis de pregrado (72.5 %), 10 artículos científicos (25 %) y 1 tesis de posgrado (2.5 %). Los máximos anuales se observaron en 2025 (n = 15) y 2022 (n = 13). La evolución temporal se muestra en la Figura 2.

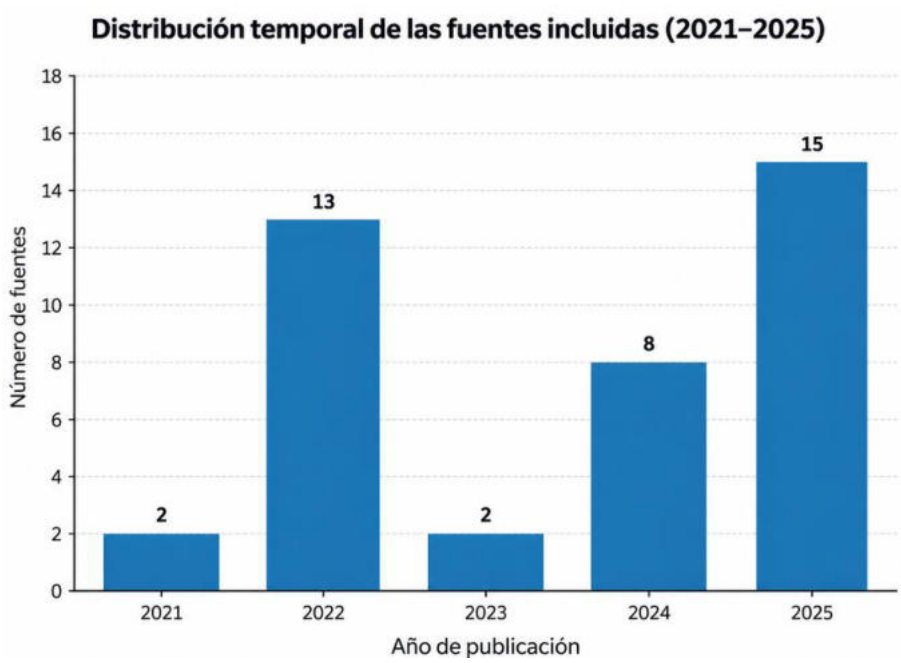



***Figura 2. Distribución temporal de las 40 fuentes de evidencia incluidas.***

La composición documental confirma el peso de la literatura académica local, especialmente tesis de pregrado. La Tabla 3 resume los principales rasgos documentales y temporales del corpus.

***Tabla 3. Composición documental y temporal del corpus.***

| Categoría | n | Porcentaje % | Sección |
|---|---|---|---|
| Tesis de pregrado | 29 | 72.5 | Tipo documental |
| Artículo | 10 | 25.0 | Tipo documental |
| Tesis de posgrado | 1 | 2.5 | Tipo documental |
| Publicadas en 2024-2025 | 23 | 57.5 | Temporalidad |
| Publicadas en 2021, 2022 o 2023 | 17 | 42.5 | Temporalidad |

## Cobertura por sistema hídrico y elemento

Pumacunchi fue el sistema más representado (n = 25; 62.5 %), seguido por Cutuchi (n = 17; 42.5 %) y el canal Latacunga–Salcedo–Ambato (LSA) (n = 3; 7.5 %). Los porcentajes superan 100 % porque las categorías no son excluyentes. En cuanto a elementos potencialmente tóxicos, As estuvo presente en 33 fuentes (77.5 %), Cr en 9 (22.5 %), Pb en 8 (20.0 %), Cd en 7 (17.5 %) y B en 4 (10.0 %). La frecuencia por elemento se presenta en la Figura 3.

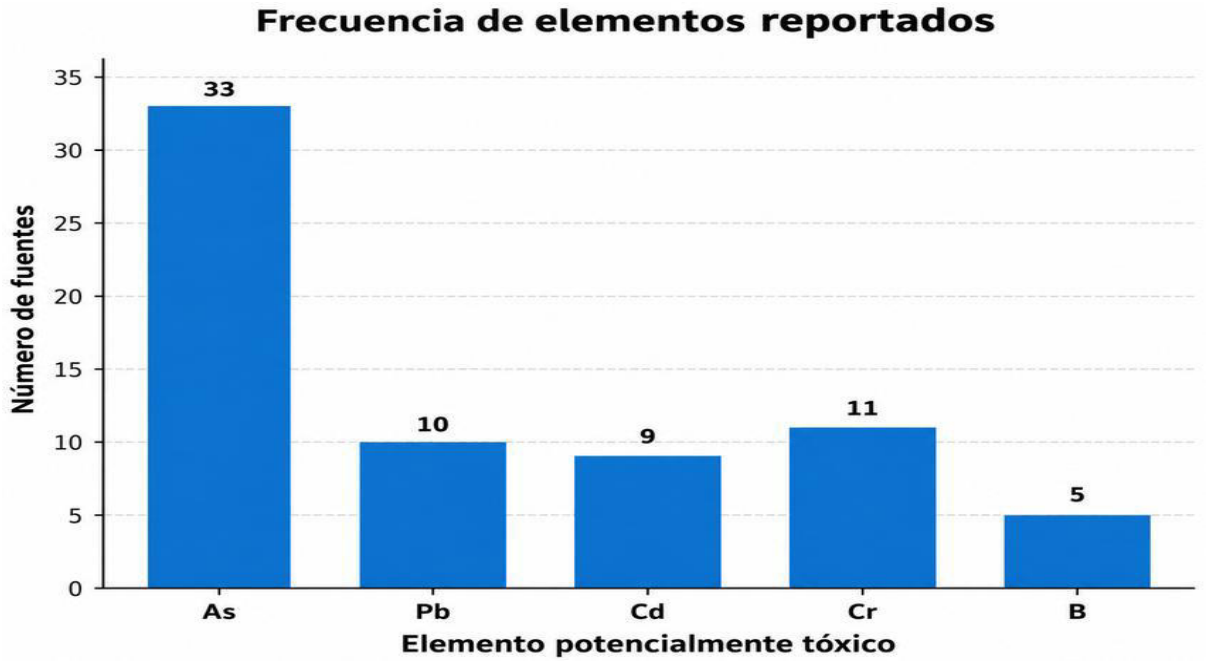



***Figura 3. Frecuencia de elementos potencialmente tóxicos reportados.***

***Nota: una misma fuente puede contribuir a más de un elemento.***

El cruce entre sistemas y elementos permite identificar un núcleo de arsénico en Pumacunchi y una cobertura más multimetálica en Cutuchi. La Tabla 4 presenta el mapa de cobertura.

***Tabla 4. Mapa de cobertura estudio–sistema–elemento.***

| Fuente Hídrica | As | Pb | Cd | Cr | B |
|---|---|---|---|---|---|
| Río Pumacunchi | 21 | 2 | 1 | 3 | 1 |
| Río Cutuchi | 9 | 7 | 7 | 5 | 2 |
| Canal Latacunga, Salcedo, Ambato | 3 | 1 | 1 | 3 | 2 |

En el río Pumacunchi, 21 fuentes se vincularon con As, mientras que Pb, Cd, Cr y B tuvieron menor cobertura. En Cutuchi, As apareció en 9 fuentes, Pb en 7 y Cd en 7, además de Cr y B. Mientras que un menor volumen documental presentó el canal LSA.

**Arquitectura temática de la evidencia**

El corpus fue codificado y abordó como su tema principal la contaminación de sistemas hídricos y su nivel de calidad del agua, fueron los más frecuentes, identificándose en 30 de las 40 fuentes (75,0 %). El arsénico fue el elemento nocivo más estudiado y nombrado en los títulos de 17 documentos (42,5 %), mientras que el tema relacionado a riesgo y efectos a la salud es un tema de poco interés o simplemente no se toma aun en cuenta en la discusión científica o técnica. La distribución temática se resume en la Tabla 5.

*Tabla 5. Frecuencia de dominios temáticos codificados en títulos y resúmenes.*

| Dominio temático | n | % del corpus |
|---|---|---|
| Calidad del agua y contaminación hídrica | 30 | 75,0 |
| Arsénico en el título | 17 | 42,5 |
| Pb, Cd, Cr, B | 15 | 37,5 |
| Riego, agricultura, cultivos y suelos | 12 | 30,0 |
| Monitoreo temporal y modelación | 11 | 27,5 |
| Fuentes naturales, volcanismo e hidrogeoquímica | 10 | 25,0 |
| Microbiología y bioindicadores | 10 | 25,0 |
| Remediación, adsorción y biorremediación | 8 | 20,0 |
| Gestión ambiental y mitigación | 6 | 15,0 |
| Riesgo y efectos sobre la salud | 5 | 12,5 |

El principal patrón de coocurrencia documental de la investigación corresponde al enfoque del estudio de arsénico en la fuente hídrica del río Pumacunchi y su relación con la ubicación geografía: Toacaso- Tiliche, todos estos estudios enfocados en calidad de agua de riego, producción agrícola y estrategias de remoción. Un segundo eje se centra en el río Cutuchi como un río contaminado por varios metales ya que estudios integran: As, Cd, Pb y Cr con relaciones biológicas. Además, se puede caracterizar ejes como los relacionados a seguridad alimentaria, interacción de sustancias geológicas volcánicas y un último eje enfocado a remediación y monitoreo ambiental de las fuentes hídricas.

## Mapeo descriptivo de concentraciones

Entre el periodo 2021 a 2025, se determinó el corpus final con 40 fuentes, las mismas presentaron 68 relación entre fuente hídrica, concentración y elemento. De estas, el 58,8 % presentaron valores que sobrepasan los límites permisibles del Texto de legislación secundaria anexo VI de concentración referente a cada elemento, mientras que 41,2 % fueron codificados como “A”, indicando que el elemento evaluado está dentro de los límites permisibles. Es importante mencionar que los registros clasificados como “A” no se utilizaron para los cálculos de mediana y rango.

Entre las observaciones numéricas de los contaminantes, la mayor cobertura cuantitativa presentó el As (n = 23), seguido por Pb (n = 5), Cd (n = 5), Cr (n = 4) y B (n = 3). Un factor determinante del estudio fue la heterogeneidad entre estudios respecto del año y sitio de muestreo, número de puntos y sensibilidad de métodos analíticos. El estado actual de la información encontrada no permite calcular promedios provinciales ni realizar metaanálisis, de esta manera los valores se sintetizaron mediante mediana y rango mínimo y máximo.

*Tabla 6. Concentraciones registradas en la matriz de datos.*

| Fuente Hídrica | Elemento | n | Mediana (mg/L) | Rango mínimo–máximo (mg/L) |
|---|---|---|---|---|
| Canal LSA | As | 2 | 0,041 | 0,030–0,052 |
| Canal LSA | Cd | 1 | 0,018 | 0,018–0,018 |
| Canal LSA | B | 1 | 2,700 | 2,700–2,700 |
| Cutuchi | As | 4 | 0,480 | 0,029–5,860 |
| Cutuchi | Pb | 4 | 0,120 | 0,030–0,680 |
| Cutuchi | Cd | 3 | 0,367 | 0,200–2,580 |
| Cutuchi | Cr | 3 | 2,000 | 0,090–3,670 |
| Cutuchi | B | 1 | 7,660 | 7,660–7,660 |
| Pumacunchi | As | 17 | 0,750 | 0,065–3,900 |
| Pumacunchi | Pb | 1 | 0,100 | 0,100–0,100 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Pumacunchi | Cd | 1 | 0,200 | 0,200–0,200 |
| Pumacunchi | Cr | 1 | 0,090 | 0,090–0,090 |
| Pumacunchi | B | 1 | 3,730 | 3,730–3,730 |

El corpus 2021–2025 mostró que el mayor valor de As fue en el río Cutuchi (5,860 mg/L); sin embargo, la mayor cantidad de observaciones numéricas de este elemento (n = 17) se concentraron en el río Pumacunchi , con una mediana de 0,750 mg/L y un intervalo registrado de 0,065 a 3,900 mg/L.

La variabilidad multimetálica se observó en el Cutuchi con la mayor cobertura cuantitativa para Pb, Cd y Cr dentro de los registros recientes. El Pb mostró un rango de (0,030–0,680 mg/L), el Cd de (0,200–2,580 mg/L) y el Cr de (0,090–3,670 mg/L). El máximo registrado para B también correspondió a Cutuchi (7,660 mg/L). Por su parte, el canal LSA presentó una cobertura cuantitativa limitada, con dos observaciones de As y valores únicos para Cd y B.

### Vacíos de evidencia

El mapeo permitió identificar vacíos que afectan la comparabilidad de los estudios y la utilidad de la evidencia para la gestión hídrica. Las prioridades se sintetizan en la Tabla 7.

***Tabla 7. Agenda de investigación y gestión derivada del mapeo de evidencia.***

| Vacío | Hallazgo del mapeo | Prioridad |
|---|---|---|
| Temporal | • Estudios puntuales<br>• No hay campañas estacionales comparables. | • Monitoreo permanente<br>• Campañas secas/lluviosas<br>• Generar protocolos |
| Espacial | • Cobertura concentrada en Pumacunchi, Cutuchi y Canal LSA. | • Georreferenciación provincial con información de punto, concentración condiciones hidrológicas, uso de agua. |
| Hidrogeoquímico | • Limitada información de mineralogía y trazadores de fuente. | • balances iónicos mayores y menores.<br>• Diagramas de interacción agua–roca. |
| Exposición | • Poca Información sobre relación agua–suelo–cultivo- bioacumulación. | • Plan que vinculen concentraciones ambientales |
| Calidad metodológica | • Heterogeneidad de métodos, unidades, campañas | • Protocolos QA/QC,<br>• Reportes completos de límites de detección y cuantificación. |
| Gestión | • No hay conexión entre datos ambientales, usos del agua y decisiones institucionales. | • Trabajo transdisciplinar entre empresa pública, privada, academia y comunidad |

## DISCUSIÓN

### Patrones hidrogeoquímicos y territoriales

La realidad actual del desarrollo investigativo de los contaminantes nocivos en las fuentes hídricas de la provincia de Cotopaxi se encuentra fragmentada en dos ejes principales: la

investigación sobre arsénico y su vínculo con sectores de Toacaso y Tiliche y el río Pumacunchi. El otro eje relevante es que el río Cutuchi al ser un río con historia de contaminación (25) presenta una base más multimetálica y una mayor asociación documental con descargas industriales y residenciales.

Comparando la revisión documental con otras regiones andinas se respalda la plausibilidad de la contribución geogénica y la hidrología para aportar As, es así que, en Perú, se han reportado concentraciones de 2.06 mg/L en épocas secas. El relacion a este trabajo se encontró valores de 3.9 mg/L , lo que se considera imperante profundizar o realizar estudios más completos a nivel hidrogeoquímica en estas zonas con geología volcánica (26) (27) .Por otra parte en Chile se presentaron concentraciones considerablemente mayores ya que relevaron una media de 1.4mg/L, mientras que en zonas hidrotermales el As llego a un umbral de 27mg/L, este contraste permite de manera superficial que la actividad geotérmica y sustancias volcanoclásticas tienen un efecto directo en la concentración de As en fuentes hídricas cercanas.

La literatura regional documenta que fluidos geotérmicos y emisiones volcánicas pueden enriquecer aguas en As y que su movilidad depende de procesos hidrogeoquímicos complejos (1) (9). En Ecuador, (14) aportan plausibilidad geoquímica a varios hallazgos locales. Sin embargo, la coincidencia espacial entre volcanismo y As elevado no demuestra por sí sola el origen de la contaminación; la atribución requiere especiación, trazadores y estudios de mezcla.

La distribución multimetálica en el río Cutuchi es compatible con la coexistencia de presiones antropogénicas y aportes naturales (18) . En otras cuencas, la combinación de hidroquímica y análisis multivariado ha permitido diferenciar componentes antropogénicos y geogénicos (8). Aplicar diseños equivalentes en Cutuchi permitiría avanzar desde diagnósticos de concentración hacia modelos de fuente y transporte más robustos.

**Implicaciones hidroagrícolas y de gestión**

Cotopaxi al ser una de las principales provincias que aportan con sus cultivos al país debería tomar especial cuidado en la calidad de agua que se utiliza para regar los campos, esto se puede verse reflejado con la presencia de 12 fuentes vinculadas con cultivos y riego y se confirma que el problema hídrico tiene una dimensión productiva lo que puede favorecer la acumulación de contaminantes en plantas (21) (20). En Cotopaxi, las futuras investigaciones deberán integrar a entidades públicas como ARCA, Prefectura de Cotopaxi, universidades, empresas privadas y comunidad para trabajar de manera transdisciplinar en la solución a la circularidad de contaminantes en agua, suelo y cultivo.

**Literatura gris, fortalezas y limitaciones**

Los resultados del scoping review se puede interpretar de dos maneras ya que existió preponderancia de tesis de pregrado (72.5 %). Se pudo recuperar información territorial local mediante la denominada literatura gris y al mismo tiempo, reconoce la importancia de los repositorios locales con su información, aunque presenten heterogeneidad temporal y sensibilidad analítica de muestras variada. Un aspecto de prioridad debe ser que los nuevos

estudios no queden como tesis sino más bien se transformen en artículos integradores siendo mas visibles para la comunidad científica y se pueda reportar de mejor manera los resultados.

## CONCLUSIONES

La evidencia publicada entre 2021 y 2025 muestra que los elementos potencialmente tóxicos en los sistemas hídricos de Cotopaxi conforman una problemática ambiental de naturaleza mixta. Se debe enfocar estudio especializados en uso de agua en la agricultura en el canal LSA ya que actualmente tiene menor volumen de estudios y es la principal fuente de agua para la mayoría de áreas de cultivos en Cotopaxi.

Respecto al río Pumacunchi se debe concentrar en investigaciones especializadas en hidrogeoquímica y relacion con iones mayores y menores para establecer de manera científica la presencia de arsénico y su relación con fuentes naturales, mientras que para el río Cutuchi al tener un perfil más amplio de contaminantes, el primer paso sería establecer las principales fuentes industriales y residenciales que le aportan contaminantes al rio mediante una bitácora documental con descargas y posterior a ello aplicar la evaluación de la calidad del agua.

Un crecimiento reciente de la investigación es notorio y se puede verificar mediante las 40 fuentes de evidencia, en su mayoría tesis, pero escasa continuidad temporal y limitada rigurosidad técnica. Aunque se muestran valores que sobrepasan la normativa nacional vigente tanto para agricultura, riego y consumo humano , no se puede interpretar promedios provinciales o realizar comparaciones causales robustas debido a la heterogeneidad de metodologías y lugares de análisis.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. López DL, Bundschuh J, Birkle P, Armienta MA, Cumbal L, Sracek O, et al. Arsenic in volcanic geothermal fluids of Latin America. Science of the Total Environment. 2012; 429: p. 57–75.
2. Buytaert W, Célleri R, De Bièvre B, Cisneros F, Wyseure G, Deckers J, et al. Human impact on the hydrology of the Andean páramos. Earth-Science Reviews. 2006; 79(1-2): p. 53-72.
3. Carvajal Jiménez BD. Evaluación hidrogeoquímica y dinámica de la dispersión de hierro y arsénico de los ríos Cutuchi y Pumacunchi de la provincia de Cotopaxi. Latacunga - Ecuador.
4. Sanchez E, Mejía F, Vizcaíno G, Cipriani-Ávila I. ANÁLISIS MINERALÓGICO Y MULTIELEMENTAL DE LA CENIZA VOLCÁNICA, PRODUCTO DE LA ERUPCIÓN DEL COTOPAXI EN 2015, POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X (XRD) Y ESPECTROMETRÍA DE MASAS CON PLASMA ACOPLADO INDUCTIVAMENTE (ICP-MS) Y SUS POSIBLES APLICACIONES E IMPACTOS. infoANALITICA. 2018; 6.
5. Baldock JW. Geología del Ecuador: Boletín de la explicación del mapa geológico de la República del Ecuador, escala 1:1.000.000. Quito.
6. Guevara A. Estudio de las propiedades de las cenizas del volcán Tungurahua,Ecuador, para identificar los factores que determinan su impacto en suelos y cultivos. Lovaina, Bélgica: Universidad Católica de Lovaina.

7. Smedley PL, Kinniburgh DG. A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. Applied Geochemistry. 2002; 17(5): p. 517–568..
8. Wang YX, Li P, Guo QH, Jiang Z, Liu ML. Environmental biogeochemistry of high arsenic geothermal fluids.. Applied Geochemistry. 2018; 97 : p. 81–92.
9. Morales-Simfors N, Bundschuh J, Herath I, Inguaggiato C, Caselli AT, Tapia J, et al. rsenic in Latin America: A critical overview on the geochemistry of arsenic originating from geothermal features and volcanic emissions for solving its environmental consequences.. Science of the total environment. 2020; 716: p. 135564.
10. Re V, Sacchi E, Mas Pla J, Menció A, El Amrani N. Identifying the effects of human pressure on groundwater quality to 646 support water management strategies in coastal regions: A multi-tracer 647 and statistical approach (Bou-Areg region, Morocco).. Science of the total environment,. 2014; 500–501: p. 211–223.
11. Busico G, Cuoco E, Kazakis N, Colombani N, Mastrocicco M, Tedesco D, et al. Multivariate statistical analysis to characterize/discriminate between anthropogenic and geogenic trace elements occurrence in the Campania Plain, Southern Italy. Environmental Pollution. 2018; 234: p. 260-269.
12. Mangui Andrade AM, Mendoza Quishpe MF, Ágreda Oña JL. Modelación hidrogeoquímica del transporte de metales pesados ríos andinos del Ecuador. Revista Recursos Naturales Producción Y Sostenibilidad. 2025; 4(2): p. 11-23.
13. Alvarez Agama CE. Evaluación de la bioacumulación de (As) y (Cd), en cultivos de Lactuca sativa y Daucus carota, en suelos agrícolas de la parroquia Toacaso, provincia de Cotopaxi, período 2019-2020. Latacunga - Ecuador.
14. Cumbal L, Vallejo P, Rodriguez B, Lopez D. Arsenic in geothermal sources at the north-central Andean region of Ecuador: concentrations and mechanisms of mobility. Environmental Earth Sciences. 2010; 61(2): p. 299-310.
15. Sánchez Mateos S, Pérez LV, Córdova Suárez MA, Cabrera Riofrio DA. Heavy metal contamination in the Cotopaxi and Tungurahua rivers: A health risk.. Environmental Earth Sciences. 2020; 79(6): p. 144.
16. Cuji Quingaluisa JK. Evaluación del vetiver (Vetiveria zizanioides) para la disminución de metales pesados (Pb, Cd), en el canal de riego Latacunga–Salcedo–Ambato en el sector Samanga. Latacunga - Ecuador.
17. Fonseca Largo KM, Ruiz Depablos JL, Espitia-Sarmiento EF, Llugsha Moreta NM. Artificial floating island with vetiver for treatment of arsenic-contaminated water: A real scale study in high Andean reservoir. Water. 2020; 12(11): p. 3086.
18. Zapata D, Oleas NH, Páez-Vacas M, Tobes I. Water quality assessment of the Cutuchi River basin (Ecuador): A review of technical documents. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021; 690(1): p. 012058.

20. Ordóñez Padilla FC. Evaluación de la calidad del agua de los sistemas de riego Machachi-Tambillo y Latacunga-Salcedo-Ambato, para determinar el grado de cumplimiento con la normativa y salvaguardar la seguridad alimentaria: Determinación de la calidad del agua del sistema de. Quito - Ecuador.
21. Jalali M, Merikhpour H, Kaledhonkar MJ, Van der Zee SE. Effects of wastewater irrigation on soil sodicity and nutrient leaching in calcareous soils. Agricultural water management. 2008; 95(2): p. 143-153.

22. Farahat E, Linderholm HW. The effect of long-term wastewater irrigation on accumulation and transfer of heavy metals in Cupressus sempervirens leaves and adjacent soils. Science of the Total Environment. 2015; 512-513: p. 1-7.
23. Vetrimurugan E, Brindha K, Elango L, Ndwandwe OM. Human exposure risk to heavy metals through groundwater used for drinking in an intensively irrigated river delta. Applied Water Science. 2017; 7: p. 3267–3280.
24. Peters MD, Godfrey C, McInerney P, Munn Z, Tricco AC, Khalil H. JBI Manual for Evidence Synthesis. En Aromataris E, Lockwood C, Porritt K, Pilla B, Jordan Z, editores. Scoping reviews.: JBI; 2024.
25. Tricco AC, Lillie E, Zarin W, O'Brien KK, Colquhoun H, Levac D, et al. PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and explanation. Annals of Internal Medicine. 2018; 169(7): p. 467–473.
26. Riofrío Guevara MA, Mogro Cepeda YV, Carvajal Jiménez BD, Cando Sangucho BJ, Jacho Lugmaña AY. El río Cutuchi, contaminante que fluye en nuestra sociedad y la afecta. RECIMUNDO. 2024; 8(especial): p. 51-60.
27. Ccanccapa-Cartagena A, Paredes B, Vera C, Chavez-Gonzales FD, Olson EJ, Welp LR, et al. Occurrence and probabilistic health risk assessment (PRA) of dissolved metals in surface water sources in Southern Peru. Environmental Advances. 2021; 5(100102).
28. Ccanccapa-Cartagena A, Chavez-Gonzales FD, Paredes B, Vera C, Gutierrez G, Valencia R, et al. Seasonal differences in trace metal concentrations in the major rivers of the hyper-arid southwestern Andes basins of Peru. Journal of Environmental Management. 2023; 344(118493).

InvestiGO Revista Científica Multidisciplinaria
ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Octubre 2026
Vol. 7 No. 21, PP. 235-247
https://doi.org/10.56519/ad7kkw69

# CULTURA TRIBUTARIA Y CUMPLIMIENTO FISCAL DE CONTRIBUYENTES RIMPE EN PEQUEÑOS COMERCIOS DE QUITO

# TAX CULTURE AND TAX COMPLIANCE OF RIMPE TAXPAYERS IN SMALL RETAIL BUSINESSES IN QUITO

Shirley Betsayra Bedoya Simbaña[1], Andrea Michelle Caiza Zamora[2]

{sbedoyas@unemi.edu.ec[1], acaizaz2@unemi.edu.ec[2]}

Fecha de recepción: 14/08/2026 / Fecha de aceptación: 08/10/2026 / Fecha de publicación: 14/10/2026

**RESUMEN: El Régimen Simplificado para Emprendedores y Negocios Populares (RIMPE), vigente en Ecuador desde 2022, buscó facilitar la formalización de los pequeños contribuyentes; sin embargo, su aplicación ha puesto en evidencia vacíos en la cultura tributaria de quienes lo integran. El objetivo de este trabajo fue analizar la incidencia de la cultura tributaria en el cumplimiento de las obligaciones fiscales de los contribuyentes RIMPE en pequeños comercios del sector comercial de Quito. Se desarrolló una investigación con enfoque cualitativo, diseño no experimental y alcance descriptivo-analítico, basada en una revisión documental y bibliográfica de 23 fuentes: normativa tributaria vigente, disposiciones del Servicio de Rentas Internas, informes de organismos internacionales, estudios teóricos sobre cumplimiento tributario y estudios empíricos realizados en Ecuador entre 2022 y 2026. La información se organizó en una matriz de análisis por categorías alineadas con los objetivos específicos. Los resultados muestran que el conocimiento tributario de los pequeños comerciantes es limitado y se concentra en la emisión de comprobantes, más que en la comprensión de sus deberes de declaración y pago; que las principales dificultades se relacionan con la falta de capacitación, la brecha digital y los cambios normativos frecuentes; y que la facturación electrónica es percibida como útil para ordenar el negocio, aunque exigente en términos tecnológicos. Se identificaron como factores favorables la simplicidad del régimen, la confianza en la administración tributaria y el acompañamiento técnico, y como limitantes la informalidad y el desconocimiento. Se concluye que la cultura tributaria incide en el cumplimiento voluntario, por lo que se proponen estrategias de educación y orientación tributaria diferenciadas para el pequeño comercio quiteño.**

***Palabras clave: cultura tributaria; cumplimiento tributario; RIMPE; pequeños comercios; educación tributaria; facturación electrónica***

**ABSTRACT: The Simplified Regime for Entrepreneurs and Popular Businesses (RIMPE), in force in Ecuador since 2022, was designed to make it easier for small taxpayers to join the**

[1]Maestría en Contabilidad, Universidad Estatal de Milagro (UNEMI), Ecuador, https://orcid.org/0009-0001-5302-9013
[2]Maestría en Contabilidad, Universidad Estatal de Milagro (UNEMI), Ecuador, https://orcid.org/0009-0001-4478-2150

**formal economy; however, its implementation has revealed gaps in the tax culture of those who belong to it. The aim of this study was to analyze how tax culture influences compliance with tax obligations among RIMPE taxpayers running small retail businesses in the commercial sector of Quito. A qualitative, non-experimental, descriptive-analytical study was carried out through a documentary and bibliographic review of 23 sources: current tax legislation, regulations issued by the Internal Revenue Service (SRI), reports from international organizations, theoretical works on tax compliance, and empirical studies conducted in Ecuador between 2022 and 2026. The information was organized in an analysis matrix with categories aligned to the specific objectives. The results show that small merchants have limited tax knowledge, focused mainly on issuing sales receipts rather than on understanding their filing and payment duties; that the main difficulties are the lack of training, the digital divide and frequent regulatory changes; and that electronic invoicing is perceived as useful for organizing the business, although technologically demanding. The simplicity of the regime, trust in the tax administration and technical support were identified as favorable factors, while informality and lack of knowledge were identified as limiting factors. It is concluded that tax culture influences voluntary compliance; therefore, differentiated tax education and guidance strategies are proposed for small businesses in Quito.**

***Keywords: tax culture; tax compliance; RIMPE; small businesses; tax education; electronic invoicing***

## INTRODUCCIÓN

La recaudación de impuestos es una de las principales fuentes de financiamiento del Estado y, en países como Ecuador, su comportamiento depende en buena medida de que los contribuyentes cumplan de forma voluntaria con lo que establece la normativa. En América Latina la evasión sigue siendo un problema estructural que reduce la capacidad de los gobiernos para financiar servicios públicos y que se concentra con mayor fuerza en los segmentos de menor tamaño y mayor informalidad (1). Por esa razón, las administraciones tributarias de la región han dejado de ver el cumplimiento solo como un asunto de control y sanción, y han empezado a trabajar también en la formación de una cultura tributaria ciudadana (2).

En Ecuador, la Ley Orgánica para el Desarrollo Económico y Sostenibilidad Fiscal tras la Pandemia COVID-19 creó en 2021 el Régimen Simplificado para Emprendedores y Negocios Populares (RIMPE), que reemplazó al Régimen Impositivo Simplificado (RISE) y al régimen de microempresas (3). El RIMPE agrupa a personas naturales y sociedades con ingresos brutos anuales de hasta USD 300.000 y distingue dos categorías: los negocios populares, con ingresos de hasta USD 20.000, y los emprendedores, que superan ese monto sin rebasar el límite del régimen (4). En diciembre de 2023, la Ley Orgánica de Eficiencia Económica y Generación de Empleo modificó nuevamente el régimen, entre otros aspectos, con una tabla progresiva para los negocios populares y cambios en las retenciones aplicables a los emprendedores (5). Estos ajustes, sumados a la obligatoriedad de la facturación electrónica para los emprendedores, han significado para muchos pequeños comerciantes un cambio importante en la manera de relacionarse con el Servicio de Rentas Internas (SRI).

La literatura sobre cumplimiento tributario ofrece dos grandes formas de explicar por qué las personas pagan o no sus impuestos. La primera, de corte económico, plantea que el contribuyente compara el beneficio de evadir con la probabilidad de ser detectado y el monto de la sanción (6). La segunda, desarrollada desde la psicología económica y la economía del comportamiento, sostiene que el cumplimiento también depende de la moral tributaria, de las normas sociales, de la percepción de justicia y de la confianza en las instituciones (7, 8). El modelo de la pendiente resbaladiza integra ambas miradas y diferencia entre el cumplimiento forzado, que surge del poder de la administración, y el cumplimiento voluntario, que nace de la confianza (9). Revisiones posteriores coinciden en que ningún factor aislado explica el comportamiento del contribuyente y en que el conocimiento y la educación fiscal cumplen un papel relevante (10, 11).

En el contexto ecuatoriano, varios estudios recientes han abordado la relación entre cultura tributaria y cumplimiento en pequeños contribuyentes de ciudades como Pedernales, Manta, Machalilla y Riobamba, con hallazgos que apuntan a un conocimiento tributario insuficiente y a una baja participación en procesos de capacitación (12-15). Sin embargo, la evidencia publicada sobre los pequeños comercios de Quito, que concentran una parte importante de la actividad comercial del país, es todavía escasa. Como estudiantes de posgrado en contabilidad, consideramos necesario sistematizar lo que se conoce sobre el tema para orientar futuras investigaciones de campo en la ciudad y para formular propuestas concretas de educación tributaria.

A partir de lo anterior, la pregunta que guía este trabajo es: ¿de qué manera incide la cultura tributaria en el cumplimiento de las obligaciones fiscales de los contribuyentes RIMPE en pequeños comercios de Quito? El objetivo general es analizar la incidencia de la cultura tributaria en el cumplimiento de las obligaciones fiscales de los contribuyentes pertenecientes al régimen RIMPE en pequeños comercios del sector comercial de Quito. Para lograrlo se plantearon cinco objetivos específicos: (a) identificar el nivel de conocimiento tributario de los pequeños comerciantes RIMPE respecto de sus principales obligaciones fiscales; (b) describir las principales dificultades que enfrentan para cumplir oportunamente con sus obligaciones; (c) analizar la percepción de los pequeños comerciantes sobre la facturación electrónica y los demás mecanismos de cumplimiento establecidos por el SRI; (d) determinar los factores relacionados con la cultura tributaria que favorecen o limitan el cumplimiento voluntario; y (e) proponer estrategias de educación y orientación tributaria que contribuyan al fortalecimiento de la cultura tributaria y al cumplimiento oportuno de las obligaciones fiscales.

El supuesto de trabajo es que una cultura tributaria débil, expresada en desconocimiento de las obligaciones, baja percepción del beneficio de tributar y escasa confianza en la administración, se asocia con un cumplimiento tardío o incompleto, mientras que el conocimiento, el acompañamiento y la simplificación de trámites favorecen el cumplimiento voluntario.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló con un enfoque cualitativo, un diseño no experimental y un alcance descriptivo-analítico (16). Se optó por el método documental-bibliográfico, porque el propósito

fue reunir, organizar e interpretar la información normativa, teórica y empírica disponible sobre la cultura tributaria y el cumplimiento de los contribuyentes RIMPE, como paso previo a un estudio de campo en los pequeños comercios de Quito. No se manipularon variables ni se recolectaron datos primarios; las cifras que se presentan en los resultados corresponden a las reportadas por los autores de cada fuente consultada.

La búsqueda de información se realizó entre julio y septiembre de 2026 en Google Académico, Dialnet, Redalyc, DOAJ y en los portales de revistas científicas ecuatorianas indexadas en Latindex. Además, se revisaron el portal institucional del SRI y los textos legales publicados en el Registro Oficial. Se utilizaron combinaciones de los términos «cultura tributaria», «cumplimiento tributario», «RIMPE», «negocios populares», «emprendedores», «facturación electrónica», «moral tributaria» y «tax compliance», unidas mediante los operadores booleanos AND y OR.

Los criterios de inclusión fueron los siguientes: (a) estudios empíricos o revisiones publicados entre 2022 y 2026, periodo que coincide con la vigencia del RIMPE, que trataran sobre cultura o cumplimiento tributario de pequeños contribuyentes en Ecuador; (b) normativa y disposiciones administrativas vigentes relacionadas con el régimen; (c) informes de organismos internacionales sobre educación fiscal y evasión; y (d) obras teóricas de referencia sobre cumplimiento tributario, sin restricción de año por su carácter fundacional. Se excluyeron las notas de prensa, los artículos de opinión, los documentos sin autoría identificable y los trabajos que no presentaban el texto completo.

Luego de la depuración, el corpus de análisis quedó conformado por 23 documentos: cinco normativos o institucionales del Ecuador, dos informes de organismos internacionales, seis obras teóricas sobre cumplimiento tributario y diez estudios empíricos o de revisión realizados en el país. La Tabla 1 resume la composición del corpus.

***Tabla 1. Composición del corpus documental analizado.***

| Tipo de fuente | Nº | Documentos |
|---|---|---|
| Normativa e institucional (Ecuador) | 5 | Código Tributario; Ley Orgánica para el Desarrollo Económico y Sostenibilidad Fiscal (2021); Ley Orgánica de Eficiencia Económica y Generación de Empleo (2023); Resolución NAC-DGERCGC21-00000060; portal RIMPE del SRI |
| Informes de organismos internacionales | 2 | OCDE/FIIAPP (2021); CEPAL (2024) |
| Obras teóricas sobre cumplimiento | 6 | Allingham y Sandmo (1972); Torgler (2007); Kirchler (2007); Kirchler et al. (2008); Alm (2019); Slemrod (2019) |
| Estudios empíricos y revisiones en Ecuador (2022-2026) | 10 | Estudios realizados en Pedernales, Manta, Machalilla, Riobamba, zona 5 del SRI y a nivel nacional (ver Tabla 3) |
| **Total** | **23** | |

***Fuente: Elaboración propia.***

Para el análisis se elaboró una matriz en Excel en la que cada documento se registró con sus datos de identificación, el tipo de fuente, el objetivo, el método, la población estudiada y los principales

hallazgos. Después, la información se codificó siguiendo las fases del análisis temático propuestas por Braun y Clarke (17): familiarización con los datos, generación de códigos iniciales, búsqueda de temas, revisión, definición de categorías y redacción. Las categorías se definieron a partir de los objetivos específicos: conocimiento tributario, dificultades de cumplimiento, percepción de la facturación electrónica y de los mecanismos del SRI, y factores que favorecen o limitan el cumplimiento voluntario. Con base en estas categorías se construyó la propuesta de estrategias de educación y orientación tributaria.

Para dar mayor confiabilidad al proceso, cada integrante del grupo revisó de forma independiente una parte de las fuentes y, posteriormente, las codificaciones se contrastaron en reuniones de trabajo hasta llegar a un acuerdo. Como limitación metodológica, se reconoce que los estudios empíricos analizados se realizaron en otras ciudades del país, por lo que sus resultados se toman como referencia para el caso de Quito y no como una medición directa de su realidad.

# RESULTADOS

## Marco normativo del RIMPE y obligaciones de los pequeños comerciantes

Antes de analizar la cultura tributaria fue necesario precisar qué es lo que la normativa exige a los contribuyentes RIMPE, porque el cumplimiento solo puede valorarse frente a obligaciones concretas. El Código Tributario define los deberes formales del contribuyente, entre ellos inscribirse en los registros, emitir comprobantes, llevar registros de sus operaciones, presentar declaraciones y facilitar las verificaciones de la administración (18). El RIMPE, creado en 2021 y regulado por la resolución de aplicación emitida por el SRI (3, 19), simplificó parte de esos deberes, pero no los eliminó. La Tabla 2 sintetiza las obligaciones principales según la categoría del contribuyente.

***Tabla 2. Principales obligaciones de los contribuyentes RIMPE según su categoría.***

| Obligación | Negocio popular | Emprendedor |
|---|---|---|
| Ingresos brutos anuales | Hasta USD 20.000 | Desde USD 20.000,01 hasta USD 300.000 |
| Impuesto a la renta | Cuota anual según tabla progresiva (de USD 0 a USD 60 desde 2024) | Tarifa progresiva sobre ingresos brutos (entre 1 % y 2 % sobre el excedente, más impuesto base) |
| Declaración de impuesto a la renta | Anual | Anual |
| Declaración de IVA | No aplica | Semestral |
| Comprobantes de venta | Notas de venta; facturación electrónica opcional | Facturación electrónica obligatoria |
| Agente de retención | No | Declaraciones semestrales de retenciones, cuando aplique |

***Fuente: elaboración propia a partir del SRI (4) y de la Ley Orgánica de Eficiencia Económica y Generación de Empleo (5).***

Como se observa, un pequeño comercio de Quito puede estar en una u otra categoría según sus ingresos del año anterior, y esa clasificación cambia de manera importante sus obligaciones. Un

negocio popular tiene un esquema muy simple, con una cuota anual que desde 2024 depende de su nivel de ingresos, mientras que un emprendedor debe manejar facturación electrónica, declaraciones semestrales de IVA y de retenciones, y su declaración anual de impuesto a la renta (4, 5). Esta diferencia es relevante para la cultura tributaria, porque un comerciante que crece y pasa de una categoría a otra necesita aprender en poco tiempo un conjunto de obligaciones mucho más exigente.

**Nivel de conocimiento tributario de los pequeños comerciantes RIMPE**

Los estudios revisados coinciden en que el conocimiento tributario de los pequeños contribuyentes es limitado. En el cantón Pedernales, Cevallos-Briones y Carreño-Arteaga encontraron que el 49 % de los contribuyentes RIMPE encuestados no conocía qué tipos de impuestos debía pagar dentro del régimen, y concluyeron que la cultura tributaria determina el cumplimiento de las obligaciones y la recaudación (12). En la asociación ASOPROAGESIM de Machalilla, Macías Loor y Parrales Pincay reportaron que el 76 % de los socios desconocía el concepto de cultura tributaria, el 84 % desconocía sus obligaciones fiscales y el 76 % no había recibido capacitación continua en temas tributarios (14).

En el mercado central de Manta, Quiñonez Cercado y Zambrano Mieles encuestaron a 60 comerciantes y observaron que alrededor del 77 % conocía la obligación de emitir comprobantes de venta, pero no sabía cómo aplicarla correctamente; al mismo tiempo, el 96 % manifestó su interés en recibir más formación sobre cultura tributaria (13). Este dato es importante porque muestra que el conocimiento suele quedarse en un nivel general, asociado con «tener que facturar», y no llega a la comprensión de las declaraciones, los plazos y las consecuencias del incumplimiento. En Riobamba, Arellano Cepeda et al. trabajaron con 363 propietarios de pequeñas empresas comerciales y encontraron una correlación positiva, aunque modesta, entre cultura tributaria y cumplimiento (25,8 %), con una capacidad explicativa del 6,6 %; los autores destacan que el conocimiento sobre obligaciones, impuestos y declaración de ingresos influye en el comportamiento tributario (15).

En conjunto, estos resultados permiten suponer que en los pequeños comercios de Quito el conocimiento tributario también se concentra en la emisión de comprobantes y en el pago de la cuota o del impuesto, y que existen vacíos en temas como la diferencia entre categorías del RIMPE, las fechas de declaración según el noveno dígito del RUC, las retenciones y las sanciones. La Tabla 3 resume los principales hallazgos empíricos revisados.

***Tabla 3. Estudios empíricos y de revisión analizados.***

| Autor(es) y año | Lugar y población | Principales hallazgos |
|---|---|---|
| Cevallos-Briones y Carreño-Arteaga (2025) (12) | Pedernales; contribuyentes RIMPE | El 49 % no conocía los impuestos que debía pagar en el régimen. |
| Quiñonez Cercado y Zambrano Mieles (2023) (13) | Manta; 60 comerciantes del mercado central | Cerca del 77 % conocía la obligación de facturar sin saber aplicarla; 96 % dispuesto a capacitarse. |
| Macías Loor y Parrales Pincay (2023) (14) | Machalilla; 25 socios de ASOPROAGESIM | 84 % desconocía sus obligaciones; solo 12 % pagaba a tiempo; 76 % sin capacitación. |

| | | |
|---|---|---|
| Arellano Cepeda et al. (2025) (15) | Riobamba; 363 pequeñas empresas comerciales | Correlación positiva modesta (25,8 %) entre cultura y cumplimiento tributario. |
| Ortiz Mosquera et al. (2024) (20) | Zona 5 del SRI; 358 negocios RIMPE emprendedor | 90 % considera que la facturación electrónica facilita el cumplimiento; 79 % nunca recibió capacitación. |
| Ocampo Alvarado (2025) (21) | Varias provincias; 60 microempresarios | Mejor organización y menos errores; barreras de capacitación, técnicas y de costos. |
| Chiriboga-León (2023) (22) | Nacional; sociedades RIMPE (datos SRI y SCVS) | 44 % de incumplimiento en la presentación de información financiera. |
| Aragón Lozano et al. (2025) (23) | Nacional; estadísticas del SRI 2021-2025 | El RIMPE aporta más a la formalización que a la recaudación. |
| Ortiz-Mayorga et al. (2024) (24) | Revisión de 15 fuentes (2020-2023) | Una cultura tributaria débil favorece la evasión en micro y pequeñas empresas. |
| Burgos-Moreira (2026) (25) | Revisión sistemática de 19 estudios | En economías en desarrollo pesan la informalidad y una cultura tributaria débil. |

***Fuente: Elaboración propia a partir de las fuentes citadas.***

## Dificultades para cumplir oportunamente con las obligaciones tributarias

La revisión permitió agrupar las dificultades en cuatro tipos. La primera es de orden cognitivo: el desconocimiento de las obligaciones, de los plazos y de los procedimientos, que ya se describió en el apartado anterior y que en el caso de Machalilla se reflejó en que solo el 12 % de los socios pagaba sus impuestos a tiempo (14). La segunda es de orden formativo: la falta de capacitación. En el estudio de Ortiz Mosquera et al., realizado con 358 negocios RIMPE de la zona 5 del SRI, el 79 % de los participantes afirmó que nunca había tenido la oportunidad de recibir una capacitación adecuada sobre facturación electrónica (20).

La tercera dificultad es tecnológica y económica. La facturación electrónica y la presentación de declaraciones en línea exigen acceso a internet, equipos, firma electrónica y, en muchos casos, un sistema de facturación o el pago de un proveedor. Ocampo Alvarado identificó como barreras la falta de capacitación, los problemas técnicos y los costos operativos asociados, y señaló que la experiencia de los usuarios varía según la ubicación geográfica y el nivel previo de digitalización del negocio (21). En el caso de pequeños comercios de barrio, tiendas y bazares, estas condiciones no siempre están presentes.

La cuarta dificultad es normativa. El régimen ha tenido cambios en poco tiempo: su creación en 2021, la emisión de normas de aplicación y la reforma de diciembre de 2023, que modificó la tabla de los negocios populares y el tratamiento de las retenciones a los emprendedores (3, 5, 19). Para un comerciante que no cuenta con asesoría contable permanente, mantenerse al día con estos cambios resulta complicado. A esto se suma que, según Chiriboga-León, el 44 % de las sociedades catalogadas en el RIMPE incumplió con la presentación de su información financiera en 2022, lo

que sugiere que el régimen se ha enfocado en el cumplimiento fiscal más que en una cultura contable y financiera (22).

**Percepción sobre la facturación electrónica y los mecanismos de cumplimiento del SRI**

La percepción de la facturación electrónica es, en general, favorable, aunque con matices. En el estudio de Ortiz Mosquera et al., el 84 % de los negocios había implementado por completo la facturación electrónica, el 80 % la usaba de forma regular, el 90 % consideró que facilita el cumplimiento de sus obligaciones y el 84 % opinó que reduce las oportunidades de evasión; además, la prueba chi-cuadrado mostró una relación estadísticamente significativa entre la implementación del sistema y la mejora en el cumplimiento ($\chi^2 = 8{,}53$; $p = 0{,}0035$) (20). En la misma línea, Ocampo Alvarado encontró que la facturación electrónica mejoró la organización administrativa, redujo errores contables y facilitó el cumplimiento tributario de las microempresas, aunque los propietarios no percibieron un aumento inmediato de su rentabilidad (21).

Estos resultados indican que el comerciante valora la herramienta cuando ya la domina, pero que el proceso de adopción es el momento más crítico. Para los negocios populares, la normativa permite seguir emitiendo notas de venta, por lo que la facturación electrónica es opcional salvo en actividades no incluidas en el régimen (4). Esto evita una carga inmediata, pero también puede generar incertidumbre cuando el negocio crece y debe pasar a la categoría de emprendedor. En cuanto a otros mecanismos del SRI, como los servicios en línea, los recordatorios y los canales de atención, los estudios revisados no reportan mediciones específicas de percepción, lo que constituye un vacío que conviene atender en futuras investigaciones en Quito.

**Factores de la cultura tributaria que favorecen o limitan el cumplimiento voluntario**

A partir de la codificación de las fuentes se identificaron factores que favorecen y factores que limitan el cumplimiento voluntario, los cuales se presentan en la Tabla 4. Entre los factores favorables se encuentran el conocimiento de las obligaciones, la simplicidad del régimen, la confianza en la administración tributaria, el uso de herramientas digitales y el acompañamiento técnico. Entre los limitantes destacan el desconocimiento, la informalidad, la percepción de que los impuestos no se traducen en beneficios, los cambios normativos frecuentes y la brecha digital (24, 25).

***Tabla 4. Factores de la cultura tributaria que favorecen o limitan el cumplimiento voluntario.***

| Dimensión | Factores que favorecen | Factores que limitan |
|---|---|---|
| Cognitiva | Conocimiento de obligaciones, plazos y categorías del régimen | Desconocimiento de impuestos, declaraciones y sanciones |
| Actitudinal | Disposición a capacitarse; percepción de utilidad de la facturación | Percepción de que los impuestos no generan beneficios visibles |
| Institucional | Confianza en el SRI; régimen simplificado | Cambios normativos frecuentes; poca orientación personalizada |
| Tecnológica | Herramientas digitales que ordenan el negocio | Brecha digital; costos de firma electrónica y sistemas |

| | | |
|---|---|---|
| Socioeconómica | Formalización y acceso a clientes que exigen factura | Informalidad; baja capacidad económica del negocio |

***Fuente: Elaboración propia a partir de la matriz de análisis.***

Un hallazgo que merece atención es el de Aragón Lozano et al., quienes, al analizar la evolución del RIMPE entre 2021 y 2025, concluyeron que su principal aporte ha sido la formalización económica más que el incremento directo de la recaudación (23). Esto sugiere que el régimen ha logrado que más contribuyentes se registren, pero que el siguiente paso es que esos contribuyentes comprendan y asuman sus obligaciones de manera voluntaria, que es precisamente el ámbito de la cultura tributaria.

## Estrategias de educación y orientación tributaria

Con base en los factores identificados y en las recomendaciones de la OCDE sobre educación cívico-tributaria (2), se plantean las estrategias que se resumen en la Tabla 5. La propuesta parte de la idea de que la educación tributaria debe ser práctica, cercana al negocio y diferenciada según la categoría del contribuyente, y de que requiere la participación de varios actores: el SRI, las universidades, los gremios de comerciantes y los gobiernos locales.

***Tabla 5. Estrategias de educación y orientación tributaria propuestas.***

| Estrategia | Acciones | Actores |
|---|---|---|
| Talleres prácticos diferenciados | Sesiones cortas por categoría (negocio popular y emprendedor) con casos reales de declaración y facturación | SRI, gremios de comerciantes |
| Acompañamiento universitario | Consultorios tributarios con estudiantes de contabilidad para orientación gratuita en los sectores comerciales | Universidades, SRI |
| Calendario y recordatorios | Calendario tributario simplificado y mensajes según el noveno dígito del RUC | SRI |
| Alfabetización digital | Capacitación en facturación electrónica, firma electrónica y servicios en línea | SRI, gobierno local, universidades |
| Comunicación del uso de los tributos | Campañas que muestren en qué se invierten los impuestos en la ciudad | SRI, Municipio del Distrito Metropolitano de Quito |
| Material de consulta sencillo | Guías visuales y videos breves sobre cambios normativos | SRI, gremios |

***Fuente: Elaboración propia.***

La vinculación universitaria es una de las estrategias con mayor potencial, ya que permite que estudiantes de contabilidad y auditoría, bajo supervisión docente, brinden orientación gratuita a los comerciantes, en la línea de los núcleos de apoyo contable y fiscal que se han impulsado en otros países de la región. Además, el diseño de un calendario tributario simplificado, enviado por mensajería según el noveno dígito del RUC, podría reducir los atrasos que se originan más por olvido o desconocimiento que por una decisión deliberada de no pagar.

# DISCUSIÓN

Los resultados de la revisión respaldan el supuesto planteado: la cultura tributaria incide en el cumplimiento de los contribuyentes RIMPE, sobre todo a través del conocimiento de las obligaciones y de la confianza en la administración. Este hallazgo coincide con los planteamientos de Torgler y de Kirchler, para quienes la moral tributaria y la percepción del sistema explican una parte del comportamiento del contribuyente que el modelo de disuasión no alcanza a cubrir (7, 8). Si solo se considerara el enfoque de Allingham y Sandmo (6), la respuesta al incumplimiento sería únicamente aumentar los controles y las multas; sin embargo, los estudios ecuatorianos muestran que una parte importante de los atrasos se explica por desconocimiento y no por un cálculo deliberado de evasión (12, 14).

El modelo de la pendiente resbaladiza (9) ayuda a interpretar los resultados sobre la facturación electrónica. Esta herramienta aumenta el poder de control del SRI, porque las transacciones quedan registradas, pero también puede generar confianza cuando el comerciante la percibe como un apoyo para ordenar su negocio. Los datos de Ortiz Mosquera et al. y de Ocampo Alvarado apuntan en esa dirección, ya que la mayoría de usuarios considera que facilita el cumplimiento (20, 21). No obstante, si la adopción se impone sin capacitación, el mismo mecanismo puede ser visto como una carga y deteriorar la relación con la administración, lo que coincide con Alm cuando señala que las estrategias de cumplimiento deben combinar control, servicio y confianza (10).

La correlación modesta que encontraron Arellano Cepeda et al. en Riobamba (15) merece una lectura cuidadosa. Que la cultura tributaria explique una parte limitada del cumplimiento no significa que sea poco importante, sino que actúa junto con otros factores, como la capacidad económica del negocio, la presión de los controles y la complejidad de los trámites. Slemrod también advierte que el cumplimiento responde a una combinación de incentivos, información y costos de cumplir, por lo que las intervenciones deben ser integrales (11). Para el caso de Quito, esto implica que la educación tributaria debe ir acompañada de trámites más simples y de canales de atención accesibles.

La revisión de Burgos-Moreira plantea que en las economías en desarrollo la informalidad y una cultura tributaria débil dificultan el cumplimiento, mientras que en las economías desarrolladas pesan más la confianza institucional y las normas sociales (25). Los resultados de este trabajo son coherentes con esa diferencia, pero también muestran señales positivas: la alta disposición de los comerciantes a capacitarse, como el 96 % reportado en Manta (13), sugiere que existe una base sobre la cual construir programas de educación tributaria. Esto coincide con la guía de la OCDE, que destaca que los programas más efectivos son aquellos que se adaptan a las necesidades concretas de cada grupo de contribuyentes (2).

Otro punto de discusión es el alcance del RIMPE. Según Aragón Lozano et al. (23), el régimen ha contribuido más a la formalización que a la recaudación, y Chiriboga-León (22) evidenció incumplimientos en la presentación de información financiera. Esto permite pensar que la simplificación tributaria, por sí sola, no produce una mayor cultura tributaria; es necesario que el contribuyente entienda para qué sirven sus impuestos y cómo cumplir correctamente.

Entre las limitaciones del estudio se encuentra su carácter documental, ya que no se recolectaron datos primarios en los pequeños comercios de Quito y los resultados empíricos provienen de otras ciudades del país. Tampoco se encontraron mediciones publicadas sobre la percepción de los comerciantes respecto de otros servicios del SRI. Por ello, como línea futura se propone aplicar una encuesta validada y entrevistas a comerciantes RIMPE de sectores comerciales de Quito, como el Centro Histórico, el norte y el sur de la ciudad, para contrastar los hallazgos de esta revisión.

## CONCLUSIONES

La revisión permite concluir que la cultura tributaria incide en el cumplimiento de las obligaciones fiscales de los contribuyentes RIMPE, principalmente a través del conocimiento de sus obligaciones y de la confianza en la administración tributaria. Los estudios analizados muestran que el conocimiento de los pequeños comerciantes suele limitarse a la emisión de comprobantes y al pago, mientras que existen vacíos importantes en cuanto a declaraciones, plazos, retenciones y diferencias entre las categorías del régimen, lo que se traduce en atrasos más por desconocimiento que por una decisión deliberada de evadir.

Las principales dificultades para cumplir oportunamente son la falta de capacitación, la brecha tecnológica, los costos asociados a la digitalización y los cambios normativos frecuentes. La facturación electrónica es percibida como una herramienta útil para ordenar el negocio y facilitar el cumplimiento, pero su adopción sin acompañamiento puede convertirse en una carga para el pequeño comercio. Los factores que favorecen el cumplimiento voluntario son la simplicidad del régimen, el conocimiento, la confianza institucional y la asesoría técnica; los que lo limitan son la informalidad, el desconocimiento y la percepción de que los impuestos no generan beneficios visibles.

Finalmente, se concluye que el fortalecimiento de la cultura tributaria en los pequeños comercios de Quito requiere estrategias de educación y orientación diferenciadas para negocios populares y emprendedores, con talleres prácticos, acompañamiento universitario, recordatorios de obligaciones y trabajo coordinado con los gremios y el gobierno local. Estas propuestas deberán validarse mediante un estudio de campo en la ciudad.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los docentes del programa de Maestría de la Universidad Estatal de Milagro por la orientación brindada durante el desarrollo de este trabajo.

## DECLARACIÓN DE INTERÉS

Los autores declaran que no existen conflictos de interés relacionados con la elaboración y publicación de este artículo.

## CONTRIBUCIONES DE AUTOR

Todos los autores participaron en la conceptualización del estudio, la búsqueda y selección de fuentes, la codificación y el análisis de la información, la redacción del manuscrito y la revisión de su versión final.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS


1. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Panorama Fiscal de América Latina y el Caribe, 2024: política fiscal para el crecimiento, la redistribución y la transformación productiva. Santiago: CEPAL; 2024.
2. OCDE, FIIAPP. Fomentando la cultura tributaria, el cumplimiento fiscal y la ciudadanía: guía sobre educación tributaria en el mundo. 2.ª ed. París: OECD Publishing; 2021. doi:10.1787/17a3eabd-es
3. Asamblea Nacional del Ecuador. Ley Orgánica para el Desarrollo Económico y Sostenibilidad Fiscal tras la Pandemia COVID-19. Registro Oficial 587, 29 de noviembre de 2021.
4. Servicio de Rentas Internas del Ecuador. Régimen Simplificado para Emprendedores y Negocios Populares (RIMPE) (Internet). Quito: SRI; 2025 (citado 28 sep 2026). Disponible en: https://www.sri.gob.ec/en/rimpe
5. Asamblea Nacional del Ecuador. Ley Orgánica de Eficiencia Económica y Generación de Empleo. Registro Oficial 461, 20 de diciembre de 2023.
6. Allingham MG, Sandmo A. Income tax evasion: a theoretical analysis. J Public Econ. 1972;1(3-4):323-38.
7. Torgler B. Tax compliance and tax morale: a theoretical and empirical analysis. Cheltenham: Edward Elgar; 2007.
8. Kirchler E. The economic psychology of tax behaviour. Cambridge: Cambridge University Press; 2007.
9. Kirchler E, Hoelzl E, Wahl I. Enforced versus voluntary tax compliance: the "slippery slope" framework. J Econ Psychol. 2008;29(2):210-25.
10. Alm J. What motivates tax compliance? J Econ Surv. 2019;33(2):353-88. doi:10.1111/joes.12272
11. Slemrod J. Tax compliance and enforcement. J Econ Lit. 2019;57(4):904-54.
12. Cevallos-Briones JM, Carreño-Arteaga NP. Cultura tributaria y su incidencia en el cumplimiento de obligaciones tributarias en el cantón Pedernales, año 2024. Yachasun. 2025;9(16):1075-86. doi:10.46296/yc.v9i16.0635
13. Quiñonez Cercado MP, Zambrano Mieles BG. Cultura tributaria en los comerciantes del mercado central del cantón Manta, Ecuador. FIPCAEC. 2023;8(1):2157-75. doi:10.23857/fipcaec.v8i1.773
14. Macías Loor FI, Parrales Pincay ME. La cultura tributaria como mecanismo clave en el cumplimiento de las obligaciones fiscales. Polo del Conocimiento. 2023;8(2):878-94.
15. Arellano Cepeda OE, Ayaviri-Nina D, Villa Villa VM, Rodríguez EA. Cumplimiento y cultura tributaria en pequeñas empresas comerciales de la ciudad de Riobamba. Perspectivas Sociales y Administrativas. 2025;3(2):45-55. doi:10.61347/psa.v3i2.92

16. Hernández-Sampieri R, Mendoza Torres CP. Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Ciudad de México: McGraw-Hill Interamericana; 2018.
17. Braun V, Clarke V. Using thematic analysis in psychology. Qual Res Psychol. 2006;3(2):77-101. doi:10.1191/1478088706qp063oa
18. Congreso Nacional del Ecuador. Código Tributario (Codificación 2005-09). Registro Oficial Suplemento 38, 14 de junio de 2005.
19. Servicio de Rentas Internas del Ecuador. Resolución NAC-DGERCGC21-00000060: normas para la aplicación del Régimen Simplificado para Emprendedores y Negocios Populares - RIMPE. Quito: SRI; 2021.
20. Ortiz Mosquera CG, Pauta Ríos RA, Beltrán Mora MN, Zamora Varas GF. Eficiencia de la facturación electrónica en el control fiscal: un estudio de caso en el régimen RIMPE emprendedor del Ecuador. Journal of Science and Research. 2024;9(CININGEC). doi:10.5281/zenodo.14804603
21. Ocampo Alvarado AM. Impacto de la facturación electrónica en microempresas comerciales en Ecuador. Perspectivas Económicas. 2025;1(1):5-22. doi:10.5281/zenodo.16741723
22. Chiriboga-León CJ. Cultura contable financiera y su relación con el régimen RIMPE. X-Pedientes Económicos. 2023;7(17):53-68.
23. Aragón Lozano E, Cabrera Montiel L, Aguirre Torres G. Evolución eficaz del RIMPE en recaudación del impuesto a la renta y sostenibilidad fiscal Ecuador-2021-2025. Política, Justicia Social y Gobernanza. 2025;1(2). doi:10.47189/pjsg.v1i2.66
24. Ortiz-Mayorga AM, López-Bermello AS, Guangasi-Lagua EF, Fiallos-Bonilla SF. Influencia de la cultura tributaria en los niveles de evasión fiscal en Ecuador. Verdad y Derecho. 2024;3(especial Ambato):251-8. doi:10.62574/63ffeh72
25. Burgos-Moreira M. Cultura tributaria y cumplimiento fiscal: revisión de literatura entre economías desarrolladas y en desarrollo. Revista Económica. 2026;14(2):9-21. doi:10.54753/rve.v14i2.2723

ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Octubre 2026
Vol. 7 No. 21, PP. 248-269
https://doi.org/10.56519/7cmm3871

# GESTIÓN DE LA BIOSEGURIDAD Y EL USO DE LA CAPACIDAD INSTALADA EN LAS GRANJAS AVÍCOLAS DE TUNGURAHUA, ECUADOR

# BIOSECURITY MANAGEMENT AND UTILIZATION OF INSTALLED CAPACITY AT POULTRY FARMS IN TUNGURAHUA, ECUADOR

Silvia Alexandra Fiallos Freire[1], Evelin Estefania López Montaluisa[2], Julio Mauricio Vizuete-Muñoz[3]

{sfiallos6599@uta.edu.ec[1], elopez6748@uta.edu.ec[2], jm.vizuete@uta.edu.ec[3]}

Fecha de recepción: 23/08/2026 / Fecha de aceptación: 05/10/2026 / Fecha de publicación: 14/10/2026

**RESUMEN: El sector avícola enfrenta presión por aumentar su producción, lo que obliga a operar cerca de los límites de capacidad. Ante esto, el objetivo de este estudio es analizar la relación entre la gestión de la bioseguridad con el uso de la capacidad instalada de las granjas avícolas de Tungurahua, dado que estas variables se han estudiado por separado. Se desarrolló una investigación cuantitativa, con un diseño no experimental, alcance correlacional y corte transversal con información de 302 unidades productivas. Se aplicó el enfoque ingenuo de tres pasos para el Análisis de Clases Latentes (ACL) y con dos análisis complementarios. Los resultados dejaron ver cuatro perfiles diferenciados de gestión de bioseguridad y se evidenció que el Uso de la Capacidad Instalada (UCI) presentó diferencias entre estos. Además de asociaciones específicas con la pertenencia, también se consideraron el cantón y el propósito de explotación. Por ejemplo, el caso de Santiago de Píllaro reveló una concentración de probabilidad mayor (OR= 4.958*), de pertenencia al perfil de Gestión Bioseguridad Estructural Incompleta. Asimismo, el propósito de explotación 'Otros' también reportó mayor probabilidad de pertenecer a este grupo (OR= 5.042*). Finalmente, como conclusión la gestión de la bioseguridad y el UCI son variables interdependientes en las granjas de la provincia. Esto quiere decir que, se relacionan entre sí para que el negocio funcione. Por ello, evaluarlas de forma conjunta es fundamental para lograr una producción más previsible y mejorar la toma de decisiones sobre los recursos productivos.**

[1]Carrera Administración de Empresas, Facultad de Ciencias Administrativas, Universidad Técnica de Ambato-Ecuador (UTA). https://orcid.org/0009-0003-3525-043X
[2]Carrera Administración de Empresas, Facultad de Ciencias Administrativas, Universidad Técnica de Ambato-Ecuador (UTA). https://orcid.org/0009-0003-6060-0585
[3]Docente Investigador Facultad de Ciencias Administrativas, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. https://orcid.org/0000-0003-3910-9292

***Palabras clave: Gestión de bioseguridad, capacidad instalada, análisis clases latentes, avicultura, toma de decisiones***

**ABSTRACT: The poultry sector faces pressure to increase production, forcing it to operate near capacity limits. Given this situation, the objective of this study is to analyze the relationship between biosecurity management and the utilization of installed capacity at poultry farms in Tungurahua, since these variables have been studied separately. A quantitative study was conducted using a non-experimental design with a correlational, cross-sectional approach, drawing on data from 302 production units. The three-step naive approach to Latent Class Analysis (LCA) was applied, along with two complementary analyses. The results revealed four distinct biosecurity management profiles, and it was shown that the use of installed capacity (UIC) differed among them. In addition to specific associations with profile membership, the canton and the purpose of operation were also considered. For example, the case of Santiago de Píllaro revealed a higher probability (OR = 4.958*) of belonging to the "Incomplete Structural Biosafety Management" profile. Likewise, the farming purpose "Other" also showed a higher probability of belonging to this group (OR = 5.042*). In conclusion, biosecurity management and the UCI are interdependent variables on farms in the province. This means that they are interconnected and essential to the operation of the business. Therefore, evaluating them together is essential for achieving more predictable production and improving decision-making regarding production resources.**

***Keywords: Biosecurity management, installed capacity, latent class analysis, poultry farming, decision-making***

## INTRODUCCIÓN

El sector avícola constituye un pilar fundamental en la economía ecuatoriana. Cada granja funciona como una entidad empresarial que contribuye al desarrollo económico del país. Esta actividad aporta con un 4% del Producto Interno Bruto (PIB) nacional y con un 24% al PIB agropecuario. Dicha relevancia muestra un crecimiento en la cadena de valor del sector, que superó los 4.000 millones de dólares en el último año (1). Dentro de este contexto, la provincia de Tungurahua ocupa un lugar estratégico al concentrar la mayor producción de huevos del país con una participación de 39.39% del total nacional, seguida por Cotopaxi con un 36.57%, a diferencia del resto de provincias, donde el porcentaje de producción resulta significativamente menor (2).

Dentro de este panorama el crecimiento ha sido notable en los últimos años. En 2023 se registraron 61.3 millones de aves criadas en planteles avícolas; para el año 2024 la cifra ascendió a 62 millones y en los datos más recientes de 2026 alcanzó los 83.2 millones, lo que refleja un crecimiento acelerado (3). A raíz de lo mencionado, el problema central que guía esta investigación radica en que, a medida que crece la producción, las granjas enfrentan dos aspectos que se han estudiado de forma separada pero que ocurren al mismo tiempo. Por un lado, deben gestionar la bioseguridad para proteger la salud de las aves y prevenir enfermedades y, por otro lado, deben aprovechar de manera eficiente sus instalaciones, es decir, usar adecuadamente su

capacidad instalada. Sin embargo, no se conoce con claridad si una mejor bioseguridad ayuda a aprovechar al máximo las instalaciones, o tanta inversión en protección provoca que se desaproveche el espacio disponible.

En este contexto, los predios avícolas se posicionan como unidades empresariales. Desde la Teoría Clásica de la Administración, se requiere planear, organizar, dirigir y controlar para alcanzar los objetivos (4). Además, estos recintos avícolas integran diferentes tipos de recursos que deben coordinarse entre sí para asegurar la continuidad de las operaciones, no obstante, la concentración de aves en los galpones puede favorecer la aparición y propagación de enfermedades. Por ello, la elección de Tungurahua como territorio de estudio se justifica por datos oficiales que demostraron que tras el primer caso de influenza aviar en noviembre de 2022, se declaró la emergencia zoosanitaria y se priorizó la vacunación en esta provincia (5). Posteriormente en noviembre de 2023, se emitió una recomendación oficial para intensificar las medidas de bioseguridad (6).

Bajo esta perspectiva, la bioseguridad se define como un conjunto de acciones o medidas adoptadas para mitigar la introducción, consolidación y propagación de enfermedades tanto al interior como entre explotaciones avícolas. De acuerdo con Ismael et al. (7) mencionan que la bioseguridad se enmarca en categorías conceptuales, estructurales y operativas. Aun así, su implementación varía entre establecimientos por diferencias en infraestructura, tipo de producción y conocimiento, lo cual desde la Teoría de la Contingencia se explica que no existe una única forma óptima de organizar, puesto que la gestión depende de las características específicas de cada unidad productiva (8).

De este modo, para este estudio se entiende que la gestión de la bioseguridad es el componente administrativo que posibilita un manejo integral de los predios avícolas. Al situar a la gestión como elemento central, el conjunto de prácticas aisladas de la bioseguridad se transforma en un sistema ordenado y continuo, capaz de cubrir todas las áreas y procesos de la granja, lo que asegura la protección ante riesgos y la sostenibilidad de la producción.

Por otro lado, con respecto a la capacidad instalada, Slack y Jones (9) mencionan que se encuentra entre lo más importante de un negocio. Estos autores explican que la capacidad define cuánto puede producir o alojar una instalación con los recursos que tiene disponibles. En la misma línea, desde la Administración de Operaciones, Heizer et al. (10) señalan que lo verdaderamente útil no es conocer solamente ese límite máximo, sino saber cuánto de ese potencial se aprovecha realmente. Cuando una granja no aloja la cantidad máxima que podría albergar, se genera capacidad ociosa, pero esto no implica una deficiencia en su gestión, dado que mantener espacios desocupados llega a ser una decisión estratégica para garantizar el bienestar animal y la productividad de los lotes.

Estudios a nivel mundial como el de Ziebe et al. (11) evaluaron a 57 granjas avícolas en Adamawa y el Norte de Camerún, comprobaron que las explotaciones con mejores estándares de bioseguridad registraron resultados favorables y menores tasas de mortalidad. Por su parte, Tsegaye et al. (12) en su indagación en Etiopía observaron que las granjas pequeñas presentaban niveles significativamente más bajos de bioseguridad en comparación con las de mayor tamaño.

De este modo, se evidencia que contar con una explotación más grande no significa que se gestione mejor, es decir, mientras las instalaciones mayores disponen de más recursos, también manejan operaciones más complejas que exigen procedimientos ordenados y constantes, en tanto que las explotaciones menores suelen enfrentar limitaciones económicas o de personal que dificultan la aplicación de ciertas prácticas.

En el ámbito latinoamericano, Solano (13) en un diagnóstico realizado en Colombia, encontró un cumplimiento promedio de los procedimientos operativos y diferencias marcadas entre las granjas registradas y las no registradas. Esta situación refleja una brecha considerable en la formalización administrativa del sector, en la cual la bioseguridad se percibe más como una exigencia normativa que como una decisión de gestión.

En el contexto ecuatoriano, Tisalema et al. (14) tras estudiar 148 unidades de producción, establecieron que la capacidad instalada se aprovecha en un destacado promedio y que la forma de organizar las actividades cambia según el tamaño, el tipo de producción y los recursos disponibles en cada granja. Desde otra perspectiva, Ramos et al. (15) analizaron el riesgo sanitario derivado de la concentración de explotaciones avícolas en el mismo territorio, por lo que se concluyó que, la cercanía entre granjas con bajos estándares de bioseguridad incrementa notablemente el riesgo de propagación de enfermedades.

A partir de lo revisado, el presente estudio busca aportar a la literatura, dado que hasta el momento no se han identificado investigaciones que relacionen directamente la gestión de la bioseguridad con el grado de aprovechamiento de la capacidad instalada. Esta carencia de información impide comprender si las explotaciones que gestionan mejor su bioseguridad aprovechan de manera eficiente su infraestructura, o viceversa. En consecuencia, la pregunta que orienta este estudio es: ¿De qué manera se relacionan la gestión de la bioseguridad y el uso de la capacidad instalada en las granjas avícolas de Tungurahua, Ecuador? Con el fin de dar respuesta a esta interrogante la investigación recurrirá al Análisis de Clases Latentes (ACL), herramienta que permite distinguir distintas clases que, en este estudio se nombrarán 'Perfiles'. De este modo, se espera generar información útil que oriente mejores decisiones administrativas y fortalezca el desempeño operativo del sector avícola en la provincia.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se basó en un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental dado que no se manipuló variables (16). Además, se desarrolló bajo un corte transversal pues la data empleada corresponde a un periodo específico, derivada de una fuente secundaria perteneciente a la información del Catastro Avícola del INEC mediante el sistema de Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) del último año disponible. En concordancia con el objetivo mencionado, el alcance de esta investigación es correlacional, puesto que se pretende encontrar asociación, mas no causalidad (17).

Por otro lado, para el objeto de estudio se analizó los 303 predios avícolas de Tungurahua presentados en el catastro. Sin embargo, en la depuración de la información se excluyó la

explotación que reflejaba inconsistencias, por lo que, se consideró a 302 predios para este estudio.

Se aplicó el Análisis de Clases Latentes (ACL) conocido en inglés como Latent Class Analysis (LCA), entendido como una técnica estadística que permite identificar clases o grupos relativamente heterogéneos a partir de un conjunto de ítems o indicadores (18). Las clases se denominaron latentes debido a que no se observaron directamente, sino que se infirieron mediante los patrones de respuesta registrados en los indicadores analizados (19). Para llevar a cabo el análisis mencionado, se empleó la siguiente fórmula:

$$\Pr(Y_1, Y_2, \dots, Y_J) = \sum_{k=1}^{K} \pi_k \prod_{j=1}^{J} \Pr(Y_j | X = K)$$

**Donde:**

- $\mathbf{Pr}(\boldsymbol{Y_1}, \boldsymbol{Y_2}, \dots, \boldsymbol{Y_J})$ : probabilidad del patrón de respuestas observado.
- $\boldsymbol{K}$**:** número de clases latentes (perfiles).
- $\boldsymbol{k}$ **:** índice que recorre cada clase (de 1 a K).
- $\boldsymbol{\pi_k}$ **:** probabilidad de pertenecer a la clase $k$, es decir el tamaño de perfil.
- $\boldsymbol{J}$ **:** número de ítems o indicadores
- $\boldsymbol{j}$ **:** índice que recorre cada ítem (de 1 a J).
- $\mathbf{Pr}(\boldsymbol{Y_j} | \boldsymbol{X} = \boldsymbol{k})$ : probabilidad condicional de responder al item $j$ dado pertenecer a la clase $k$.
- $\boldsymbol{X}$**:** es la variable latente misma.

El procedimiento se desarrolló mediante el enfoque ingenuo de tres pasos; 1. el modelo de medición se estima solo, 2. las unidades se asignan a clases latentes, 3. las asignaciones de clases posteriores se relacionan con las covariables; y con dos análisis complementarios. En esta misma línea, Bolck et al. (20) señalaron que, en este enfoque, el paso 2 presenta un error de clasificación. Sin embargo, Bakk y Kuha (21) argumentan que cuando existe una buena separación de clases (entropía > 0.80) el sesgo disminuye notablemente, acercándose a los resultados de los enfoques con corrección.

**Paso 1. El modelo de medición se estima solo**

En este estudio, la variable latente fue la gestión de la bioseguridad (clases latentes), mientras que los indicadores observados representaron las prácticas de bioseguridad implementadas en las unidades productivas, provenientes del componente de "Información de bioseguridad" del catastro avícola. Específicamente, se consideraron doce indicadores ($\boldsymbol{J}$): Cerca perimetral, Malla antipájaros, Duchas y cambio de ropa, Sistema de desinfección, Alimentos protegidos del ambiente externo, Red de agua potable para consumo animal, Registro de consumo de alimento, agua, producción, Control de acceso de perros y gatos, Control de insectos, Control de roedores, Reportes de morbilidad/mortalidad, Plan de sacrificio sanitario. Para una mejor visualización, se presentan en la Figura 1. Asimismo, se asumió el supuesto de independencia local, según el cual,

una vez considerada la pertenencia a una clase latente, las respuestas a los indicadores son condicionalmente independientes entre sí.

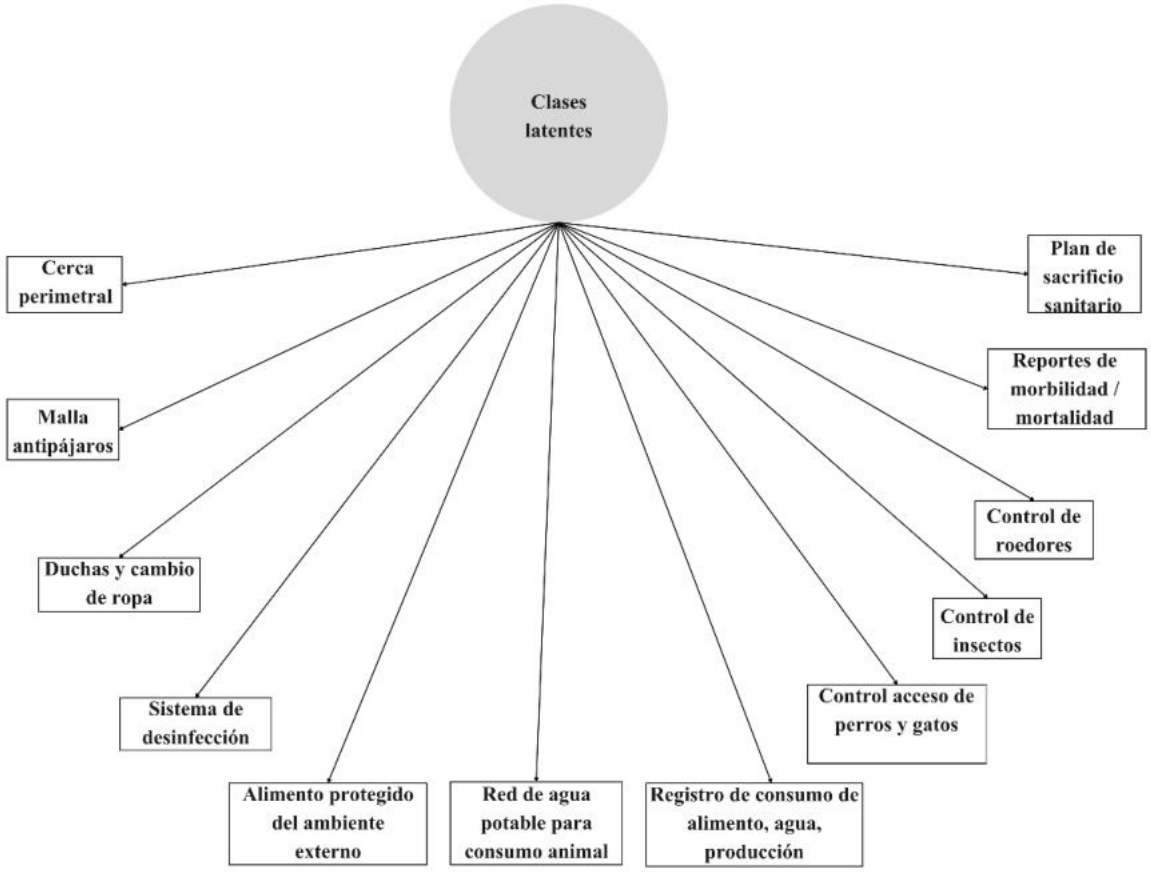



***Figura 1. Indicadores de bioseguridad.***

***Elaboración propia.***

***Nota.*** *Cajas: indicadores observados; círculo: variable no observable o latente.*

Seguidamente para determinar el número óptimo de clases latentes se compararon criterios como Criterio de Información de Akaike (AIC), Criterio de Información Bayesiano (BIC), Ajuste del Criterio de Información Bayesiano (aBIC), donde el valor más bajo, indicó el mejor ajuste. Además, los resultados de la prueba de Razón de Verosimilitud de Bootstrap (BLRT), evitaron que se incluya clases innecesarias, debido a que, se requiere un p-valor ≤ 0.05 (22). También se tomó en cuenta la calidad de la separación de clases (entropía >0.80 = adecuada separación), y a su vez se verificó que ninguna clase sea tan pequeña (< 5%) que no tenga sentido estadístico ni conceptual (tamaño mínimo de clase) (23).

Se estimaron las probabilidades condicionales de los indicadores en cada perfil y se contrastó con la literatura para nombrarlos.

**Paso 2. Asignar unidades a las clases latentes**

Tras la estimación del modelo de clases latentes, se calcularon las probabilidades posteriores para cada granja, a fin de asignarlas al perfil de mayor probabilidad. Además, se cuantificó el error de clasificación, y la precisión media de asignación, lo que permitió que la clasificación proporcione una base para los análisis posteriores (21).

**Análisis complementario 1**

Para el cálculo del Uso de la Capacidad Instalada (UCI) se empleó la siguiente fórmula:

$$UCI = \frac{Capacidad\ de\ aves\ ocupada}{Capacidad\ de\ aves\ instalada} \times 100$$

**Donde:**

- $\boldsymbol{Capacidad\ de\ aves\ ocupada}$ : número de aves que se registraron en el momento específico del levantamiento de la información.
- $\boldsymbol{Capacidad\ de\ aves\ instalada}$: número de aves totales que puede albergar el predio.

Los valores de UCI superiores al 100 %, indicaron que la capacidad ocupada superó la capacidad instalada. Estos casos corresponden a una respuesta orientada a mayores ganancias económicas debido a la creciente demanda de productos de origen avícola (24). Se mantuvieron estos valores por constituir una práctica real y documentada.

Una vez calculado el UCI, se evaluó la distribución de los datos del UCI mediante un gráfico Q-Q y con la prueba de Shapiro Wilk (3 grupos <50 observaciones), se verificó el supuesto de normalidad, en donde un p-valor ≤ 0.05, significaba no normalidad en los datos. Adicional a esto, se empleó un diagrama de cajas y bigotes para explorar visualmente cómo se comportaba el UCI dentro de cada perfil de bioseguridad, con lo cual se identificó sus medianas y grados de superposición. Además, ante la no normalidad de los datos, se optó por la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis para la verificación de las diferencias significativas (p-valor ≤ 0.05) entre los perfiles de gestión de bioseguridad y el UCI (25).

Se complementó con la prueba Post hoc de Dunn para distinguir entre que pares de perfiles específicamente se encontraban las diferencias, pero debido a que, múltiples comparaciones provocan la probabilidad de error tipo I, se aplicó la corrección de Holm sobre el valor p. Se eligió esta corrección por ser menos conservadora y detectar eficientemente las diferencias reales existentes. En función de ello, se consideraron estadísticamente significativas las comparaciones que presentaron un valor p ajustado ≤ 0.05 (26).

**Paso 3. Ajusta el modelo con las covariables**

Se estimó un modelo de regresión logística multinomial, debido a que permitió identificar qué factores se asocian a la probabilidad de pertenecer a cada uno de los perfiles identificados. Este modelo es adecuado porque la asignación de los perfiles como variable latente en la regresión,

es categórica, con más de dos categorías no ordenadas, lo que permite estimar simultáneamente la probabilidad de pertenecer a cada perfil con categorías de referencia (27).

En este caso, se seleccionó como categoría de referencia de la variable latente, el perfil que representaba el patrón deseable de gestión. Asimismo, para las variables predictoras, se eligió como referencia el cantón y el propósito de explotación que constituían los sistemas productivos y territoriales representativos de la provincia. Esta elección de categorías por representatividad permite una interpretación más clara de los resultados (28).

Para mostrar los resultados se utilizaron Odds Ratio (OR) así como intervalos de confianza (IC95%) y valores p. Autores como Otieno et al. (29) señalan que OR indica la magnitud y dirección de la relación donde valores menores a 1 revelan que el predictor disminuye la probabilidad de pertenecer al perfil con respecto al de referencia, valores mayores en cambio aumentan esa probabilidad. Por su parte el IC 95% informa sobre la precisión de la estimación y si no incluye valor de 1, indica asociación estadísticamente significativa (p-valor ≤ 0.05).

Para la bondad de ajuste del modelo se aplicó la prueba de verosimilitud para determinar si incluir los predictores aportaba información relevante para predecir la pertenencia a los perfiles ($p \leq 0.05$) o si por el contario no añadía nada ($p > 0.05$). A su vez, se utilizó el pseudo $R^2$ de McFadden; una medida que cuantifica la magnitud de la mejora en la capacidad predictiva del modelo; puesto que se considera estándar en este tipo de regresiones, donde la variable dependiente es categórica y el modelo se estima por máxima verosimilitud. Si bien Nzuzi et al. (30) mencionan que valores de $R^2$ de McFadden entre 0.2 – 0.4 son aceptables. Por su parte, Greene (31) argumenta que valores bajos son esperados en modelos multinomiales, especialmente cuando las preferencias son heterogéneas.

**Análisis complementario 2**

Finalmente, para evaluar la solidez de los hallazgos se realizó un análisis de sensibilidad para lo cual se excluyó a las unidades productivas que presentaban un valor UCI mayor al 100%, el análisis de regresión logística multinomial se repitió con esta muestra depurada para comparar los resultados obtenidos con los del análisis completo y con esto se verificó la estabilidad de las asociaciones.

Para todas las etapas mencionadas se utilizó el software estadístico R(Versión 4.6.1), los paquetes utilizados fueron los siguientes: poLCA con el algoritmo EM y nnet para el enfoque de tres pasos, el paquete FSA para Kruska-Wallis y Dunn con ajuste de Holm con su función principal dunnTest(). De este modo, se contó con las herramientas necesarias para procesar la información y examinar con rigor la relación entre la gestión de bioseguridad y el uso de la capacidad instalada en los predios avícolas.

# RESULTADOS

A continuación, se presentan los hallazgos conforme a la metodología descrita previamente.

## Paso 1. El modelo de medición se estima solo

Por consiguiente, en la Tabla 1 se compara los criterios de ajuste para seleccionar el número de clases o perfiles óptimos en este estudio.

***Tabla 1. Métricas de ajuste de LCA.***

| Clases | logLik | BIC | AIC | aBIC | Entropía | clase min | BLRT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | -1440.06 | 3022.88 | 2930.12 | 2943.59 | 0.942 | 23.2 | 0 |
| 3 | -1356.62 | 2930.24 | 2789.24 | 2809.72 | 0.903 | 13 | 0 |
| 4 | -1315.17 | 2921.57 | 2732.34 | 2759.83 | 0.931 | 8.1 | 0 |
| 5 | -1295.99 | 2957.45 | 2719.99 | 2754.48 | 0.938 | 8 | 0 |
| 6 | -1281.96 | 3003.63 | 2717.93 | 2759.43 | 0.943 | 6.1 | 0.6 |

***Elaboración propia.***

***Nota: Datos obtenidos a través del software RStudio.***

Se comparó conjuntamente los criterios de información, la prueba BLRT, la entropía y el tamaño mínimo de clase. De este modo, se encontró que el AIC favoreció la solución de 6 clases, el BIC alcanzó su valor más bajo en 4 clases y el aBIC resultó ligeramente inferior en 5 clases. No obstante, la solución de 6 clases se descartó, dado que la prueba BLRT, mediante 50 réplicas bootstrap, indicó que añadir clases adicionales luego de la quinta, era innecesario. Por tanto, la decisión quedó entre las soluciones de 4 y 5 clases que presentaron respectivamente el BIC y aBIC. Si bien la solución de 5 clases produjo el valor más bajo de aBIC, la mejora en el ajuste con respecto a la de 4 clases fue mínima (2759.83 – 2754.48) (23). Bajo esta consideración y dado que el BIC se considera el criterio más confiable y parsimonioso para la selección de número de clases se escogió el modelo de 4 clases (22). Además, la entropía se sitúo por encima de 0.80, lo que significó una adecuada separación de clases. En cuanto al tamaño mínimo de la clase, este fue mayor al 5%, por lo que tiene sentido estadístico y conceptual.

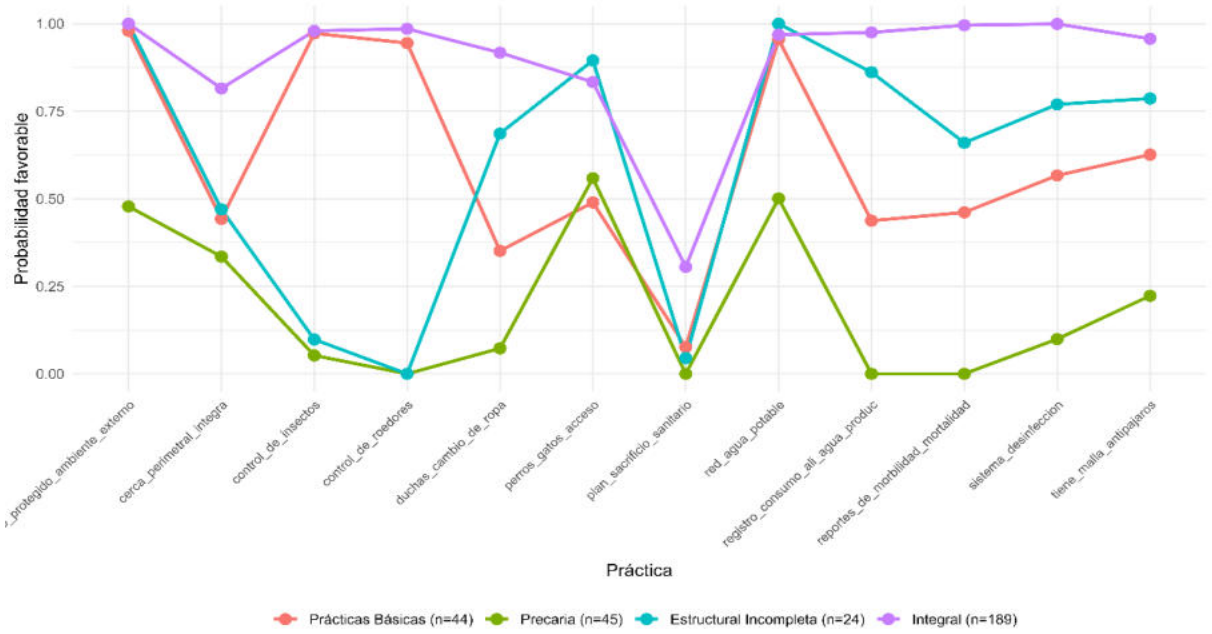



***Figura 2. Perfiles de bioseguridad – Probabilidades de respuesta condicional***
***Elaboración propia.***
***Nota. Datos obtenidos a través del software RStudio.***

Seguido a esto, como se muestra en la Figura 2, las líneas representan los perfiles de gestión identificados. Se comenzó por la línea roja, esta clase se caracterizó por presentar una alta probabilidad en prácticas como alimentos protegidos del ambiente externo, red de agua potable, así como en el control de insectos y control de roedores, pero mostró limitaciones en otras prácticas más estructuradas. Al contrastar con la literatura, Oliveira et al. (32) señalan que estas medidas son vitales dado que variaciones negativas en la gestión del agua y alimento, puede convertirse en un punto crítico para la implementación de las demás prácticas. Por tal motivo, se denominó: *Perfil de Gestión de Bioseguridad de Prácticas Básicas.*

En una segunda instancia, la línea de color verde refleja un perfil de bioseguridad que se nombró como: *Perfil de Gestión de Bioseguridad Precaria*, dado que evidenció una limitada probabilidad de cumplimiento en la mayoría de las prácticas. Investigaciones como las de Otieno et al. (29) identificaron perfiles similares, caracterizados por una baja adopción de prácticas de bioseguridad.

Por otro lado, la línea con tonalidad cian reflejó debilidades importantes en el control de insectos y roedores, así como en el plan de sacrificio sanitario que, dicho sea de paso, fue la práctica de bioseguridad que registró menor probabilidad de implementación en los cuatro perfiles identificados. De acuerdo con Dhakal et al. (33) se diferencia a las medidas estructurales de las operacionales, por ende, al existir una base estructural pero no un cumplimiento total de las prácticas se reconoció como: *Perfil de Gestión de Bioseguridad Estructural Incompleta.*

Por último, la línea morada, que se sitúa en la parte superior del gráfico, mostró alta probabilidad de cumplimiento en prácticamente todas las medidas evaluadas. En la literatura, Tujimoto et al.

(34) indican que una bioseguridad integral combina prácticas estructurales y operacionales de manera conjunta. En función de los señalado, se catalogó como: *Perfil de Gestión de Bioseguridad Integral.*

### Paso 2. Asignar unidades a las clases latentes

Como se indicó, la entropía fue alta (0.9306), que representó una adecuada separación de clases. Sumado a esto, el error de clasificación fue mínimo (0.0341) que equivale a una precisión aproximada de 96.6%. Los perfiles evidenciaron diferentes tamaños muestrales. El *Perfil de Gestión de Bioseguridad de Prácticas Básicas* concentró el 14.6%, correspondiente a 44 granjas. En cuanto al *Perfil de Gestión de Bioseguridad Precaria* agrupó el 14.9%, equivalente a 45 unidades avícolas. Por otro lado, el *Perfil de Gestión de Bioseguridad Estructural Incompleta* reunió al 7.9%, conformado por 24 explotaciones. Finalmente, el *Perfil de Gestión de Bioseguridad Integral* comprendió el 62.6%, es decir 189 instalaciones avícolas.

A partir de esto, se determinó que la clasificación de granjas fue válida para los análisis siguientes.

### Análisis Complementario 1

***Tabla 2. Descriptivos UCI.***

| Min | 1st Quartil | Mediana | Media | 3rd Quartil | Max | Desv.Estándar |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | 39.17 | 73.33 | 64.33 | 98.82 | 125.00 | 36.15 |

***Elaboración propia.***

***Nota: Datos derivados del software RStudio.***

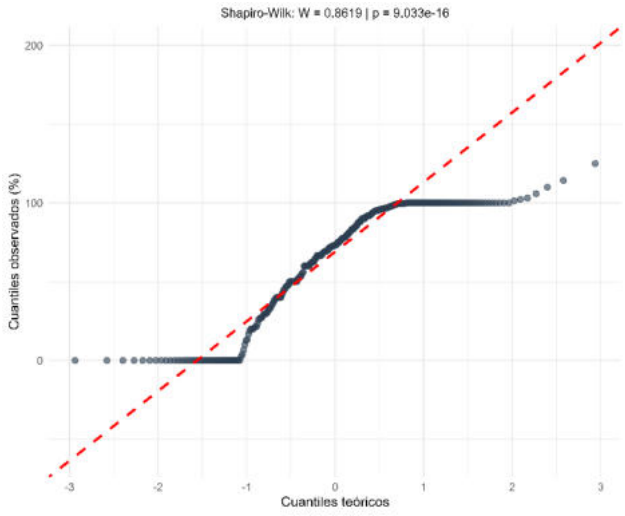



***Figura 3. Distribución del uso de capacidad instalada (UCI).***

***Elaboración propia.***

***Nota. Datos obtenidos a través del software RStudio.***

Tras el cálculo del UCI, para evaluar la distribución de los datos, se utilizó el grafico Q-Q como se muestra en la Figura 3, que reveló desviaciones especialmente en los extremos. Asimismo, los resultados de Shapiro Wilk fueron significativos (W=0.8619; p-valor ≤ 0.05) por lo que, se rechazó el supuesto de normalidad en los datos del UCI.

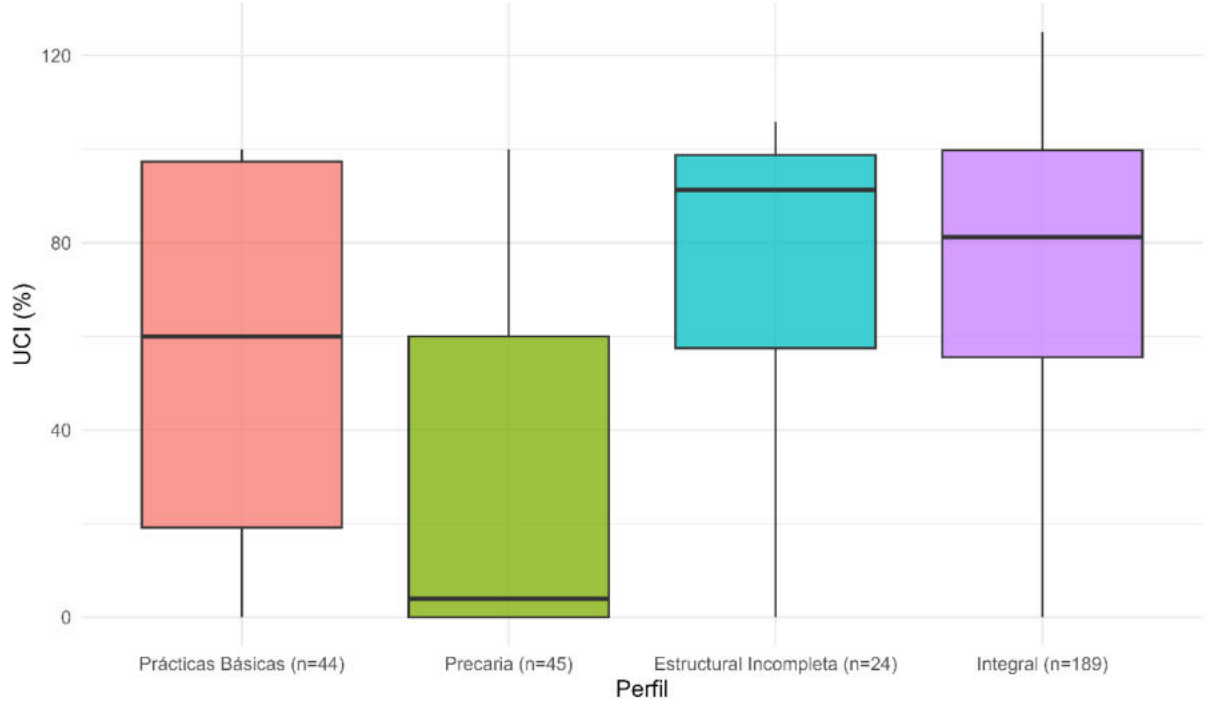



***Figura 4. Distribución de UCI por perfil de bioseguridad.***

***Elaboración propia.***

***Nota. Datos obtenidos a través del software RStudio.***

También, se presenta la distribución del UCI por perfil de bioseguridad mediante un diagrama de cajas y bigotes, en la Figura 4. Primero, el *Perfil de Gestión de Bioseguridad de Prácticas Básicas* mostró una mediana de 60%. Por su parte, el perfil que presentó la mediana más baja (3.93%) fue el de *Gestión de Bioseguridad Precaria*. Además, tanto el *Perfil de Gestión de Bioseguridad Estructural Incompleta* (91.27%) como el de *Gestión de Bioseguridad Integral* (81.25%) registraron las medianas más altas; asimismo, sus cajas concentraban valores superiores al 60% y revelaban una gran superposición entre sí, lo que sugería niveles de utilización similares. La concentración de observaciones en 0% se explican por el vacío sanitario o proceso de limpieza derivado del cumplimiento de los protocolos de desinfección. Por otra parte, los registros de sobreocupación (125%) se debieron a situaciones de saturación de las instalaciones documentadas en la producción avícola.

Los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis confirmaron diferencias altamente significativas en el UCI según la forma de gestión de bioseguridad (H = 43.2489, gl = 3, p ≤ 0.05). Por consiguiente, la Tabla 3 describe las comparaciones por pares mediante la prueba post hoc de Dunn con ajuste de Holm.

***Tabla 3. Prueba post hoc de Dunn con ajuste de Holm***

| Comparacion | Z | p_valor_bruto | p_valor_ajustado_Holm | Significativo |
|---|---|---|---|---|
| Perfil_1 - Perfil_2 | 2.6131 | 0.009 | 0.0269 | * |
| Perfil_1 - Perfil_3 | -2.0685 | 0.0386 | 0.0772 | |
| Perfil_2 - Perfil_3 | -4.2685 | 0 | 0.0001 | * |
| Perfil_1 - Perfil_4 | -2.8407 | 0.0045 | 0.018 | * |
| Perfil_2 - Perfil_4 | -6.2066 | 0 | 0 | * |
| Perfil_3 - Perfil_4 | 0.2281 | 0.8196 | 0.8196 | |

***Elaboración propia*.**

***Nota: Datos obtenidos a través del software RStudio.***

Se revisó el p-valor ajustado de Holm, donde el *Perfil de Gestión de Bioseguridad Precaria* (Perfil 2) presentó valores de UCI significativamente inferiores a los del *Perfil de Gestión de Bioseguridad de Prácticas Básicas* (Perfil 1) con un p ajustado = 0.0269.

Por otro lado, cuando se comparó el Perfil 2 con el *Perfil de Gestión de Bioseguridad Estructural Incompleta* (Perfil 3) mostró esta misma relación, con un p ajustado = 0.0001. Al igual que ocurrió al comparar el Perfil 2 con el *Perfil de Gestión de Bioseguridad Integral* (Perfil 4) la significancia inferior se mantuvo (p ajustado < 0.05). A su vez el Perfil 4 reportó un UCI significativamente superior al Perfil 1 (p ajustado = 0.018). Por el contrario, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el Perfil 1 y el Perfil 3 (p ajustado= 0.0772), ni entre el Perfil 3 y el Perfil 4 (p ajustado = 0.8196). De manera conjunta los resultados señalaron que las granjas que apenas aplicaron medidas de bioseguridad (Perfil 2) son las que menos aprovechaban sus instalaciones.

**Paso 3. Ajustar el modelo con las covariables**

Las categorías de referencia para estimar el modelo de regresión logística multinomial fueron: *Perfil de Gestión de Bioseguridad Integral* (62.6%), cantón San Pedro de Pelileo (48.7%) y el propósito de explotación Ponedoras Comerciales (75.2%).

*Tabla 4. Regresión Logística Multinomial*

| Comparación | Predictor | OR ( IC 95% ) |
|---|---|---|
| Perfil de Gestión de Bioseguridad de Prácticas Básicas | (Intercept) | 0.388* (0.159 - 0.951) |
| | UCI | 0.984* (0.974 - 0.995) |
| | AMBATO | 1.554 (0.669 - 3.608) |
| | BAÑOS DE AGUA SANTA | 0.328 (0.032 - 3.330) |
| | CEVALLOS | 4.117 (0.781 - 21.718) |
| | MOCHA | 1.982 (0.449 - 8.752) |
| | PATATE | 2.526 (0.640 - 9.981) |
| | QUERO | 7.164 (0.839 - 61.175) |
| | SANTIAGO DE PÍLLARO | 0.484 (0.051 - 4.621) |
| | TISALEO | 0* (0 - 0) |
| | proposito_de_explotacion Otros | 2.713 (0.464 - 15.857) |
| | Planta incubadora y otros | 1.877 (0.286 - 12.331) |
| | Pollos de engorde | 2.473 (0.887 - 6.896) |
| Perfil de Gestión de Bioseguridad Precaria | (Intercept) | 0.807 (0.352 - 1.852) |
| | UCI | 0.97* (0.960 - 0.981) |
| | AMBATO | 1.687 (0.726 - 3.918) |
| | BAÑOS DE AGUA SANTA | 0.471 (0.069 - 3.239) |
| | CEVALLOS | 0* (0 - 0) |
| | MOCHA | 0.499 (0.052 - 4.776) |
| | PATATE | 0* (0 - 0) |
| | QUERO | 3.611 (0.238 - 54.739) |
| | SANTIAGO DE PÍLLARO | 1.458 (0.315 - 6.759) |
| | TISALEO | 1.208 (0.035 - 42.124) |

| | | |
|---|---|---|
| | proposito_de_explotacion Otros | 4.582* (1.047 - 20.063) |
| | Planta incubadora y otros | 1.595 (0.222 - 11.445) |
| | Pollos de engorde | 2.379 (0.841 - 6.724) |
| Perfil de Gestión de Bioseguridad Estructural Incompleta | (Intercept) | 0.051* (0.011 - 0.247) |
| | UCI | 1.01 (0.993 - 1.027) |
| | AMBATO | 0.514 (0.138 - 1.917) |
| | BAÑOS DE AGUA SANTA | 1.462 (0.196 - 10.886) |
| | CEVALLOS | 2.687 (0.265 - 27.260) |
| | MOCHA | 0* (0 - 0) |
| | PATATE | 0* (0 - 0) |
| | QUERO | 0* (0 - 0) |
| | SANTIAGO DE PÍLLARO | 4.958* (1.245 - 19.744) |
| | TISALEO | 0* (0 - 0) |
| | proposito_de_explotacion Otros | 5.042* (1.021 - 24.906) |
| | Planta incubadora y otros | 0* (0 - 0) |
| | Pollos de engorde | 2.246 (0.539 - 9.355) |

***Elaboración Propia.***

***Nota: OR, Odds Ratio; p-valor < 0,05 *; (IC 95%), Intervalo de Confianza inferior-superior. En base a los resultados del software RStudio.***

La Tabla 4 presenta valores OR que denotaban al UCI como predictor significativo para el *Perfil de Gestión de Bioseguridad de Prácticas Básicas* (OR= 0.984*, (0.974 - 0.995)) así como para el *Perfil de Gestión de Bioseguridad Precaria* (OR= 0.970*, (0.960 - 0.981)), lo que dejó ver que a mayor utilización de la capacidad instalada disminuye la probabilidad de pertenecer a estos perfiles en lugar del perfil integral. Mientas que el UCI no diferenció al perfil 3 del perfil de referencia (OR= 1.01, (0.993 - 1.027)) lo que coincidió con los resultados similares entre sí, acerca del aprovechamiento de la capacidad.

Por otro lado, la ubicación geográfica, es decir, el cantón mostró asociaciones significativas especialmente en Santiago de Píllaro que registró una probabilidad elevada de pertenecer al *Perfil de Gestión de Bioseguridad Estructural Incompleta* (OR= 4.958*, (1.245 - 19.744)), mientras que

otros cantones se asociaron en mayor medida al *Perfil de Gestión de Bioseguridad Integral*. Como último predictor el propósito de explotación '*Otros*', compuesto por predios de producción de codornices, gallos de pelea y otros, también reportó mayor probabilidad de pertenecer al *Perfil de Gestión de Bioseguridad Estructural Incompleta* (OR= 5.042*, (1.021 - 24.906)). Por su parte, valores de 0* , (0 - 0), muestran que no se encontraron casos en esa categoría.

A partir de esto se evidenció que la gestión de la bioseguridad no solo responde a criterios productivos sino a componentes contextuales, como la ubicación geográfica y tipo de explotación.

La prueba de verosimilitud indicó que el incluir los predictores, mejoró significativamente el modelo en comparación con el modelo nulo ($\chi^2$ = 108.18, gl = 36, p ≤ 0.05). Paralelamente el pseudo de $R^2$ McFadden fue de 0.169 (17%), un valor esperado debido a las preferencias heterogéneas por lo que se consideró una magnitud de mejora coherente.

## Análisis Complementario 2

En seguida se presenta en la Tabla 5 el análisis de sensibilidad en donde se excluyeron los casos de valores atípicos del UCI, que representaban el 2.3% de la población de objeto de estudio (7 casos).

***Tabla 5. Análisis de sensibilidad.***

| Comparación | Predictor | Completo | Sensibilidad |
|---|---|---|---|
| | | OR ( IC 95% ) | OR ( IC 95% ) |
| Perfil de Gestión de Bioseguridad Prácticas Básicas | (Intercept) | 0.388* (0.159 - 0.951) | 0.375* (0.152 - 0.923) |
| | UCI | 0.984* (0.974 - 0.995) | 0.985* (0.975 - 0.995) |
| | AMBATO | 1.554 (0.669 - 3.608) | 1.587 (0.681 - 3.696) |
| | BAÑOS DE AGUA SANTA | 0.328 (0.032 - 3.330) | 0.331 (0.033 - 3.361) |
| | CEVALLOS | 4.117 (0.781 - 21.718) | 4.111 (0.783 - 21.588) |
| | MOCHA | 1.982 (0.449 - 8.752) | 2.102 (0.468 - 9.439) |
| | PATATE | 2.526 (0.640 - 9.981) | 2.469 (0.627 - 9.724) |
| | QUERO | 7.164 (0.839 - 61.175) | 6.989 (0.824 - 59.255) |
| | SANTIAGO DE PÍLLARO | 0.484 (0.051 - 4.621) | 0.491 (0.052 - 4.670) |
| | TISALEO | 0* (0 - 0) | 0* (0 - 0) |
| | proposito_de_explotacion Otros | 2.713 (0.464 - 15.857) | 2.676 (0.46 - 15.576) |
| | Planta incubadora y otros | 1.877 (0.286 - 12.331) | 1.887 (0.289 - 12.328) |
| | Pollos de engorde | 2.473 (0.887 - 6.896) | 2.454 (0.883 - 6.82 ) |
| Perfil de Gestión de Bioseguridad Precaria | (Intercept) | 0.807 (0.352 - 1.852) | 0.794 (0.346 - 1.822) |
| | UCI | 0.97* (0.960 - 0.981) | 0.971* (0.96 - 0.982) |
| | AMBATO | 1.687 (0.726 - 3.918) | 1.699 (0.73 - 3.952) |
| | BAÑOS DE AGUA SANTA | 0.471 (0.069 - 3.239) | 0.475 (0.069 - 3.255) |
| | CEVALLOS | 0* (0 - 0) | 0* (0 - 0) |
| | MOCHA | 0.499 (0.052 - 4.776) | 0.515 (0.053 - 4.97 ) |
| | PATATE | 0* (0 - 0) | 0* (0 - 0) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Perfil de Gestión de Bioseguridad Estructural Incompleta | QUERO | 3.611 (0.238 - 54.739) | 3.521 (0.234 - 53.036) |
| | SANTIAGO DE PÍLLARO | 1.458 (0.315 - 6.759) | 1.478 (0.321 - 6.811) |
| | TISALEO | 1.208 (0.035 - 42.124) | 1.203 (0.036 - 40.568) |
| | proposito_de_explotacion Otros | 4.582* (1.047 - 20.063) | 4.556* (1.046 - 19.836) |
| | Planta incubadora y otros | 1.595 (0.222 - 11.445) | 1.596 (0.223 - 11.408) |
| | Pollos de engorde | 2.379 (0.841 - 6.724) | 2.363 (0.838 - 6.657) |
| | (Intercept) | 0.051* (0.011 - 0.247) | 0.055* (0.011 - 0.267) |
| | UCI | 1.01 (0.993 - 1.027) | 1.009 (0.992 - 1.026) |
| | AMBATO | 0.514 (0.138 - 1.917) | 0.358 (0.076 - 1.681) |
| | BAÑOS DE AGUA SANTA | 1.462 (0.196 - 10.886) | 1.363 (0.182 - 10.187) |
| | CEVALLOS | 2.687 (0.265 - 27.260) | 2.61 (0.257 - 26.472) |
| | MOCHA | 0* (0 - 0) | 0* (0 - 0) |
| | PATATE | 0* (0 - 0) | 0* (0 - 0) |
| | QUERO | 0* (0 - 0) | 0* (0 - 0) |
| | SANTIAGO DE PÍLLARO | 4.958* (1.245 - 19.744) | 4.718* (1.184 - 18.801) |
| | TISALEO | 0* (0 - 0) | 0* (0 - 0) |
| | proposito_de_explotacion Otros | 5.042* (1.021 - 24.906) | 5.087* (1.02 - 25.355) |
| | Planta incubadora y otros | 0* (0 - 0) | 0* (0 - 0) |
| | Pollos de engorde | 2.246 (0.539 - 9.355) | 2.341 (0.553 - 9.901) |

***Elaboración Propia.***

***Nota. OR, Odds Ratio; p-valor ≤ 0,05 *; (IC 95%), Intervalo de Confianza inferior-superior. En base a los resultados del software RStudio.***

Se mantuvo la estabilidad en el modelo, los coeficientes mostraron desviaciones mínimas. Primero el UCI mantuvo la asociación con el *Perfil de Gestión de Bioseguridad de Prácticas Básicas* (0.985*, (0.975- 0.995)) y *Perfil de Gestión de Bioseguridad Precaria* (0.971* (0.96 - 0.982)), sin diferenciar nuevamente al *Perfil de Gestión de Bioseguridad Estructural Incompleta* del perfil de referencia (1.009(0.992 - 1.026)). Asimismo, el efecto de la ubicación geográfica en Santiago de Píllaro tuvo una disminución mínima (4.718* (1.184 - 18.801)), a la vez el tipo de producción '*Otros*' presentó una variación positiva leve (5.087* (1.02 - 25.355)). Estos resultados demostraron que la robustez de los hallazgos no dependía de casos de sobreutilización de capacidad, por lo que son consistentes y confiables.

## DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio indicaron que la gestión de la bioseguridad en el sector avícola de la provincia de Tungurahua se relaciona de manera diferenciada con el uso de la capacidad instalada. Los perfiles identificados no se disponen en una secuencia lineal, sino que responden a estructuras productivas y territoriales claras. Los hallazgos son consistentes con estudios previos que muestran que la bioseguridad no es un factor aislado, sino un fenómeno complejo determinado en gran parte por la planificación empresarial, la inversión en infraestructura y las

decisiones que garantizan la continuidad operativa y el cumplimiento de los objetivos productivos (35,36).

En este estudio se utilizó el análisis de clases latentes y se observó que las granjas no mejoran la bioseguridad de la misma forma; es decir, cada predio avícola combina las prácticas según su modelo de gestión y sus limitaciones específicas. Ayertey et al. (37) afirmaron que cuando una granja consolida su infraestructura y establece protocolos operativos estandarizados, su desempeño sanitario y su aprovechamiento de la capacidad instalada tienden a mejorar; algo semejante se observó en las explotaciones con bioseguridad integral de la provincia. En África, los sistemas avícolas pequeños y medianos presentaron un caso similar: Otieno et al. (38) reportaron que, al adoptar medidas estructurales, los productores elevaron su eficiencia y lograron una producción más previsible para cumplir con los planes de producción.

Al separar a la bioseguridad en distintos perfiles, se pudo evaluar que no todas las prácticas aportan de la misma forma al desempeño operativo. Lo señalado resulta comparable con los estudios de Bristot y Lima (39) y Waktole et al. (40), quienes encontraron que la bioseguridad impacta de forma distinta en los resultados productivos y sanitarios.

Por otra parte, la ubicación geográfica y el tipo de producción revelaron cambios en el perfil de bioseguridad y el UCI, lo que coincide con hallazgos previos como los de Pao et al. (41), estos autores expusieron que la adopción de prácticas sanitarias depende de factores sociales, experiencias compartidas y, con mayor frecuencia, del contexto territorial; debido a ello, las decisiones de gestión no se basan solo en criterios técnicos, sino también en la influencia del entorno en el que se opera. Adicionalmente, investigaciones similares analizaron el impacto económico de los brotes sanitarios, donde se evidenció que una bioseguridad bien gestionada protege la continuidad de la operación y evita pérdidas por interrupciones no previstas. Lo anterior indica que invertir en prevención también es una decisión administrativa que permite cumplir los objetivos empresariales (42).

A su vez, se manifiesta que el desempeño operativo por sí solo no refleja todo el riesgo sanitario existente. Por consiguiente, se recomienda orientar intervenciones según el perfil identificado o patrón de adopción de prácticas como: reforzar la infraestructura y los procesos donde hay carencias. Asimismo, se sugiere utilizar las dinámicas territoriales observadas para diseñar estrategias que conviertan la bioseguridad en una herramienta de gestión, y no solo una medida sanitaria más que debe cumplirse.

## CONCLUSIONES

En conclusión, en respuesta a la interrogante de esta investigación se encontró que la relación no es uniforme, sino que cada granja presenta sus propias condiciones; cuando la bioseguridad es precaria (Perfil 2), la asociación es directa y positiva pues al mejorar la gestión preventiva se reduce la incertidumbre operativa y la producción se mantiene más constante con referencia al uso de la capacidad instalada. Por el contario en el momento en que la granja cuenta con una buena estructura esta relación se complica, pues ciertas prácticas, aunque son necesarias no

manifiestan de forma inmediata una asociación directa con el aprovechamiento de la capacidad. En función de esto se entiende que diferentes combinaciones de medidas de bioseguridad pueden dar resultados operativos similares tal como se observó en los perfiles 3 y 4.

En términos de gestión empresarial estos hallazgos tienen sentido puesto que la bioseguridad bien integrada es la aplicación concreta de principios básicos de organización. Tal es el caso de que, cuando una unidad productiva implementa protocolos, estandariza procesos, lleva registros y planifica ciclos productivos, ejerce funciones básicas de administración que garantiza una mayor estabilidad operativa. En función de ello se reconoce que la estabilidad de los procesos es necesaria para cumplir los objetivos planeados. Aun así, no hay una forma perfecta que funcione para todas las granjas. Se observó que la ubicación y el propósito de explotación ejercen una influencia considerable sobre las decisiones de gestión. Esta situación se evidencia en que el contexto territorial, el modelo de negocio y las exigencias de cada unidad de explotación definen que prácticas adquieren mayor relevancia y como estas se traducen en resultados. En consecuencia, se debe adaptar las medidas a las condiciones de cada granja.

El aporte de este trabajo es mostrar que la gestión de la bioseguridad es, ante todo, un problema de organización y de adaptación a las circunstancias. Si bien, por una parte, los elementos de planear, organizar, dirigir y controlar explican que, la bioseguridad bien gestionada se asocia con un mejor desempeño. Por otra, la necesidad de ajustar las prácticas al contexto especifico, muestran el por qué esta relación presenta diferencias. Además, adecuarlas al entorno avícola es igual de importante que cumplirlas. Futuras investigaciones podrían estudiar como estas distintas formas de gestión afectan los indicadores económicos y sanitarios a mediano plazo y por ende comprender que la administración preventiva de formas variadas conlleva a la sostenibilidad del sector.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la Dirección de Investigación y Desarrollo (DIDE) de la Universidad Técnica de Ambato. Este trabajo se deriva de los resultados obtenidos en el Proyecto de Investigación denominado “Fortalecimiento comercial para el desarrollo sostenible de las organizaciones asociativas de Tungurahua, Ecuador”, aprobado mediante Resolución Nro. UTA-CONIN-2023-0330 R PFCA29.

Así como, al grupo de investigación Desarrollo Financiero Empresarial (DFE) de la Facultad de Ciencias Administrativas de la Universidad Técnica de Ambato, por su colaboración y contribución al desarrollo de este proyecto de investigación

## DECLARACIÓN DE INTERÉS

Los autores declaran que no existen conflictos de interés relacionados con la investigación, autoría o publicación del presente artículo

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS


1. CONAVE. Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador. Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador. Estadísticas Públicas Información del Sector Avicola Ecuador. (Online); 2026. Recuperado a partir de: https://conave.org/informacion-sector-avicola-publico/
2. MAGP. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Estado de la Producción de Huevos en Ecuador. (Online); 2024. Recuperado a partir de: https://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/situacionales-agricolas-2/situacional-huevos
3. INEC. Instituto Nacional de Estadística y Censos Catálogo de Metadatos Estadísticos. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2025 (Online); 2025. Recuperado a partir de: https://anda.inec.gob.ec/anda5/index.php/catalog/1319
4. Daft R. Management. Boston: Cengage; 2022. 13 p.
5. Cabascango L. Influenza aviar y su impacto en la avicultura ecuatoriana. Anatomía Digital. 2023; 6(2): p. 37- 49.
6. AGROCALIDAD. Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario. Comunicado oficial del 24 de noviembre de 2023. (Online); 2023. Recuperado a partir de: https://www.agrocalidad.gob.ec/comunicado-oficial-del-24-de-noviembre-de-2023/
7. Ismael A, Abdella A, Shimelis S, Tesfaye A, Muktar Y. Assessment of biosecurity status in commercial chicken farms found in Bishoftu Town, Oromia Regional State, Ethiopia. Veterinary Medicine International. 2021; 5591932.
8. Donaldson L. The contingency theory of organizations. London:Foundations for Organizational Science; 2014.
9. Slack N, Jones A. Operationsd and process management. England:Pearson; 2021.
10. Heizer J, Render B, Munson C. Operations Management sustainability and supply chain management. 14th ed. Boston: Pearson; 2023
11. Ziebe S, Vougat R, Akoussa A, Bogning H, Zangue H. Impact of biosecurity on production performance and sntimicrobial usage in broiler farms in Cameroon. Animals. 2025; 15(12): p. 1771.
12. Tsegaye D, Tamir B, Gebru G. Assessment of biosecurity practices and its status in small and medium scale commercial poultry farms in Arsi and EastShowa Zones, Oromia, Ethiopia. Poultry. 2023; 2(2): p. 334-348.
13. Solano R. Caracterización del sistema de bioseguridad en las granjas avícolas, en el municipio de Chinácota, Norte de Santander, Colombia. Ciencia y Agricultura. 2021; 18(2): p. 1-10.
14. Tisalema A, Vizuete J, Oyaque S. Diagnóstico operacional de la cadena de suministro avícola en pelileo: capacidad productiva, bioseguridad, infraestructura y flujos comerciales. Revista Científica Multidisciplinaria InvestiGo. 2026; 7(19): p. 312-332.
15. Ramos S, Vizuete J, Guamán M. Análisis espacial del riesgo sanitario por concentración de granjas avícolas sin bioseguridad en la provincia de Tungurahua: Una propuesta de gestión preventiva para la sostenibilidad empresarial. Revista Científica Multidisciplinaria InvestiGo. 2026; 7(18): p. 27–52.
16. Hernández R, Fernández C, Baptista M. Metodología de la investigación. México: McGrawHill Education; 2014.

17. Rodriguez C, Breña J, Esenarro D. Las variables en la metodología de la investigación científica. Alcoy:Editorial Científica 3Ciencias;2021.
18. Núñez F, Elías C. Ventajas metodológicas del uso del análisis de clases latentes (LCA) para investigar en comunicación. Aplicación empírica al estudio de la confianza en la ciencia. Comunicación & Métodos. 2026; 8(1): p. 6–23.
19. Slominski T, Odeleye O, Wainman J. Calling for equity-focused quantitative methodology in discipline-based education research: an introduction to latent class analysis. UC Riverside. 2024; 23(4): p. 1-10.
20. Bolck A, Croon M, Hagenaars J. Estimating latent structure models with categorical variables: One-step versus three-step estimators. Political Analysis. 2004; 12(1): p. 3–27.
21. Bakk Z, Kuha J. Two-step estimation of models between latent classes and external variables. Psychometrika. 2018; 82: p. 871–892.
22. Nylund K, Garber A, Singh J, Witkow M, Nishina A, Bellmore A. The utility of latent class analysis to understand heterogeneity in youth coping strategies: a methodological introduction. Behavioral Disorders. 2022; 48(2): p. 106-120.
23. Weller B, Bowen N, Faubert, S. Empirical–quantitative latent class analysis: A guide to best practice. Journal of Black Psychology. 2020; 46(4): p. 287–311.
24. Sugiharto S. Dietary strategies to alleviate high-stocking-density-induced stress in broiler chickens– acomprehensive review. Archives Animal Breeding. 2022; 65: p. 21-36.
25. Martínez R, Centurión L. Aplicación de pruebas estadísticas de distribución de datos y su utilidad en producción animal. Revista Lasallista de Investigación. 2024; 21(1): p. 8–22.
26. Rodrigues J, Piedade S, Lara I, Henrique F. Type I error in multiple comparison tests in analysis of variance. Acta scientiarum. Agronomy. 2022; 45(1): p. 57742.
27. Rafiq M, Ahmad F, Atiq M. The determinants of the crop residue management in Pakistan: An environmental appraisal. Business & Economic Review. 2019; 11(4): p.179–199.
28. Lagumbay V, Nitivattananon V, Lakra H. Into inclusive urban spaces: Insights from user behavior and perceptions in Cagayan de Oro City, the Philippines. International Journal of Sustainable Development and Planning. 2026; 21(7): p. 2969–2987.
29. Otieno W, Nyikal R, Mbogoh G, Rao E. Adoption of farm biosecurity practices among smallholder poultry farmers in Kenya – An application of latent class analysis with a multinomial logistic regression. Preventive Veterinary Medicine. 2023; 217: p. 105967.
30. Nzuzi M, Mbuyu D, Lwimba A. Determinants of SMEs' access to microfinance credit in Lubumbashi: an analysis based on multinomial logistic regression. American Journal of Industrial and Business Management. 2026; 16(2): p. 209–224.
31. Greene W. Econometric Analysis. Harlow:Pearson; 2020
32. Oliveira B, Silva B, Azevedo C, Oliveira J, Dias R, Alburquerque S, . . . Poncio A. Biossegurança em granjas avícolas: Revisão de literatura. Revista Contemporânea. 2025; 5(2): p. 1–23.
33. Dhakal A, Devkota S, Jethara S, Yadav R, Phuyal P. Assessment of biosecurity in poultry farms in Chitwan, Nepal. Veterinary Medicine and Science. 2025; 11: p.70232.
34. Tujimoto A, Steffen R, Knöbl, T. Operational biosecurity in poultry hatcheries. Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science. 2026; 63: p. 240228.
35. Fifo O, Eloini O. Integrated risk and biosecurity optimization in poultry production: a lean and credit-risk approach to strengthen U.S. agricultural resilience. International Journal of Innovative Science and Research Technology (IJISRT). 2026; 11(2): p. 2753-2760.

36. Magdale S, Guro A, Galarrita R. A review of biosecurity and management practices on broiler performance. World Journal of Advanced Research and Reviews. 2026; 30(2): p. 2338–2344.
37. Ayertey D, Asem F, Okyere C, Enohoro D. Effects of biosecurity strategies on technical efficiency of egg production in Bono Region of Ghana. Poultry Science. 2026; 105(3): p. 106442.
38. Otieno W, Nyikal R, Mbogoh S, Rao E. The effect of improved biosecurity practices on the cost efficiency of smallholder poultry farmers in Nyanza, Kenya. Research, Society and Development. 2025; 14(7): p. 10014749268.
39. Bristot L, Lima D. Assesment of biosecurity measures on poultry farms producing broiler chickens in three municipalities in the Serra Gaúcha region. Research, Society and Development. 2025; 14(7): p. 10014749268.
40. Waktole H, Muluneh T, Miressa Y, Ayane S, Berhane G, Kabeta T, . . . Antonissen G. Quantitative assessment of major biosecurity challenges of poultry production in central Ethiopia. Animals. 2023; 13(23): p. 3719.
41. Pao H, Jackson E, Yang T, Tsai J, Sung W, Pfeiffer D. Determinants of farmers' biosecurity mindset: A social-ecological model using systems thinking. Frontiers in Veterinary Science. 2022; (9): p. 959934.
42. Pramuwidyatama M, Indrawan D, Boeters M, Poetri O, Saatkamp H, Hogeveen H. Economic impact of highly pathogenic avian influenza outbreaks in Western Java smallholder broiler farms. Preventive Veterinary Medicine. 2023; 212: p. 105833

ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Octubre 2026
Vol. 7 No. 21, PP. 270-292
https://doi.org/10.56519/g0nvnz83

# EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES Y DE LAS ACTIVIDADES SOCIOPRODUCTIVAS EN LOS SISTEMAS AGROALIMENTARIOS RURALES DE GUANUJO Y QUINDIGUA, ECUADOR

# EVALUATION OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS AND SOCIO-PRODUCTIVE ACTIVITIES IN RURAL AGRO-FOOD SYSTEMS OF GUANUJO AND QUINDIGUA, ECUADOR

Anabel Monar Verdezoto[1], Hernán Arturo Rojas Sánchez[2], Riveliño Ramón Curay[3], Angélica Tigre León[4], Cristina Oliva Puertas[5]

{mmonar@ueb.edu.ec[1], arojas@ueb.edu.ec[2], erivelino@ueb.edu.ec[3], rtigre@ueb.edu.ec[4], criselop@gmail.com[5]}

Fecha de recepción: 15/08/2026 / Fecha de aceptación: 08/10/2026 / Fecha de publicación: 14/10/2026

**RESUMEN: La sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios en zonas rurales depende de las condiciones del entorno, así como de factores productivos y sociales que influyen en el uso de los recursos. El estudio tuvo como objetivo evaluar las condiciones ambientales y socioproductivas en Guanujo y Quindigua, provincias de Bolívar, Ecuador. Se realizó un estudio observacional, descriptivo y exploratorio que combinó análisis de calidad del agua, propiedades del suelo y percepciones sobre producción, acceso a recursos y soberanía alimentaria. El agua se analizó mediante indicadores fisicoquímicos, microbiológicos y parasitológicos. En cada localidad se tomaron muestras en cuatro puntos diferentes para medir pH, conductividad, textura, materia orgánica (MO), nitrógeno (N), carbono (C), hidrógeno, azufre, y las relaciones C/N y C/H del suelo. El componente socioproductivo incluyó a cuatro personas de Guanujo y seis de Quindigua. Las muestras de agua mostraron variabilidad en sus propiedades fisicoquímicas, con presencia de coliformes totales y fecales. En dos de las cuatro muestras de Quindigua se detectó Giardia spp., mientras que Cryptosporidium spp. no se encontró en ninguna. En cuanto al suelo, los puntos de Quindigua tuvieron valores promedio más altos de materia orgánica (9,92 ± 2,08 %), carbono (5,57 ± 0,93 %) y nitrógeno (0,42 ± 0,03 %) comparados con los de Guanujo (3,70 ± 1,42 %, 2,29 ± 0,63 % y 0,23 ± 0,06 %, respectivamente).**

[1]Carrera de Contabilidad y Auditoría en Línea, Facultad de Ciencias Administrativas, Gestión Empresarial e Informática; Universidad Estatal de Bolívar; CP: 020150. Guaranda, Ecuador, https://orcid.org/0000-0001-7963-4636
[2]Carreras de Agroindustrias y Medicina Veterinaria; Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente; Centro de Investigación en Microbiología Aplicada, Biotecnología y Fitoquímica (CIMABiF); Universidad Estatal de Bolívar; CP: 020150. Guaranda, Ecuador, https://orcid.org/0000-0001-5357-1585
[3]Dirección Provincial del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, Bolívar, Guaranda, Ecuador, https://orcid.org/0009-0009-6079-3456
[4]Universidad Estatal de Bolívar, https://orcid.org/0000-0003-2984-9457
[5]Universidad Estatal de Bolívar, https://orcid.org/0009-0006-8836-3755

**Las encuestas revelaron un conocimiento limitado sobre soberanía alimentaria, así como percepciones de dificultades en el acceso a recursos y en el autoabastecimiento. La integración de los datos mostró perfiles ambientales y socioproductivos distintos entre ambas localidades, lo que proporciona una base para futuras investigaciones y para el manejo sostenible de los sistemas agroalimentarios en zonas andinas.**

***Palabras clave: Calidad del agua; componentes del suelo; soberanía alimentaria; sistemas agroalimentarios***

**ABSTRACT: The sustainability of agrifood systems in rural areas depends on environmental conditions, as well as productive and social factors influencing resource use. This study aimed to evaluate environmental and socio-productive conditions in Quindigua and Guanujo, in the Bolívar province of Ecuador. An observational, descriptive, and exploratory study was conducted, combining analyses of water quality and soil properties with assessments of perceptions regarding production, resource access, and food sovereignty. Water was analyzed using physicochemical, microbiological, and parasitological indicators. Samples were collected at four different points in each locality to measure pH, conductivity, texture, organic matter (OM), nitrogen (N), carbon (C), hydrogen, sulfur, and soil C/N and C/H ratios. The socio-productive component involved four individuals from Guanujo and six from Quindigua. Water samples showed variability in physicochemical properties, with the presence of total and fecal coliforms. *Giardia* spp. was detected in two of the four samples from Quindigua, whereas *Cryptosporidium* spp. was not found in any sample. Regarding soil, sampling points in Quindigua showed higher average values for organic matter (9.92 ± 2.08%), carbon (5.57 ± 0.93%), and nitrogen (0.42 ± 0.03%) compared to those in Guanujo (3.70 ± 1.42%, 2.29 ± 0.63%, and 0.23 ± 0.06%, respectively). Surveys revealed limited knowledge regarding food sovereignty, as well as perceptions of difficulties in accessing resources and achieving self-sufficiency. Data integration revealed distinct environmental and socio-productive profiles for the two localities, providing a basis for future research and the sustainable management of agrifood systems in Andean regions.**

***Keywords: Water quality; soil properties; agri-food systems; food sovereignty***

## INTRODUCCIÓN

El agua y el suelo son recursos naturales que están muy conectados y son vitales para el funcionamiento de los ecosistemas, la agricultura y el bienestar de las comunidades rurales. La calidad y el uso de ambos recursos dependen de procesos naturales y de acciones humanas que ocurren al mismo tiempo en el territorio (1, 2)**.** Las modificaciones en el uso de la tierra, las técnicas de cultivo y ganadería, la adición de materia orgánica y el agua que fluye por la superficie pueden alterar las propiedades del suelo. Al mismo tiempo, esto puede afectar las características físicas, químicas y microbiológicas del agua (3). En consecuencia, analizar el agua y el suelo juntos ofrece una visión completa para entender cómo está el medio ambiente en las zonas rurales.

La calidad del agua se puede medir usando indicadores físicos, químicos y biológicos. Estos dan información adicional sobre el estado del agua. Algunas variables, como el pH, la conductividad eléctrica, los sólidos totales disueltos y la turbidez, ayudan a definir las propiedades fisicoquímicas del agua. Por otro lado, los compuestos nitrogenados y parámetros como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO) muestran información sobre los nutrientes y la materia que pueden degradarse u oxidarse (4, 5). Sin embargo, la caracterización fisicoquímica sola puede ser insuficiente, especialmente en ambientes rurales donde las fuentes de agua están muy ligadas a las actividades agropecuarias y a los asentamientos humanos (6).

En este contexto, los indicadores microbiológicos y parasitológicos son importantes para evaluar la calidad del agua (6, 7). La presencia de coliformes totales y fecales suele evidenciar deterioro microbiológico y evidentemente posibles aportes de contaminación de origen fecal (8**)**. De forma complementaria, protozoarios como *Giardia* spp. y *Cryptosporidium* spp. son consideradas importantes, ya que se transmiten a través del agua y se mantienen en el ambiente (**9, 10).** Por lo tanto, incluir parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y parasitológicos ayuda a entender mejor la calidad del agua. Esta forma de análisis permite descubrir situaciones que podrían no verse si se examina solo un tipo de indicador.

El suelo es un elemento que cambia constantemente en los ecosistemas terrestres. Tiene funciones muy importantes, como almacenar y dar nutrientes, controlar el agua, ayudar en la producción de plantas, transformar la materia orgánica y participar en los ciclos biogeoquímicos. (11, 12). Su capacidad para desarrollar ciertas funciones depende de sus características físicas y químicas. Entre las propiedades que suelen usarse para conocerlas están el pH, la conductividad eléctrica, la textura y el contenido de materia orgánica. También se considera la concentración de elementos como el carbono, el nitrógeno, el hidrógeno y el azufre.

Dentro de estas propiedades, la materia orgánica es muy importante para el funcionamiento del suelo. Participa en la formación y estabilidad de los agregados, en la retención de agua, en el intercambio de nutrientes y en la actividad biológica. El carbono y el nitrógeno son componentes clave de esta parte del suelo. Relaciones como la proporción de carbono a nitrógeno aportan información adicional sobre la composición y el comportamiento de la materia orgánica (13). Esta variabilidad puede estar relacionada con condiciones ambientales, características del suelo, vegetación, uso del terreno y métodos de manejo. Por eso, analizar estas propiedades juntas ayuda a reconocer patrones del suelo que difícilmente se verían al estudiar una sola característica por separado.

La caracterización integrada de estos recursos es muy importante en los Andes ecuatorianos. En los Andes ecuatorianos, la heterogeneidad topográfica, la heterogeneidad climática y la heterogeneidad ambiental hacen que los sistemas edáficos y los sistemas hidrológicos cambien mucho de un lugar a otro (14). En los territorios rurales andinos, el agua y el suelo se encuentran, además, directamente relacionados con la agricultura y la ganadería y, en consecuencia, con la capacidad de los territorios para sostener la producción local de alimentos (15). La generación de información sobre la condición es un elemento necesario para establecer líneas base ambientales. Además, orienta las estrategias de manejo sostenible de los recursos naturales.

Sin embargo, la sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios rurales no depende solo de la condición biofísica de los recursos naturales.

La capacidad de las comunidades para producir y acceder a alimentos también depende de las prácticas agrícolas, de la disponibilidad y del acceso efectivo a agua, tierra y semillas, de los costos de producción, de la incorporación de tecnologías, de la organización de los productores y del apoyo de instituciones públicas, académicas y comunitarias. (16, 17). Por esta razón, la evaluación conjunta de las condiciones ambientales y socioproductivas puede ofrecer una comprensión más amplia de los factores que condicionan la sostenibilidad de los sistemas alimentarios rurales.

Esta perspectiva tiene que ver con la soberanía alimentaria. En este estudio, se entiende como un marco que conecta la capacidad de los territorios para producir alimentos localmente con el acceso y la gestión de los recursos productivos. También incluye la participación de las comunidades en sus sistemas agroalimentarios (18). La conservación de la calidad del agua y de las propiedades funcionales del suelo es una base biofísica necesaria para sostener la producción alimentaria, pero no es suficiente. Factores como el acceso a recursos productivos, la capacidad de autoabastecimiento, las prácticas agrícolas, la tecnología y la asociatividad complementan esta dimensión ambiental (18, 19, 20). En Ecuador, este enfoque es muy importante. Es importante porque el reconocimiento constitucional de la soberanía alimentaria es clave. También porque necesitamos promover sistemas productivos sostenibles. Los sistemas productivos sostenibles garantizan la conservación y disponibilidad de los recursos necesarios. Los recursos son esenciales para la producción agropecuaria.

En este escenario, las localidades de Quindigua y Guanujo están ubicadas en la provincia de Bolívar, en los Andes ecuatorianos. Quindigua y Guanujo son territorios rurales donde la agricultura depende fuertemente de los recursos naturales locales. La evaluación integrada de Quindigua y Guanujo permite considerar, por una parte, la condición del agua y del suelo. Por otra parte, considera las características socioproductivas relacionadas con la producción agrícola, el acceso a recursos, la seguridad y soberanía alimentaria, la adopción tecnológica y la organización comunitaria. (21).

Aunque estas dimensiones son importantes, la información que combina indicadores ambientales y socioproductivos a nivel local es escasa en los sistemas rurales de la provincia de Bolívar. La mayoría de las caracterizaciones ambientales se enfocan en partes concretas del agua o del suelo, mientras que las dimensiones sociales y productivas se estudian por separado. Integrar estas dimensiones puede ayudar a ver patrones territoriales que se parecen o que difieren, y a crear una línea base que sirva para planear futuras estrategias de manejo de recursos naturales y fortalecer los sistemas agroalimentarios. Pero cuando las evaluaciones ambientales y sociales se hacen en unidades de análisis distintas y en periodos de estudio diferentes, la integración debe tomarse como exploratoria, no como prueba de relaciones causales directas.

En este contexto, el objetivo del presente estudio fue evaluar integralmente las condiciones ambientales y socioproductivas de Guanujo y Quindigua, en los Andes ecuatorianos. Se realizaron caracterizaciones fisicoquímicas, microbiológicas, así como parasitológicas del agua, análisis de las propiedades fisicoquímicas y elementales del suelo, y una evaluación exploratoria de

percepciones sobre producción agrícola, acceso a recursos productivos, seguridad y soberanía alimentaria, tecnología y asociatividad, a fin de identificar patrones territoriales y generar líneas base para los procesos de sostenibilidad agroalimentaria.

# MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en las localidades de Guanujo y Quindigua, ubicadas en el cantón Guaranda, provincia de Bolívar, Ecuador. Ambas localidades son zonas rurales andinas. En estas zonas, los recursos hídricos y los suelos tienen un papel clave. Gracias a esos recursos, las actividades agropecuarias y la producción local de alimentos son posibles.

En la caracterización socioproductiva, los participantes de Guanujo, los agricultores dijeron que cultivan papa y maíz, con trigo, cebada y otros cultivos. Además, usan diferentes formas de manejo agrícola En Quindigua los participantes dijeron que cultivan principalmente papa, maíz, trigo y cebada. También dijeron que usan rotación de cultivos y cultivos combinados.

Para la caracterización ambiental, se usaron dos matrices: agua y suelo. El muestreo se diseñó para medir la calidad del agua y las principales propiedades fisicoquímicas y elementales del suelo en las áreas estudiadas.

**Diseño del estudio**

Se realizó un estudio observacional, descriptivo, transversal y comparativo, con enfoque integrado orientado a factores ambientales y socioproductivos en las localidades de Guanujo y Quindigua.

El estudio tuvo dos componentes que se llevaron a cabo en diferentes momentos:

**(i)** una caracterización socioproductiva, realizada mediante encuestas en diciembre de 2025, que exploró aspectos relacionados con la producción agrícola, acceso a recursos productivos, seguridad alimentaria, soberanía alimentaria, adopción de tecnologías, asociatividad y percepción del apoyo institucional;

**(ii)** una caracterización ambiental, desarrollada en 2026, basada en el análisis de la calidad fisicoquímica, microbiológica y parasitológica del agua, así como de las propiedades fisicoquímicas y elementales del suelo.

Los dos componentes fueron analizados primero por separado y después combinados usando una comparación descriptiva entre localidades. Debido a las diferencias de tiempo entre ambas evaluaciones, al bajo número de observaciones y dado que las unidades de análisis ambientales y sociales eran distintas, la combinación fue exploratoria y se empleó para encontrar patrones que coincidían o que diferían entre localidades, sin establecer relaciones estadísticas ni causas entre las características ambientales y las percepciones socioproductivas.

**Recolección y conservación de las muestras de agua.**

Las muestras de agua se tomaron en la mañana en puntos elegidos de la Acequia Municipal de Guanujo y de Quindigua, usando recipientes plásticos preparados antes para cada tipo de análisis. En cada punto de muestreo se tomaron 1,5 L de agua para los análisis fisicoquímicos, 1 L para los análisis microbiológicos y 5 L para los análisis parasitológicos. Inmediatamente después de la toma, las muestras fueron identificadas y llevadas al laboratorio en contenedores térmicos, manteniendo una temperatura de 2–4 °C hasta su procesamiento en menos de 2 horas.

**Análisis fisicoquímico del agua**

La calidad fisicoquímica del agua se midió con pH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, turbidez, nitritos, nitratos, DQO y DBO. El pH se midió con el método potenciométrico. La conductividad eléctrica se midió con conductimetría. Los sólidos totales disueltos se midieron con espectrofotometría. La turbidez se midió con nefelometría. Los nitritos y nitratos se midieron con espectrofotometría. La DQO y la DBO se midieron con los procedimientos del laboratorio. Estos datos describen la condición fisicoquímica y la carga de materia que puede oxidarse en las muestras de agua.

**Análisis microbiológico del agua**

La calidad microbiológica del agua se midió utilizando coliformes totales y coliformes fecales. Los dos grupos de bacterias se midieron con filtración por membrana. Los resultados se expresaron en unidades formadoras de colonias (UFC). Estos datos comparan los recuentos de indicadores microbiológicos entre los puntos evaluados.

**Análisis parasitológico del agua**

La identificación se realizó mediante microscopía y los resultados fueron registrados cualitativamente como presencia o ausencia de ooquistes de *Cryptosporidium* spp. y quistes de *Giardia* spp.

**Recolección y preparación de las muestras de suelo**

Se analizaron muestras de suelo procedentes de cuatro lugares en Acequia Municipal de Guanujo y otros cuatro en los puntos seleccionados en Quindigua. Las muestras se tomaron a una profundidad de 30 centímetros y se colocaron en recipientes plásticos para poder ser trasladadas a los Laboratorios de Investigación y Vinculación de la Universidad Estatal de Bolívar.

En cada muestra se evaluaron varios parámetros: pH, conductividad eléctrica, textura del suelo, materia orgánica, nitrógeno total, carbono total, hidrógeno total, azufre total, así como las relaciones C/N y C/H.

### Determinación del pH y conductividad eléctrica del suelo

El pH del suelo se determinó mediante el uso de un potenciómetro. Para cada muestra se efectuaron mediciones analíticas por triplicado y se obtuvo el valor promedio correspondiente a cada punto de muestreo.

La conductividad eléctrica fue determinada mediante conductimetría y expresada en µS/cm, permitiendo caracterizar comparativamente el comportamiento iónico de las muestras de suelo de Guanujo y Quindigua.

### Determinación de la textura del suelo

La composición textural del suelo se determinó con el método de Bouyoucos. Se midieron las proporciones porcentuales de arena, arcilla y limo. Con esas proporciones se clasificó la textura del suelo. Los resultados muestran, por ejemplo, suelos que se clasifican como arenosos-francos en Quindigua y suelos que se clasifican como franco-arenosos en varios puntos de Guanujo.

### Determinación de materia orgánica

El contenido de materia orgánica (MO) se determinó con el método de Walkley y Black. Los resultados se expresaron en porcentaje (%). El contenido de materia orgánica (MO) se usó para comparar el contenido de materia orgánica (MO) del suelo entre los diferentes puntos de muestreo y localidades. Los datos originales muestran una variación considerable entre puntos, este aspecto se puede analizar después con estadística descriptiva y estadística multivariada.

### Determinación de la composición elemental del suelo

El nitrógeno total se determinó mediante el método de combustión, al igual que el carbono total, hidrógeno total y azufre total. Los resultados fueron expresados como porcentaje de la muestra.

A partir de los valores obtenidos se calcularon las relaciones carbono/nitrógeno (C/N) y carbono/hidrógeno (C/H), utilizadas como indicadores complementarios de la composición de la materia orgánica presente en los suelos.

### Componente socio-productivo y soberanía alimentaria

De manera complementaria a la caracterización ambiental, se creó un componente socioproductivo aplicando encuestas en las localidades de Quindigua y Guanujo durante diciembre de 2025. Para este análisis se tomaron seis encuestas de Quindigua y cuatro de Guanujo. Las encuestas fueron previamente validadas mediante juicio de tres expertos, con la finalidad de evaluar la pertinencia, coherencia, claridad y pertinencia de las preguntas con las dimensiones consideradas en el estudio.

La selección de las personas que participaron fue por conveniencia. Se buscó a productores que estuvieran relacionados con actividades agropecuarias en cada lugar.

El cuestionario tenía como objetivo obtener información sobre cómo los productores encuestados percibían la soberanía alimentaria, la producción de alimentos y el consumo, así como las formas de trabajo en la agricultura, los factores que dificultan la producción, el uso de agroquímicos, el acceso a recursos, la seguridad alimentaria, la asociación entre productores, la incorporación de tecnologías y, por supuesto, la participación de instituciones para fortalecer la producción local.

Como el número de personas que participaron en cada localidad fue pequeño y la muestra no representaba a toda la población, la información obtenida se usó para describir y explorar el contexto socioproductivo, y no para hacer una estimación de las características de todos los habitantes de Guanujo o Quindigua.

**Instrumento y variables de la encuesta**

La información socio-productiva se recogió con un cuestionario estructurado de 35 preguntas. El cuestionario contenía variables categóricas y de respuesta múltiple. Para analizar la información socio-productiva y combinarla con indicadores ambientales, las variables se organizaron en cinco dimensiones: soberanía alimentaria; producción y prácticas agrícolas; seguridad y acceso alimentario; recursos productivos y tecnología agrícola; y asociatividad y apoyo institucional.

La dimensión de soberanía alimentaria incluyó el conocimiento sobre la soberanía alimentaria, la importancia que las personas le dan a la soberanía alimentaria y la posibilidad de aplicarla en la comunidad.

La dimensión productiva se enfocó en los cultivos principales, en las prácticas agrícolas y en los factores sociales, económicos y ambientales que influyen en la producción.

La dimensión de seguridad alimentaria incluyó la percepción de inseguridad alimentaria, la dificultad para acceder a alimentos, la capacidad de compra y el autoabastecimiento dentro de la comunidad.

La dimensión de recursos productivos y tecnología abarcó el acceso que se tiene a agua, tierra y semillas, así como el conocimiento y el uso de tecnologías agrícolas.

Por último, la dimensión organizativa e institucional incluyó el conocimiento sobre asociaciones agrícolas, su presencia en la comunidad, la percepción de los beneficios de esas asociaciones y la valoración del apoyo que ofrecen gobiernos, universidades y otras instituciones.

Las respuestas se clasificaron en categorías para analizar la información socio-productiva. En las preguntas con múltiples opciones, cada alternativa elegida se contó por separado para ver cuántas veces se mencionó.

## Consideraciones éticas

La participación en la encuesta fue voluntaria. La información se recopiló de forma anónima, sin guardar datos que pudieran identificar a los participantes. Antes de comenzar, se informó a los participantes sobre los objetivos del estudio y el uso académico y científico de los datos. Todos dieron su consentimiento para participar. Los datos se analizaron en conjunto por localidad y se usaron solo para investigación.

## Análisis estadístico e integración de datos

Los datos tanto ambientales como socioproductivos se establecieron y analizaron de forma independiente según cada localidad. Debido al bajo número de muestras, los análisis se realizaron de forma descriptiva y exploratoria, sin inferir sobre la población. Para las variables cuantitativas del suelo, se calcularon la media, la desviación estándar, el valor máximo, el valor mínimo y el coeficiente de variación usando los puntos independientes de cada localidad (Guanujo, n = 4; Quindigua, n = 4). Las mediciones repetidas en la misma muestra se consideraron réplicas analíticas, no observaciones independientes. De manera que no se utilizaron pruebas estadísticas ni modelos inferenciales para comparar las localidades.

Se realizó un análisis descriptivo de las variables fisicoquímicas del agua a partir de los valores registrados en los distintos puntos de muestreo. Los indicadores microbiológicos y parasitológicos, entre ellos coliformes totales y fecales, *Giardia* spp. y *Cryptosporidium* spp., se estudiaron por su distribución y frecuencia de detección. Como el número de puntos de muestreo fue bajo, estos resultados se usaron solo para caracterizar ambientalmente los sitios evaluados, y no para estimar las condiciones de todas las localidades.

Los datos socioproductivos obtenidos a través de la encuesta se analizaron con estadística descriptiva. Para las variables categóricas, se calcularon frecuencias absolutas (n) y relativas (%). En las preguntas con respuesta múltiple, se determinó cuántas veces se seleccionó cada opción. La encuesta se aplicó a 10 participantes, cuatro de Guanujo y seis de Quindigua. Por tal razón, los resultados se usaron únicamente para describir las características y las tendencias observadas en los participantes, sin hacer inferencias sobre la población total.

Los puntos de muestreo ambiental y los participantes fueron elegidos con un muestreo intencional, tomando en cuenta los criterios reales que se deben usar: accesibilidad, representatividad del sistema productivo, disponibilidad de fuentes de agua, participación activa en actividades agropecuarias, etc. Este procedimiento cumplía con el carácter exploratorio del estudio y con las condiciones de acceso al territorio. Por eso, los resultados muestran solo los sitios y participantes que se evaluaron y no se deben usar para hablar de todas las poblaciones de las dos localidades.

Finalmente, los aspectos ambientales y socioproductivos se unieron mediante una triangulación descriptiva a nivel local. Se analizaron patrones que coincidían o diferían entre las condiciones del agua y del suelo, y las prácticas agrícolas, el acceso percibido a recursos productivos, la capacidad de autoabastecimiento, la adopción de tecnologías y el grado de asociatividad reportado por los

participantes. Como los componentes ambiental y socioproductivo fueron recogidos en momentos distintos y se basaron en diferentes unidades de análisis, esta integración tuvo un propósito principalmente interpretativo y exploratorio. No se usó para establecer relaciones estadísticas individuales ni para determinar causas directas.

Resulta importante indicar que, la información socioproductiva se recopiló en diciembre de 2025, mientras que el muestreo ambiental de agua y suelo se hizo en junio de 2026. Ambos conjuntos de datos corresponden a momentos diferentes en el tiempo. Por eso, su combinación solo se realizó para describir y explorar las condiciones en la región, sin asumir una relación directa entre los tiempos ni establecer vínculos causales entre los resultados del medio ambiente y las respuestas de los participantes.

# RESULTADOS

## Calidad fisicoquímica del agua

Los análisis realizados en las muestras de agua evidenciaron variabilidad entre los puntos evaluados en las características fisicoquímicas se aprecian en la tabla 1.

***Tabla 1. Características fisicoquímicas de las muestras de agua de Guanujo y Quindigua.***

| Localidad | Código | pH | CE (µS/cm) | Turbidez (NTU) | TDS (g/L) | $NO_2^-$ (mg/L) | $NO_3^-$ (mg/L) | DBO (mg/L) | DQO (mg/L) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Guanujo | INV 1083 | 7,82 | 2,55 | 7,55 | 121,8 | 0,002 | 0,5 | 0,0 | 8,0 |
| Guanujo | INV 1084 | 7,83 | 272,0 | 9,03 | 130,6 | 0,003 | 3,6 | 0,1 | 14,0 |
| Quindigua | INV 1081 | 7,81 | 150,7 | 11,1 | 71,4 | 0,001 | 0,3 | 3,0 | 0,0 |
| Quindigua | INV 1082 | 8,00 | 177,6 | 7,20 | 84,9 | 0,004 | 0,6 | 9,9 | 5,0 |

***Nota.*** *CE = conductividad eléctrica; TDS = sólidos totales disueltos; $NO_2^-$ = nitritos; $NO_3^-$ = nitratos; DQO = demanda química de oxígeno; DBO = demanda bioquímica de oxígeno.*

Los parámetros fisicoquímicos del agua mostraron diferencias entre los cuatro puntos evaluados en Guanujo y Quindigua. El pH se mantuvo en un rango estrecho, entre 7,81 y 8,00, lo que indica condiciones casi neutras y ligeramente alcalinas. En Quindigua, los valores fueron de 7,81 y 8,00, mientras que en Guanujo se registraron 7,82 y 7,83. En contraste, la conductividad eléctrica tuvo una variación más amplia: en Quindigua fue de 150,7 y 177,6 µS/cm, y en Guanujo de 2,55 y 272,0 µS/cm. Los sólidos totales disueltos fluctuaron entre 71,4 y 130,6 g/L, según los datos obtenidos.

La turbidez fue entre 7,20 y 11,1 NTU, con el valor más alto en la muestra INV 1081 de Quindigua. Los nitritos tuvieron concentraciones muy bajas, entre 0,001 y 0,004 mg/L. Los nitratos, sin embargo, variaron más: en Quindigua fueron de 0,3 y 0,6 mg/L; en Guanujo, de 0,5 y 3,6 mg/L, con el valor más alto en la muestra INV 1084.

La demanda química de oxígeno (DQO) varió entre 0 y 14 mg/L. En Quindigua, los valores fueron 0 y 5 mg/L, mientras que en Guanujo fueron 8 y 14 mg/L. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) mostró un patrón distinto, con lecturas entre 0 y 9,9 mg/L, y alcanzó su mayor valor en la muestra INV 1082 de Quindigua. En conjunto, los puntos de agua evaluados mostraron perfiles fisicoquímicos diferentes, sobre todo en conductividad eléctrica, nitratos, DQO y DBO.

El valor de conductividad de 2,55 µS/cm en INV 1083 y las unidades reportadas para los sólidos totales disueltos deben verificarse con el laboratorio antes de hacer cualquier interpretación agronómica o normativa definitiva.

## Calidad microbiológica y parasitológica del agua

En Quindigua, los coliformes totales fueron 153 y 60 UFC, y los coliformes fecales fueron 9 y 13 UFC en INV 1081 e INV 1082, respectivamente. En las muestras de Guanujo, los coliformes totales se reportaron como MNPC en ambos puntos; los coliformes fecales fueron MNPC en INV 1083 y 85 UFC en INV 1084. *Cryptosporidium* spp. no se detectó en ninguna de las cuatro muestras, mientras que Giardia spp. se detectó en INV 1082 (Quindigua) e INV 1083 (Guanujo) (Tabla 2).

Estos números indican una mayor carga de indicadores microbianos en esos puntos de Guanujo en comparación con las muestras de Quindigua.

El análisis parasitológico no detectó *Cryptosporidium* spp. en ninguna de las cuatro muestras. Sin embargo, *Giardia* spp. sí fue encontrado en dos muestras: INV 1082, de Quindigua, y INV 1083, de la Acequia Municipal de Guanujo. Las muestras INV 1081 e INV 1084 dieron resultado negativo para ambos protozoarios. *Giardia* y *Cryptosporidium* son protozoarios entéricos.

***Tabla 2. Resultados microbiológicos y parasitológicos del agua en las dos localidades.***

| Localidad | Código UEB | Coliformes totales (UFC) | Coliformes fecales (UFC) | *Cryptosporidium* spp. | *Giardia* spp. |
|---|---|---|---|---|---|
| Acequia Municipal de Guanujo | INV 1083 | MNPC | MNPC | Ausencia | Presencia |
| Acequia Municipal de Guanujo | INV 1084 | MNPC | 85 | Ausencia | Ausencia |
| Quindigua | INV 1081 | 153 | 9 | Ausencia | Ausencia |
| Quindigua | INV 1082 | 60 | 13 | Ausencia | Presencia |

***Nota.*** *Los coliformes totales y fecales se midieron con filtración por membrana y se mostraron en UFC; los resultados parasitológicos se obtuvieron con microscopía y se registraron cualitativamente como presencia o ausencia; MNPC: muy numerosas para contar.*

## Caracterización fisicoquímica de los suelos

Las propiedades del suelo mostraron diferencias entre los puntos estudiados en Quindigua y Guanujo, especialmente en la materia orgánica. Los cuatro puntos analizados en Quindigua tuvieron, en promedio, mayores cantidades de materia orgánica, carbono y nitrógeno que los cuatro puntos de Guanujo (Tabla 3). Como solo se evaluaron cuatro puntos en cada lugar, estos

resultados reflejan lo que se observó en los sitios y no muestran diferencias que hayan sido comprobadas con pruebas estadísticas.

***Tabla 3. Parámetros físicoquímicos del suelo de las localidades estudiadas.***

| Parámetro | Guanujo | Quindigua |
|---|---|---|
| pH | 6,16 ± 0,11 | 5,91 ± 0,32 |
| Conductividad (µS/cm) | 80,78 ± 28,48 | 95,43 ± 48,47 |
| Materia orgánica (%) | 3,70 ± 1,42 | 9,92 ± 2,08 |
| Nitrógeno total (%) | 0,23 ± 0,06 | 0,42 ± 0,03 |
| Carbono total (%) | 2,29 ± 0,63 | 5,57 ± 0,93 |
| Hidrógeno total (%) | 0,32 ± 0,07 | 0,51 ± 0,10 |
| Azufre total (%) | 0,14 ± 0,08 | 0,08 ± 0,02 |
| Relación C/N | 10,14 ± 0,46 | 12,81 ± 0,31 |
| Relación C/H | 7,03 ± 2,02 | 10,39 ± 0,76 |

***Nota:*** *Los valores son estadísticos descriptivos de cuatro puntos independientes por localidad. No se realizaron pruebas de comparación entre localidades.*

## Caracterización socioproductiva de Guanujo y Quindigua

La caracterización socioproductiva se realizó con 10 participantes, seleccionados de manera intencional: seis de Quindigua y cuatro de Guanujo. Dado el tamaño pequeño de la muestra, los resultados se muestran solo con frecuencias absolutas y relativas. Se describen las respuestas de los participantes evaluados, sin intentar hacer inferencias ni generalizar a las poblaciones de ambas localidades.

La papa fue el cultivo que más se mencionó de forma constante en Quindigua y en Guanujo, junto con maíz, trigo, cebada y otros cultivos. En Quindigua se vio que siempre se usaban técnicas como los cultivos intercalados y la rotación de cultivos. En Guanujo, en cambio, las respuestas mostraron una mayor variedad de métodos. Entre ellos estaban los cultivos intercalados, la rotación, el uso de abonos orgánicos y la siembra directa. Entre los factores que se consideraron como obstáculos para la producción, las condiciones del clima tuvieron un papel importante en ambas regiones. En Quindigua, cuatro de los seis participantes (66,7 %) señalaron el clima como una de las principales limitaciones productivas, mientras que en Guanujo esta percepción fue de tres de cuatro participantes (75 %). Asimismo, se detectaron limitaciones financieras, especialmente el precio de los materiales y la escasa disponibilidad de recursos económicos.

## Soberanía alimentaria, acceso a recursos y autoabastecimiento

La comprensión conceptual de la soberanía alimentaria fue escasa en ambas localidades. En Guanujo, tres de los cuatro participantes (75 %) señalaron no conocer su significado, mientras que en Quindigua esta respuesta fue dada por tres de seis participantes (50 %). A pesar de tener un conocimiento conceptual restringido, la valoración de la soberanía alimentaria fue en su mayoría favorable y la mayoría de los participantes opinó que sus principios podrían implementarse total o parcialmente en sus comunidades.

Entre los encuestados participantes se observaron patrones descriptivos diferentes en las respuestas relacionadas con el acceso a alimentos y la capacidad percibida de autoabastecimiento. En Guanujo, tres de cada cuatro participantes (75 %) consideraron que la obtención diaria de alimentos era complicada o muy complicada. En Quindigua, las respuestas resultaron más diversas y el 50 % la vio como fácil. De forma similar, en Guanujo hubo una percepción restringida de la capacidad de autoabastecimiento, mientras que en Quindigua la mayoría de los involucrados opinó que esta capacidad era incompleta.

Respecto al acceso a recursos productivos como agua, tierra y semillas, en Guanujo predominó la respuesta que indicó un acceso insuficiente o parcial, mientras que en Quindigua la mayoría indicó contar con acceso parcial. Estas respuestas indican, dentro del grupo estudiado, que la disponibilidad territorial de recursos naturales y la percepción de acceso efectivo a los medios productivos son dos dimensiones distintas.

**Tecnología, asociatividad y apoyo institucional**

Las dimensiones tecnológicas y organizativas también exhibieron variaciones entre las localidades.

En Quindigua, los seis participantes mostraron una mayor frecuencia de respuestas sobre el conocimiento de tecnologías de riego y siembra, y también sobre el concepto de asociatividad agrícola. En Guanujo, los cuatro participantes mostraron una frecuencia menor en esas respuestas. Sin embargo, estas diferencias describen únicamente a los participantes encuestados, y no permiten establecer diferencias poblacionales entre las localidades.

Las demandas de refuerzo productivo también mostraron cambios. En Guanujo se destacaron las formaciones y la implementación de nuevas tecnologías. En Quindigua se evidenciaron, sobre todo, la formación y el acceso a recursos para optimizar la producción. En cuanto a los actores institucionales, se identificaron más a los gobiernos en Guanujo. En Quindigua, las universidades tuvieron un papel más relevante entre las instituciones clave para respaldar al sector productivo.

**Integración socioalimentaria, productiva y ambiental**

La integración descriptiva de los elementos ambientales y socioproductivos que se evidencian en la tabla 4 facilitó reconocer perfiles distintos entre Quindigua y Guanujo. En el componente del suelo, Quindigua mostró mayores promedios de materia orgánica (9,92 ± 2,08 %), carbono total (5,57 ± 0,93 %) y nitrógeno total (0,42 ± 0,03 %) que Guanujo (3,70 ± 1,42 %, 2,29 ± 0,63 % y 0,23 ± 0,06 %, respectivamente). De forma simultánea, las encuestas mostraron en Quindigua una mayor frecuencia informada de diversas prácticas agrícolas, especialmente cultivos combinados y rotación, además de un aumento en el reconocimiento de la asociatividad agrícola.

A escala descriptiva de localidad, los puntos de suelo en Quindigua tienen más materia orgánica, más carbono total y más nitrógeno total que los puntos de Guanujo. En los encuestados de Quindigua se encontró más frecuencia de prácticas de diversificación agrícola, especialmente

cultivos combinados. Estos dos patrones se obtuvieron de unidades de análisis diferentes y en periodos distintos, por lo que su coexistencia a escala territorial debe interpretarse solo como una observación exploratoria. Por eso, los resultados no permiten establecer asociaciones entre las prácticas agrícolas reportadas y las propiedades fisicoquímicas del suelo.

***Tabla 4. Síntesis comparativa de indicadores ambientales y socioproductivos de Guanujo y Quindigua.***

| Dimensión / indicador | Guanujo | Quindigua |
|---|---|---|
| **Indicadores edáficos** | | |
| Materia orgánica (%) | 3,70 ± 1,42 | 9,92 ± 2,08 |
| Carbono total (%) | 2,29 ± 0,63 | 5,57 ± 0,93 |
| Nitrógeno total (%) | 0,23 ± 0,06 | 0,42 ± 0,03 |
| **Producción agrícola** | | |
| Papa como cultivo reportado | 4/4 (100 %) | 6/6 (100 %) |
| Condiciones climáticas como limitante productiva | 3/4 (75,0 %) | 4/6 (66,7 %) |
| Cultivos combinados | 1/4 (25,0 %) | 4/6 (66,7 %) |
| Rotación de cultivos | 1/4 (25,0 %) | 2/6 (33,3 %) |
| **Soberanía alimentaria y recursos** | | |
| Desconoce el significado de soberanía alimentaria | 3/4 (75,0 %) | 3/6 (50,0 %) |
| Acceso a recursos productivos considerado parcial | 2/4 (50,0 %) | 4/6 (66,7 %) |
| Sin acceso suficiente a recursos productivos | 2/4 (50,0 %) | 1/6 (16,7 %) |
| Autoabastecimiento considerado parcial | 1/4 (25,0 %) | 4/6 (66,7 %) |
| Considera que no puede autoabastecerse | 2/4 (50,0 %) | 2/6 (33,3 %) |
| **Tecnología y asociatividad** | | |
| Reconoce tecnologías agrícolas de riego o siembra | 2/4 (50,0 %) | 5/6 (83,3 %) |
| Conoce el concepto de asociatividad agrícola | 1/4 (25,0 %) | 4/6 (66,7 %) |
| Considera que la organización agrícola puede mejorar la producción | 4/4 (100 %) | 4/6 (66,7 %)* |
| **Necesidades y apoyo institucional** | | |
| Capacitación como principal necesidad | 2/4 (50,0 %) | 5/6 (83,3 %) |
| Actor institucional más mencionado | Gobiernos: 3/4 (75,0 %) | Universidades: 3/6 (50,0 %) |

***Nota.*** *Los indicadores socioproductivos pertenecen a seis participantes de Quindigua y a cuatro participantes de Guanujo. Las frecuencias y los porcentajes son solo descriptivos y no sirven para estimar poblaciones. Los indicadores ambientales y los indicadores socioproductivos pertenecen a unidades de análisis distintas y su combinación tiene solo fines comparativos y exploratorios.*

## Limitaciones del estudio

Los resultados deben interpretarse considerando varias limitaciones:

El número de puntos ambientales independientes se redujo. En especial, el componente edáfico se evaluó en solo cuatro puntos por localidad. En segundo lugar, el componente socioproductivo incluyó únicamente seis participantes en Quindigua y cuatro en Guanujo, por lo que las frecuencias y los porcentajes obtenidos representan solo tendencias descriptivas de la muestra y no estimaciones poblacionales.

Además, el componente ambiental y el componente socioproductivo se analizaron en momentos diferentes. También utilizaron unidades de análisis diferentes. Por esa razón, la combinación de ambas fuentes de información se realizó a nivel de localidad. Solo se exploró, sin hacer conexiones estadísticas ni establecer relaciones causales.

Asimismo, la evaluación parasitológica del agua fue cualitativa y se basó en detección microscópica. Por eso, no se pudo determinar la concentración, la viabilidad ni el riesgo cuantitativo de infección.

Futuras investigaciones deben incluir más puntos ambientales y más participantes, también muestreos temporales repetidos y diseños espaciales que permitan relacionar directamente prácticas agrícolas, propiedades edáficas, calidad hídrica y variables de seguridad y soberanía alimentaria.

Además, el componente socioproductivo se evaluó en diciembre de 2025. Las muestras de agua y suelo se recogieron en junio de 2026. Esta diferencia en las fechas dificulta relacionar directamente las condiciones ambientales con las respuestas socioproductivas. Hay que tener en cuenta que los cambios con las estaciones pueden afectar los resultados. También, los dos componentes usaron unidades de análisis distintas. Por eso, la combinación se hizo de forma descriptiva y exploratoria a nivel de localidad. No se establecieron relaciones estadísticas ni causales.

# DISCUSIÓN

### Calidad fisicoquímica del agua

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos mostraron diferencias en la calidad del agua entre los puntos de muestreo en Guanujo y Quindigua. La conductividad eléctrica, los nitratos, la demanda química de oxígeno (DQO) y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) presentaron variabilidad espacial. En cambio, el pH tuvo poca variación, con valores entre 7,81 y 8,00, lo que indica condiciones relativamente homogéneas y ligeramente alcalinas.

Las diferencias en la conductividad y los nitratos sugieren cambios locales en la concentración de sales disueltas y compuestos nitrogenados. El comportamiento distinto de la DQO y la DBO podría reflejar cambios en la naturaleza y en la biodegradabilidad de la materia orgánica presente en el agua. También se observó variación en la turbidez, lo cual puede estar relacionado con diferencias en el contenido de partículas suspendidas.

En conjunto, estos hallazgos indican que la calidad fisicoquímica del agua no fue uniforme en las áreas estudiadas. Esto resalta la importancia de considerar la variabilidad espacial al evaluar los recursos hídricos en sistemas rurales andinos (4–6).

Sin embargo, debido al número limitado de puntos analizados, los patrones observados deben interpretarse como descriptivos, no como evidencia de diferencias reales entre las poblaciones de Guanujo y Quindigua. Además, antes de hacer conclusiones agronómicas o comparaciones con

límites normativos, es necesario verificar el valor atípico de la conductividad registrado en INV 1083 (2,55 µS/cm) y confirmar las unidades utilizadas para los sólidos totales disueltos.

**Calidad microbiológica y parasitológica del agua**

Los resultados mostraron variabilidad entre los puntos evaluados de Guanujo y Quindigua. La presencia de coliformes totales y fecales en varias muestras evidencia contaminación microbiológica puntual, aunque la heterogeneidad de los resultados y el reducido número de muestras impiden establecer diferencias generales entre Guanujo y Quindigua o identificar el origen específico de la contaminación (6, 7). Desde una perspectiva sanitaria, estos indicadores adquieren mayor relevancia al considerar la detección de Giardia spp. en una muestra de Quindigua (INV 1082) y otra de Guanujo (INV 1083), mientras que Cryptosporidium spp. no fue detectado en ninguno de los puntos analizados. La presencia de Giardia spp. en Guanujo y Quindigua destaca la importancia de incorporar el componente parasitológico en la evaluación de calidad del agua, porque los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos por sí solos no permiten caracterizar integralmente los riesgos asociados con protozoarios de transmisión hídrica (5, 9, 10). Sin embargo, la coincidencia entre indicadores microbiológicos y la detección de Giardia spp. no demuestra una relación causal ni permite determinar la fuente de contaminación. Asimismo, debido al carácter transversal del estudio y al empleo de microscopía cualitativa, los resultados únicamente confirman presencia o ausencia de Giardia spp., sin aportar información sobre su concentración, viabilidad o infectividad; por tanto, no permiten estimar cuantitativamente riesgo de infección (9, 10).

**Propiedades Fisicoquímicas del suelo**

Las propiedades del suelo mostraron diferencias en los puntos analizados en Quindigua y Guanujo. Destacaron las variaciones en materia orgánica, carbono y nitrógeno. Los suelos de ambas zonas tenían un pH ligeramente ácido. Esta característica es común en áreas andinas y puede estar relacionada con el material de origen, el clima, la forma del terreno y las formas de manejo (14).

El caso más importante fue en Quindigua. Allí, los niveles promedio de materia orgánica, carbono total y nitrógeno total fueron más altos que en Guanujo. Esta situación se debe a que la materia orgánica es una fuente importante de carbono y nutrientes. También cumple funciones clave en la estructura del suelo, en la retención de agua, en el reciclaje de nutrientes y en la actividad de los microorganismos (11, 12).

Las diferencias entre los suelos pueden estar vinculadas a cambios en la vegetación, en la cantidad de residuos orgánicos, en el uso del suelo y en las prácticas de manejo. Pero estas ideas aún no están confirmadas. Se necesitan estudios adicionales para poder establecer causas claras (13, 19).

La relación C/N fue mayor en Quindigua que en Guanujo, lo cual podría indicar diferencias en la composición y en cómo se transforma la materia orgánica, así como en los procesos de liberación y fijación de nutrientes. En cambio, el azufre total mostró un comportamiento distinto, con valores promedio más altos en Guanujo. Este comportamiento no coincide con el patrón

observado para el carbono y la materia orgánica, y es razonable, ya que el azufre no depende únicamente de la fracción orgánica, sino también de reacciones de mineralización, inmovilización, meteorización, actividad microbiana, pH y prácticas agrícolas (22–24). Además, al medirse solo el azufre total, no se puede determinar directamente cuánto está disponible para las plantas.

En conjunto, los resultados muestran diferencias locales en las propiedades del suelo entre los dos sitios estudiados, especialmente en aspectos relacionados con la materia orgánica y los ciclos del carbono y el nitrógeno. Sin embargo, dado que solo se analizaron cuatro puntos por localidad y no se realizaron pruebas estadísticas, estas diferencias deben considerarse como patrones descriptivos. No es posible extender estos hallazgos a todos los suelos de Guanujo ni de Quindigua.

**Caracterización socioproductiva de Guanujo y Quindigua**

La caracterización socioproductiva reveló que la agricultura de los agricultores de Guanujo y Quindigua se basa en cultivos tradicionales que son importantes para los sistemas alimentarios locales. Entre estos cultivos se destacó la papa, junto con maíz, trigo, cebada y otros. También se mencionaron prácticas como la siembra de varios cultivos juntos, la rotación de cultivos, el uso de abonos orgánicos y la siembra directa. Sin embargo, estas prácticas variaron entre los agricultores de las dos zonas. Estas formas de diversificación y manejo pueden ayudar a mantener las funciones del suelo, usar mejor los recursos disponibles y mejorar la capacidad de los agroecosistemas para enfrentar condiciones ambientales cambiantes (3, 19).

Las condiciones climáticas fueron una de las principales limitaciones para la producción en ambas zonas, junto con problemas económicos relacionados con el costo de los insumos y la falta de dinero. La combinación de restricciones ambientales y económicas muestra que la sostenibilidad de los sistemas agrícolas rurales tiene múltiples aspectos. Su continuidad depende de cómo interactúan los recursos naturales, las prácticas de manejo, la viabilidad económica y las capacidades de los agricultores (16, 17). Dentro de este contexto, las limitaciones económicas pueden dificultar la adaptación y la aplicación de prácticas que mejoren o conserven los recursos productivos.

Estos hallazgos son especialmente importantes cuando se analizan los componentes ambientales y socioproductivos juntos. Las condiciones del agua y del suelo son la base biológica para la producción. Al mismo tiempo, las decisiones de manejo y las limitaciones económicas y climáticas influyen en cómo se utiliza esta base. Esta relación muestra que es necesario abordar la sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios rurales de manera integrada. Hay que considerar al mismo tiempo las áreas ambiental, productiva y socioeconómica.

Sin embargo, estos resultados deben verse como una exploración de las opiniones y prácticas que reportaron los participantes. El muestreo seleccionado y el pequeño número de encuestados (n = 10) no permiten hacer conclusiones estadísticas. Tampoco se pueden aplicar los patrones observados a toda la población de Guanujo y Quindigua.

**Soberanía alimentaria, acceso a recursos y autoabastecimiento**

Los participantes de Guanujo y Quindigua no entendían bien lo que es la soberanía alimentaria. Sin embargo, tenían una opinión positiva sobre sus principios y sobre cómo podrían funcionar en sus comunidades. Este contraste indica que no conocer el término no significa que no haya prácticas o ideas relacionadas con sus partes, especialmente las relacionadas con la producción local, el acceso a recursos y la capacidad de conseguir alimentos.

Las opiniones sobre el acceso diario a los alimentos y el autoabastecimiento variaban entre los dos lugares. En Guanujo, había más dificultades para conseguir alimentos cada día y una percepción más limitada del autoabastecimiento. En Quindigua, las respuestas eran más variadas. Además, el acceso a recursos como agua, tierra y semillas se consideraba insuficiente o incompleto. Esto muestra que la existencia de recursos naturales no siempre significa que las personas tengan acceso real o justo a los medios para producir alimentos.

Esto confirma que los sistemas alimentarios en zonas rurales tienen muchas dimensiones. La capacidad de producir alimentos y acceder a ellos depende de más que condiciones climáticas. También depende de factores económicos, sociales, institucionales y del acceso a los medios de producción. Por eso, incluso si el ambiente es favorable, no garantiza una producción adecuada, un autoabastecimiento o un acceso sostenible a los alimentos.

Aun así, es importante diferenciar entre soberanía alimentaria, seguridad alimentaria y autoabastecimiento. Estos términos están relacionados, pero no son lo mismo. La soberanía alimentaria abarca aspectos más amplios, como la participación de las comunidades en las decisiones sobre sus sistemas de alimentos. Por eso, los resultados deben verse como una primera exploración de las opiniones sobre conocimiento, acceso a recursos, producción y autoabastecimiento. No son una medición completa de la soberanía alimentaria. Además, el pequeño número de personas participantes y el muestreo seleccionado limitan la posibilidad de aplicar estos hallazgos a toda la población de Guanujo y Quindigua.

**Tecnología, asociatividad y apoyo institucional**

Las diferencias en tecnología y organización se observaron entre los participantes Guanujo y Quindigua. En Quindigua, el conocimiento sobre tecnologías de riego y siembra y sobre asociatividad agrícola fue mayor. En Guanujo, las respuestas sobre estos temas fueron menos frecuentes. Estas diferencias indican distintos niveles de familiaridad con herramientas tecnológicas y mecanismos de organización productiva entre grupos Guanujo y Quindigua, aunque no prueban diferencias poblacionales entre Guanujo y Quindigua. Las necesidades encontradas mostraron que el fortalecimiento de los sistemas productivos no depende solo de recursos naturales. La capacitación técnica, el acceso a tecnologías adecuadas, la disponibilidad de recursos productivos y la asociatividad son componentes que pueden ayudar a mejorar la capacidad de adaptación y sostenibilidad de los sistemas agrícolas rurales (16, 17). Así, las demandas de los participantes muestran la importancia de combinar las condiciones biofísicas del territorio con capacidades técnicas, organizativas y económicas.

Asimismo, que gobiernos y universidades sean actores relevantes muestra la posible importancia de la articulación institucional para el desarrollo rural.

La conexión entre productores, instituciones públicas y academia puede ayudar a capacitar, pasar saberes y acceder a tecnologías que se ajusten a las condiciones locales.

En términos de lugar, estos resultados muestran que hay que fortalecer capacidades, innovar tecnológicamente, organizar a los productores y cooperar institucionalmente para que los sistemas agroalimentarios rurales sean sostenibles.

Sin embargo, como hubo pocos participantes y la muestra se eligió intencionalmente, las diferencias observadas solo son patrones exploratorios del grupo estudiado y no prueban diferencias reales entre las poblaciones de Guanujo y Quindigua.

**Integración socioalimentaria, productiva y ambiental**

La combinación de factores ambientales y socioproductivos permitió identificar perfiles distintos entre los sitios de Quindigua y Guanujo. En Quindigua, los suelos mostraron niveles más altos en promedio de materia orgánica, carbono y nitrógeno. Los agricultores de esta zona también reportaron con mayor frecuencia prácticas como el cultivo intercalado y la rotación, así como un mayor conocimiento sobre la asociatividad. Aunque la literatura sugiere que la diversificación, la conservación y ciertas prácticas de manejo pueden mejorar la materia orgánica y otras características del suelo (3, 12, 19), el diseño del estudio no permite establecer una relación directa entre estas prácticas y las diferencias observadas en los suelos.

En Guanujo, por otro lado, se encontraron valores más bajos en materia orgánica, carbono y nitrógeno en los puntos de suelo evaluados. Además, los participantes de esta localidad indicaron con más frecuencia dificultades para acceder a alimentos, limitaciones en el autoabastecimiento y menos familiaridad con ciertas tecnologías y conceptos asociativos. Estos patrones son solo una descripción inicial de las condiciones del territorio, ya que las mediciones ambientales y las respuestas socioproductivas provienen de unidades diferentes y fueron recopiladas en tiempos distintos. Por lo tanto, no es posible establecer relaciones estadísticas ni determinar causas entre ambos componentes.

Los resultados también muestran que las condiciones ambientales y socioproductivas no siempre van en la misma dirección. Aunque Quindigua tiene mejores condiciones edáficas en algunos aspectos, sus pobladores indicaron restricciones económicas, acceso limitado a recursos productivos y dificultades para autoabastecerse. Esto demuestra que una base biofísica favorable no garantiza mejores condiciones sociales o productivas. La sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios depende también de factores económicos, tecnológicos, organizativos e institucionales (16, 17).

La calidad del agua añade otra dimensión a esta visión integrada. La presencia de contaminación microbiológica y la detección puntual de Giardia spp. indica que la disponibilidad de agua no implica necesariamente que el recurso esté en buenas condiciones para todos los usos. En los

sistemas agrícolas rurales, el agua, el suelo y la producción están interrelacionados, formando parte fundamental de la base biofísica del territorio. Evaluarlos juntos permite ir más allá de una simple mirada sobre la disponibilidad de recursos (1, 2). Sin embargo, los hallazgos microbiológicos y parasitológicos no permiten concluir directamente sobre efectos en la salud humana ni sobre la seguridad alimentaria de los hogares estudiados (7, 9, 10).

En conjunto, los resultados refuerzan la importancia de analizar los sistemas agroalimentarios rurales desde una perspectiva territorial y completa. El agua y el suelo son la base física de la producción, pero su uso efectivo depende del acceso a recursos productivos, las capacidades económicas y técnicas, las prácticas de manejo, la adopción de tecnología, la organización colectiva y las relaciones institucionales. Por eso, la sostenibilidad rural debe entenderse como el resultado de la interacción entre dimensiones ambientales, productivas, socioeconómicas y organizativas, no como consecuencia de un solo elemento del sistema (16, 17).

## CONCLUSIONES

La evaluación conjunta mostró diferencias entre Quindigua y Guanujo en temas ambientales y socioproductivos. El agua mostró cambios en sus datos fisicoquímicos y microbiológicos. En el agua se hallaron coliformes totales y fecales, y se detectó *Giardia* spp. en dos de las cuatro muestras. No se halló *Cryptosporidium* spp. en ninguna muestra. Estos hallazgos muestran por qué es importante mirar varios indicadores para entender el agua.

Los suelos de Quindigua y Guanujo eran ligeramente ácidos. Pero hubo diferencias en la materia orgánica. Quindigua tenía más materia orgánica, más carbono total y más nitrógeno total que Guanujo. Esto indica que los suelos en Quindigua y Guanujo son diferentes.

En el aspecto socioproductivo, se observó que el conocimiento sobre la soberanía alimentaria era limitado. Además, hubo restricciones en el acceso a recursos productivos y en el autoabastecimiento. La papa fue el cultivo más común. Tanto la zona de Quindigua como la de Guanujo enfrentaron problemas con las condiciones climáticas y económicas. Quindigua demostró mayor conocimiento sobre prácticas agrícolas diversas y sobre la asociatividad. En cambio, en Guanujo se detectaron mayores dificultades para conseguir alimentos y una menor capacidad para el autoabastecimiento.

La combinación de resultados reveló que suelos más favorables no siempre llevan a mejores condiciones de autoabastecimiento o soberanía alimentaria. Esto indica que existen interacciones entre los recursos naturales, las capacidades productivas, la tecnología, la organización y el apoyo institucional. Como el estudio fue exploratorio, con pocos datos y diferencias en el tiempo y en las unidades analizadas, no se pueden establecer relaciones causales. Sin embargo, estos resultados sirven como punto de partida para orientar estrategias de manejo sostenible y para futuras investigaciones en sistemas agroalimentarios andinos.

## AGRADECIMIENTOS (OPCIONAL)

Los autores agradecen a la Universidad Estatal de Bolívar por el financiamiento otorgado para el desarrollo de esta investigación, a través del proyecto “Diagnóstico de la soberanía alimentaria en la provincia Bolívar, Ecuador: retos y perspectivas para la sostenibilidad alimentaria regional”.

## CONTRIBUCIONES DE AUTOR (OPCIONAL)

Todos los autores declaran haber contribuido al desarrollo del presente trabajo

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Holguín Aguirre, M. T., & Sánchez Muñoz, M. del P. (2015). La gestión integrada de los recursos naturales, agua y suelo, como estrategia para mitigar el impacto del cambio climático. Mundo Siglo XXI, 10(36), 41–54. Repositorio FLACSO Andes
2. 2.Horel, Á. (2024). Soil-Plant-Water Systems and Interactions. Plants, 13(3), 358. https://doi.org/10.3390/plants13030358
3. Somoza, A., Vázquez, P., & Zulaica, L. (2018). Implementación de buenas prácticas agrícolas para la gestión ambiental rural. RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias, 44(3), 398–423. SciELO
4. Monyai, M., Dlamini, M. L., Richards, H., Khulu, S., Tutu, H., Banda, K., Nyambe, I., & Chimuka, L. (2026). Evaluación estacional de la calidad del agua y la química de los iones principales en la región baja del lago Kariba, Zambia. Scientific Reports, 16, 15196. https://doi.org/10.1038/s41598-026-44457-w
5. Yumbo, K., Ileer, V., Espinoza, W., Campos, D., Castro, R., & Chirinos, D. T. (2018). Determinación de la calidad de aguas mediante indicadores biológicos y físico-químicos en el río Paján, Manabí, Ecuador. INVESTIGATIO, (10), 32–40. https://revistas.uees.edu.ec/index.php/IRR/article/view/184
6. Coello-Cabezas, J. R., Jiménez-Gutiérrez, M. Y., Serrano-Castillo, B. J., & Herrera-Morales, G. C. (2023). Caracterización fisicoquímica y microbiológica de los cuerpos de agua para uso agropecuario. Agroecología Global. Revista Electrónica de Ciencias del Agro y Mar, 5(9), 4–20. https://doi.org/10.35381/a.g.v5i9.2509
7. World Health Organization. (2022). Microbial aspects. En Guidelines for drinking-water quality (4th ed., incorporating the 1st and 2nd addenda). World Health Organization. NCBI Bookshelf.
8. Palacios López, L. A., & Pinargote Bravo, V. J. (2024). Análisis correlacional del consumo de agua potable y su incidencia en la salud de los habitantes de la ciudad de Calceta. Revista Científica Multidisciplinaria InvestiGo, 5(9), 192–205. https://doi.org/10.56519/vpxdgj62
9. Fletcher, S. M., Stark, D., Harkness, J., & Ellis, J. (2012). Enteric protozoa in the developed world: A public health perspective. Clinical Microbiology Reviews, 25(3), 420–449. https://doi.org/10.1128/CMR.05038-11
10. Suárez, P., Alonso, J. L., & Vidal, G. (2026). Waterborne Protozoan Parasite and Thalassogenic Diseases in Marine Environment: Detection Techniques, Indicators and Public

Health Implications. Microorganisms, 14(1), 98. https://doi.org/10.3390/microorganisms14010098

11. Vogel, H.-J., Eberhardt, E., Franko, U., Lang, B., Ließ, M., Weller, U., Wiesmeier, M., & Wollschläger, U. (2019). Quantitative evaluation of soil functions: Potential and state. Frontiers in Environmental Science, 7, Article 164. https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00164
12. Țopa, D.-C., Căpșună, S., Calistru, A.-E., & Ailincăi, C. (2025). Sustainable practices for enhancing soil health and crop quality in modern agriculture: A review. Agriculture, 15(9), 998. https://doi.org/10.3390/agriculture15090998
13. Hamza, A., Karčauskienė, D., Mockevičienė, I., Repšienė, R., Tahir, M. A., Manzoor, M. Z., Kousar, S., Lodhi, S. S., Rasool, N., & Ullah, I. (2025). Soil aggregate dynamics and stability: Natural and anthropogenic drivers. Agriculture, 15(23), 2500. https://doi.org/10.3390/agriculture15232500
14. Chalco, I., Haro, R., Andrade, L., Díaz, N., Reyes, D., Villarreal, W., Gómez, E., Díaz, D., & Yerovi, F. (2021). Análisis de la edafo-climotoposecuencia y su influencia en la distribución de los suelos de la subcuenca del río Mira-Ecuador. RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias, 47(2), 181–18.
15. González Domínguez, G. K. (2025). Gestión ambiental en América Latina: Una revisión literaria. Aula Virtual, 6(13), e591. https://doi.org/10.5281/zenodo.20101858
16. Pretty, J. (2008). Agricultural sustainability: Concepts, principles and evidence. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 363(1491), 447–465. https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2163
17. Çakmakçı, R., Salık, M. A., & Çakmakçı, S. (2023). Assessment and principles of environmentally sustainable food and agriculture systems. Agriculture, 13(5), 1073. https://doi.org/10.3390/agriculture13051073
18. Cordero-Ahiman, O. V. (2022). Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria de Ecuador. Revista Chilena de Nutrición, 49(Supl. 1), 34–38. https://doi.org/10.4067/S0717-75182022000400034
19. Cárceles Rodríguez, B., Durán-Zuazo, V. H., Soriano Rodríguez, M., García-Tejero, I. F., Gálvez Ruiz, B., & Cuadros Tavira, S. (2022). Conservation agriculture as a sustainable system for soil health: A review. Soil Systems, 6(4), 87. https://doi.org/10.3390/soilsystems6040087
20. Ndayiragije, J. M., Fang, H., Abiduhaye, N., Nduwimana, L., Mbonihankuye, S., Shi, M., Li, Y., & Liu, N. (2025). Exploring socio environmental benefits of floodwater utilization in a changing climate world. iScience, 28, 113646. https://doi.org/10.1016/j.isci.2025.113646
21. Sáa Albán, V. H. (2010). Monografía de la provincia de Bolívar. Casa de la Cultura Ecuatoriana “Benjamín Carrión”, Núcleo de Bolívar. Documento original – Casa de la Cultura Ecuatoriana
22. Eriksen, J. (2009). Soil sulfur cycling in temperate agricultural systems. Advances in Agronomy, 102, 55–89. Academic Press. https://doi.org/10.1016/S0065-2113(09)01002-5
23. Zhou, W., McKenna, B. A., McLaren, T. I., Dalal, R. C., Bennett-Jones, J., & Kopittke, P. M. (2026). Fraction-specific pathways of sulfur cycling in agroecosystems with highly weathered soils. Agriculture, Ecosystems & Environment, 405, 110365. https://doi.org/10.1016/j.agee.2026.110365

24. Barnard, M., Dalal, R. C., McKenna, B. A., Wykes, J. L., Cowie, B. C. C., & Kopittke, P. M. (2025). Bringing soil sulfur to the forefront: How long-term cropping impacts sulfur speciation in soil organic matter fractions. Agriculture, Ecosystems & Environment, 393, 109833. https://doi.org/10.1016/j.agee.2025.109833

InvestiGO Revista Científica Multidisciplinaria
ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Octubre 2026
Vol. 7 No. 21, PP. 293-305
https://doi.org/10.56519/ep39ck94

# EXPERIENCIAS INMERSIVAS MEDIANTE REALIDAD VIRTUAL PARA EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS PRÁCTICAS EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 2020–2026

# IMMERSIVE EXPERIENCES THROUGH VIRTUAL REALITY FOR THE DEVELOPMENT OF PRACTICAL SKILLS IN HIGHER EDUCATION: A LITERATURE REVIEW 2020–2026

Wilmer Vicente Camino Mena[1], Estefany Gabriela Nazate Orbe[2], Verónica Guadalupe Viteri Cruz[3], José Francisco Falconí Novillo[4]

{wcaminom@unemi.edu.ec[1], enazateo@unemi.edu.ec[2], vviteric3@unemi.edu.ec[3], jfalconin@unemi.edu.ec[4]}

Fecha de recepción: 17/08/2026 / Fecha de aceptación: 08/10/2026 / Fecha de publicación: 14/10/2026

**RESUMEN: La incorporación de tecnologías inmersivas en la educación superior ha generado nuevas posibilidades para fortalecer experiencias de enseñanza-aprendizaje, especialmente en contextos donde la formación práctica requiere escenarios de simulación, interacción y experimentación, la realidad virtual constituye una herramienta de interés educativo debido a su capacidad para generar ambientes interactivos relacionados con situaciones académicas y profesionales, el objetivo de este estudio fue analizar, mediante una revisión bibliográfica, la influencia de la realidad virtual en el proceso de enseñanza aprendizaje en la educación superior durante el período 2020–2026, se desarrolló una investigación de enfoque cualitativo basada en la revisión y análisis de literatura científica localizada en las bases de datos Dialnet, Redalyc y SciELO, inicialmente se identificaron aproximadamente 200 artículos relacionados con el tema y, después de aplicar criterios de pertinencia y relación con el objeto de estudio, se seleccionaron 20 investigaciones para el análisis. Los resultados evidenciaron aportes de la realidad virtual en la formación práctica, la interacción, la motivación, el desarrollo de competencias, la simulación de escenarios profesionales y la participación estudiantil, se identificaron limitaciones relacionadas con los costos, disponibilidad de dispositivos, infraestructura tecnológica y capacitación docente, se determinó que la realidad virtual puede constituirse en un recurso complementario para fortalecer la formación universitaria, siempre que su incorporación responda a objetivos pedagógicos definidos y considere las condiciones tecnológicas e institucionales de cada contexto.**

[1]Universidad Estatal de Milagro-UNEMI, https://orcid.org/0009-0001-1943-2175 +593995629943
[2]Universidad Estatal de Milagro-UNEMI, https://orcid.org/0009-0008-8492-9517 +593 968086009
[3]Universidad Estatal de Milagro-UNEMI, https://orcid.org/0009-0003-5486-7005 +593999325806
[4]Universidad Estatal de Milagro-UNEMI, https://orcid.org/0000-0003-2623-115X

***Palabras clave: Realidad virtual; educación superior; enseñanza-aprendizaje; tecnologías inmersivas; formación profesional***

**ABSTRACT: The incorporation of immersive technologies in higher education has generated new possibilities to strengthen teaching and learning experiences, especially in contexts where practical training requires simulation, interaction, and experimentation scenarios. Virtual reality constitutes a tool of educational interest due to its capacity to generate interactive environments related to academic and professional situations. The objective of this study was to analyze, through a literature review, the influence of virtual reality on the teaching and learning process in higher education during the period 2020–2026. A qualitative research approach was developed based on the review and analysis of scientific literature located in the Dialnet, Redalyc, and SciELO databases. Initially, approximately 200 articles related to the topic were identified, and after applying criteria of relevance and relationship with the object of study, 20 investigations were selected for analysis. The results showed contributions of virtual reality to practical training, interaction, motivation, skills development, simulation of professional scenarios, and student participation. Limitations related to costs, device availability, technological infrastructure, and teacher training were identified. It was determined that virtual reality can be a complementary resource to strengthen university education, provided that its incorporation responds to defined pedagogical objectives and considers the technological and institutional conditions of each context.**

***Keywords: virtual reality; higher education; teaching and learning; immersive technologies; vocational training***

## INTRODUCCIÓN

La incorporación progresiva de tecnologías inmersivas en la educación superior ha generado nuevas posibilidades para enriquecer las experiencias de formación universitaria, entre estas herramientas, la realidad virtual permite construir escenarios digitales tridimensionales en los que los estudiantes pueden interactuar con objetos, situaciones y procedimientos que, en determinados campos profesionales, resultan difíciles de reproducir mediante metodologías convencionales, esta característica ha despertado interés académico debido a las posibilidades que ofrece para complementar la formación teórica con experiencias de carácter práctico y contextualizado.

En el período 2020–2026, las instituciones de educación superior han incrementado el interés por metodologías apoyadas en recursos tecnológicos capaces de favorecer una participación más activa del estudiante, la realidad virtual adquiere particular relevancia cuando se utiliza para representar situaciones profesionales, simulaciones y ambientes de aprendizaje que permiten aproximar al estudiante a experiencias semejantes a las que encontrará durante su ejercicio profesional. Su utilización puede adquirir especial importancia en áreas donde la práctica requiere equipamiento especializado, condiciones de seguridad, espacios determinados o procedimientos cuya repetición en escenarios reales puede resultar limitada.

El interés de esta investigación se centra, por tanto, en analizar el aporte de las experiencias inmersivas mediadas por realidad virtual al desarrollo de competencias prácticas en estudiantes de educación superior, el interés no radica únicamente en determinar si la tecnología mejora el aprendizaje, sino en identificar las características de las experiencias inmersivas, los ámbitos de aplicación y las competencias que pueden ser fortalecidas mediante su utilización, este enfoque permite abordar la realidad virtual como un recurso pedagógico vinculado con la formación práctica y con la preparación de los estudiantes para afrontar situaciones propias de su futuro desempeño profesional.

Las experiencias inmersivas pueden proporcionar oportunidades para observar, explorar, practicar y tomar decisiones dentro de ambientes digitales diseñados con propósitos educativos, en determinadas disciplinas, estas posibilidades pueden complementar las actividades desarrolladas en laboratorios, talleres, centros de simulación o escenarios profesionales, la posibilidad de repetir determinadas actividades y recibir retroalimentación durante el proceso puede favorecer espacios de práctica controlada, particularmente cuando existen restricciones relacionadas con recursos, infraestructura, tiempo o seguridad.

Desde el ámbito docente, la integración de estas tecnologías implica una transformación en la planificación de las actividades de aprendizaje, debido a que su utilidad educativa depende de la relación existente entre el recurso tecnológico, los objetivos formativos y las estrategias metodológicas empleadas, la presencia de dispositivos de realidad virtual no garantiza por sí misma una mejora en la formación universitario, su valor pedagógico debe analizarse considerando la pertinencia de los escenarios diseñados, el nivel de interacción, la orientación proporcionada por el docente y la relación entre la experiencia inmersiva y las competencias que se pretende desarrollar.

Desde esta perspectiva, resulta pertinente revisar la producción científica correspondiente al período 2020–2026 para identificar las principales tendencias relacionadas con el empleo de realidad virtual en experiencias de formación práctica dentro de la educación superior, el análisis bibliográfico permitirá reconocer los campos universitarios en los que se ha utilizado esta tecnología, las características de las experiencias inmersivas reportadas y las competencias asociadas con su aplicación educativa, permitirá identificar las principales aportaciones y limitaciones señaladas en la literatura especializada.

La importancia de este estudio se relaciona con la necesidad de disponer de una visión organizada de las evidencias existentes sobre el uso educativo de la realidad virtual orientado a la formación práctica. Los resultados pueden constituir un referente para docentes e instituciones de educación superior interesados en incorporar experiencias inmersivas de manera planificada, considerando tanto sus posibilidades pedagógicas como las condiciones necesarias para su implementación, el análisis contribuye a comprender el papel que pueden desempeñar las tecnologías inmersivas en procesos de formación vinculados con el desarrollo de competencias profesionales.

En función de lo expuesto, la presente investigación tiene como propósito analizar, mediante una revisión bibliográfica correspondiente al período 2020–2026, las experiencias inmersivas basadas

en realidad virtual utilizadas en la educación superior, con énfasis en su relación con el desarrollo de competencias prácticas y profesionales, para alcanzar este propósito se plantean los siguientes objetivos:

Identificar las principales aplicaciones de la realidad virtual inmersiva en la educación superior, especialmente aquellas relacionadas con la formación práctica.
Esto se refleja en la metodología y en los resultados, donde se analizan diferentes campos de aplicación.

Analizar las competencias y beneficios asociados al uso de experiencias inmersivas mediante realidad virtual, considerando aspectos como formación práctica, interacción, motivación, participación y desarrollo de competencias profesionales.

Identificar las principales limitaciones y condiciones necesarias para implementar realidad virtual en la educación superior, especialmente en relación con costos, dispositivos, infraestructura tecnológica y capacitación docente.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló mediante un enfoque cualitativo, basado en la revisión y análisis de literatura relacionada con las experiencias inmersivas mediante realidad virtual en el ámbito de la educación superior. Este procedimiento permitió recopilar información documental para identificar las principales aplicaciones de esta tecnología en espacios de formación universitaria, especialmente aquellas relacionadas con la práctica académica y el desarrollo de competencias profesionales.

Para la recopilación de información se realizó una búsqueda bibliográfica en las bases de datos Dialnet, Redalyc y SciELO, considerando publicaciones correspondientes al período 2020–2026. La búsqueda se orientó hacia documentos relacionados con realidad virtual, experiencias inmersivas, educación superior, simulación, formación práctica y competencias profesionales.

Como materiales de consulta se utilizaron artículos científicos y documentos académicos disponibles en las bases de datos seleccionadas. La información recuperada fue organizada mediante el gestor bibliográfico Zotero, herramienta que facilitó la clasificación de las referencias, la identificación de documentos duplicados y la organización de las fuentes utilizadas en el estudio.

Para la selección de la información se consideró la relación directa de los documentos con el tema investigado, priorizando aquellos estudios que abordaran la utilización de realidad virtual en contextos de educación superior y que aportaran información sobre experiencias inmersivas, simulación, formación práctica o desarrollo de competencias, se descartaron documentos duplicados y aquellos cuyo contenido no guardaba correspondencia con el objeto de estudio.

Después del proceso de búsqueda, organización y depuración documental, se seleccionaron 20 artículos considerados pertinentes para el desarrollo del estudio, la información obtenida fue

revisada y organizada de acuerdo con aspectos relacionados con las características de las experiencias inmersivas, sus principales aplicaciones en la educación superior, las competencias vinculadas con su utilización y las aportaciones identificadas en los estudios consultados.

Finalmente, se realizó un análisis cualitativo de la información recopilada, estableciendo coincidencias y diferencias entre los documentos seleccionados, este procedimiento permitió organizar los principales aportes de la literatura revisada y obtener una visión general sobre la utilización de experiencias inmersivas mediante realidad virtual como recurso complementario para la formación práctica en la educación superior durante el período 2020–2026.

## RESULTADOS

La búsqueda bibliográfica permitió identificar estudios relacionados con el uso de la realidad virtual inmersiva en el contexto de la educación superior, con énfasis en las experiencias de aprendizaje, la formación práctica y el desarrollo de competencias. Para la selección de los documentos se consideraron investigaciones publicadas entre 2020 y 2025, priorizando aquellas que abordaran de manera directa el empleo de entornos virtuales inmersivos, sus aplicaciones educativas, las experiencias de los estudiantes y las competencias asociadas a este tipo de recursos tecnológicos.

Se realizó una revisión de los documentos identificados con el propósito de determinar su pertinencia respecto al objeto de estudio, como resultado del proceso de selección, se estableció un corpus de 20 fuentes bibliográficas que presentaron correspondencia con el tema de investigación. Los estudios seleccionados permitieron analizar diferentes aplicaciones de la realidad virtual en la educación superior, particularmente en actividades de formación práctica, simulación de escenarios, interacción con entornos virtuales, desarrollo de habilidades y fortalecimiento de determinadas competencias académicas y profesionales.

Una vez identificados y seleccionados los documentos pertinentes, la información bibliográfica fue organizada mediante el gestor Zotero, lo que permitió sistematizar las referencias, facilitar su clasificación y evitar la duplicación de registros, la revisión de los estudios permitió establecer categorías relacionadas con las aplicaciones de la realidad virtual, las características de las experiencias inmersivas, el aprendizaje práctico, el desarrollo de competencias, la interacción y participación de los estudiantes, así como las principales limitaciones asociadas con su implementación en la educación superior.

Los resultados de la revisión evidencian que la realidad virtual inmersiva ha sido utilizada en diversos contextos de formación universitaria, especialmente en situaciones en las que la simulación de escenarios permite aproximar al estudiante a experiencias prácticas que pueden resultar difíciles de reproducir en ambientes educativos convencionales, los estudios revisados muestran interés en aspectos como la inmersión, la interactividad, la motivación, la participación, la carga cognitiva y el desarrollo de competencias, los resultados no son uniformes en todos los contextos, por lo que la incorporación de esta tecnología requiere considerar las características de la actividad formativa, el diseño del entorno virtual, las necesidades de los estudiantes y las condiciones institucionales para su implementación.

***Tabla 1. Estudios seleccionados sobre realidad virtual inmersiva y desarrollo de competencias en educación superior.***

| N.º | Autor(es) | Año | Título | Aporte para el artículo |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Radianti et al. | 2020 | *A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda* | Analiza aplicaciones de RV inmersiva en educación superior y elementos de diseño de experiencias inmersivas. (DOI) |
| 2 | Calvert & Abadia | 2020 | *Impact of immersing university and high school students in educational linear narratives using virtual reality technology* | Examina el uso de narrativas educativas inmersivas mediante RV y sus efectos en estudiantes. (DOI) |
| 3 | Chen & Hsu | 2020 | *Self-regulated mobile game-based English learning in a virtual reality environment* | Relaciona RV, aprendizaje autorregulado y aprendizaje de inglés mediante entornos virtuales. (ScienceDirect) |
| 4 | Barrett et al. | 2021 | *Understanding learners' acceptance of high-immersion virtual reality systems* | Estudia la aceptación de sistemas de RV de alta inmersión en estudiantes universitarios. (ScienceDirect) |
| 5 | Albus et al. | 2021 | *Signaling in virtual reality influences learning outcome and cognitive load* | Analiza la relación entre diseño de señales en RV, resultados de aprendizaje y carga cognitiva. (DOI) |
| 6 | Petersen et al. | 2022 | *A study of how immersion and interactivity drive VR learning* | Examina cómo la inmersión y la interactividad intervienen en el aprendizaje mediante RV. (DOI) |
| 7 | Liu | 2022 | *Effects of immersive virtual reality classrooms on students' academic achievement, motivation and cognitive load in science lessons* | Analiza rendimiento académico, motivación y carga cognitiva en clases de ciencias con RV inmersiva. (Universidad Nacional de Loja) |
| 8 | Gungor et al. | 2022 | *The Use of Virtual Reality in A Chemistry Lab and Its Impact on Students' Self-Efficacy, Interest, Self-Concept and Laboratory Anxiety* | Estudia el empleo de RV en laboratorio de química y variables vinculadas con la formación práctica. (DOI) |
| 9 | Ding & Li | 2022 | *A review of the application of virtual reality technology in higher education based on Web of Science literature data as an example* | Revisa tendencias de investigación sobre RV en educación superior a partir de literatura científica. (Frontiers) |
| 10 | Agbo et al. | 2023 | *Examining the relationships between students' perceptions* | Relaciona RV inmersiva con pensamiento |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | *of technology, pedagogy, and cognition: the case of immersive virtual reality mini games to foster computational thinking in higher education* | computacional, interacción y procesos cognitivos. (DOI) |
| 11 | Labanda Jaramillo et al. | 2024 | *Beneficios y potencialidades educativas de la realidad virtual en instituciones de educación superior* | Aporta evidencia contextual del sur del Ecuador a partir de 102 docentes universitarios. (Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila) |
| 12 | Sánchez-López et al. | 2024 | *Evaluating effectiveness of immersive virtual reality in promoting students' learning and engagement: a case study of analytical biotechnology engineering course* | Estudia RV inmersiva, aprendizaje y compromiso estudiantil en educación superior. (Frontiers) |
| 13 | Cabrera-Duffaut et al. | 2024 | *Immersive learning platforms: analyzing virtual reality contribution to competence development in higher education—a systematic literature review* | Es especialmente importante para el nuevo enfoque porque aborda directamente el desarrollo de competencias mediante RV. (Frontiers) |
| 14 | Di Natale et al. | 2024 | *Learning in the Metaverse: Are University Students Willing to Learn in Immersive Virtual Reality?* | Analiza la disposición de universitarios hacia experiencias educativas inmersivas. (Sage Journals) |
| 15 | Di Natale et al. | 2024 | *Desktop-based virtual reality social platforms versus video conferencing platforms for online synchronous learning in higher education* | Compara una plataforma social de RV con videoconferencia en aprendizaje universitario. (Wiley Online Library) |
| 16 | Bicalho et al. | 2024 | *Systematic Review of Educational Practices with Immersive Virtual Reality in Higher Education* | Revisión sistemática sobre prácticas educativas con RV inmersiva, beneficios, características y limitaciones. (Mediaciones) |
| 17 | Doğan et al. | 2024 | *Enhancing clinical law education through immersive virtual reality: A flow experience perspective* | Evidencia experimental sobre RV inmersiva aplicada a formación jurídica práctica. (DOI) |
| 18 | Stracke et al. | 2025 | *Immersive virtual reality in higher education: a systematic review of the scientific literature* | Revisión amplia de literatura reciente sobre RV inmersiva, beneficios, limitaciones y vacíos de investigación. (DOI) |
| 19 | Burke, Crompton & Nickel | 2025 | *The Use of Extended Reality (XR) in Higher Education: A Systematic Review* | Permite contextualizar la RV dentro de las tecnologías inmersivas utilizadas en educación superior. (Mediaciones) |
| 20 | Yu & Wang | 2025 | *Enhancing college students' creativity through virtual* | Analiza la relación entre RV y desarrollo de la |

| | | |
|---|---|---|
| | *reality technology: a systematic literature review* | creatividad en estudiantes universitarios. (Nature) |

***Fuente: Elaboración propia***

El análisis de los 20 estudios seleccionados evidencia una tendencia creciente hacia la incorporación de la realidad virtual inmersiva como recurso para fortalecer los procesos de enseñanza-aprendizaje en la educación superior, la literatura revisada muestra que las experiencias inmersivas no se limitan a favorecer la motivación o el compromiso del estudiante, sino que también se relacionan con procesos de interacción, aprendizaje, pensamiento computacional, formación experimental y desarrollo de competencias, los estudios más directamente vinculados con el objeto de esta investigación destacan la contribución de la realidad virtual al desarrollo de competencias en contextos universitarios y a la implementación de prácticas educativas inmersivas.

Se observa una diversificación de los campos de aplicación, incluyendo ciencias, química, biotecnología, formación jurídica y otros escenarios de educación superior, lo que evidencia el carácter transversal de esta tecnología, en conjunto, estos hallazgos permiten identificar a la realidad virtual inmersiva como una estrategia con potencial para generar entornos de aprendizaje experienciales y contextualizados, particularmente cuando su diseño se orienta al desarrollo de competencias prácticas, la literatura también señala la necesidad de continuar profundizando en las condiciones pedagógicas, tecnológicas y metodológicas que determinan su efectividad, aspecto relevante para orientar futuras investigaciones y consolidar evidencia sobre su aplicación en la formación profesional.

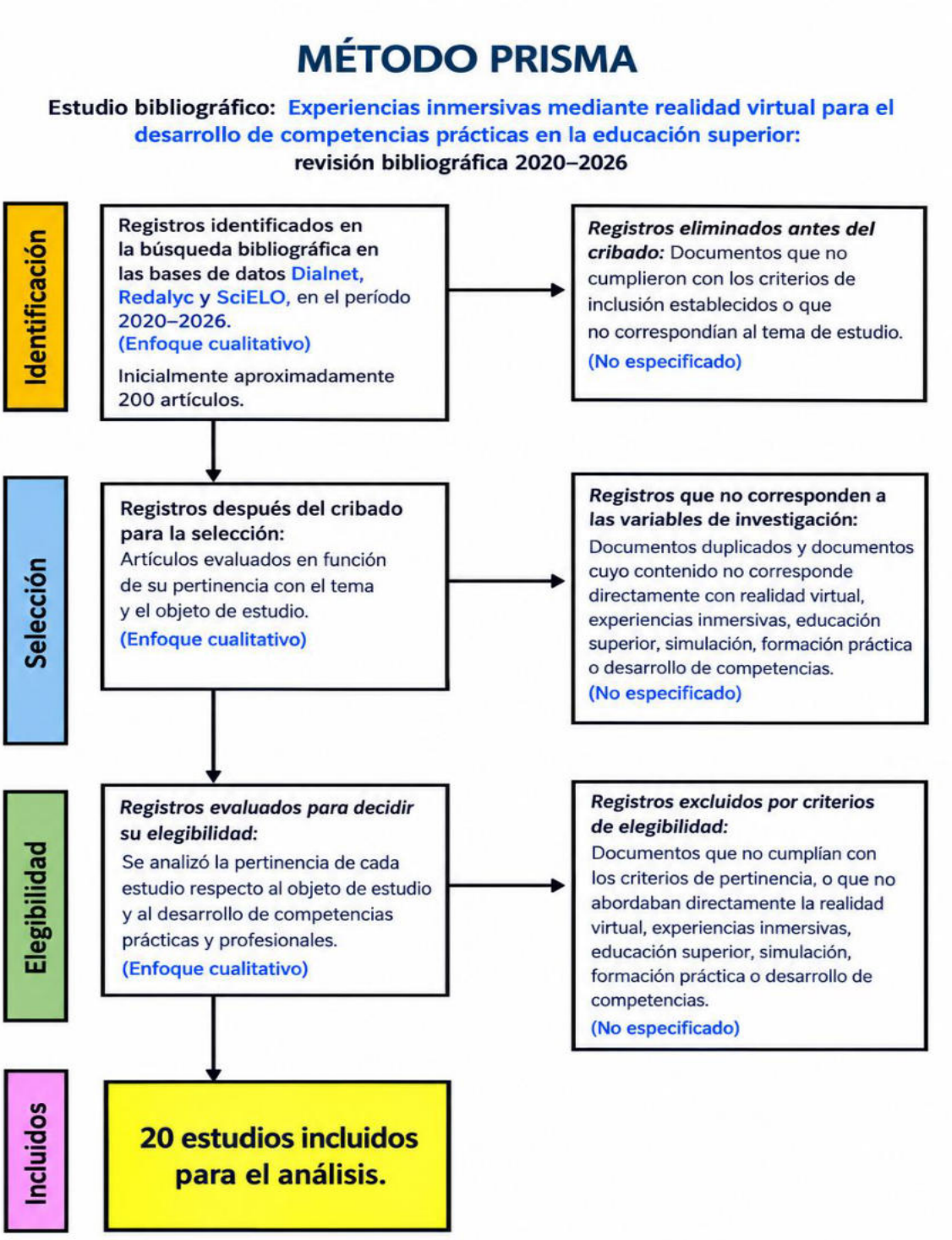



*Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA del proceso de selección de estudios.*

# DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos mediante la revisión bibliográfica permiten evidenciar que la realidad virtual (RV) constituye un recurso tecnológico con posibilidades relevantes para fortalecer experiencias de enseñanza-aprendizaje en la educación superior, de los aproximadamente 200 artículos identificados inicialmente en las bases de datos consultadas, se seleccionaron 20 estudios relacionados directamente con el objeto de investigación, el análisis permitió identificar aportes principalmente vinculados con la formación práctica, la interacción, la motivación, el desarrollo de competencias y la simulación de escenarios relacionados con el ejercicio profesional.

Uno de los principales aportes identificados corresponde a la capacidad de la RV para generar ambientes tridimensionales e interactivos en los que los estudiantes pueden explorar situaciones que no siempre pueden reproducirse fácilmente en espacios educativos convencionales. Radianti et al, destacan la importancia de los elementos de diseño de las aplicaciones inmersivas para favorecer su utilidad pedagógica en la educación superior (1). En este sentido, la RV puede complementar los contenidos teóricos mediante experiencias que permitan observar, experimentar y participar activamente en determinados escenarios de aprendizaje.

Esta posibilidad adquiere especial relevancia en la formación de competencias prácticas, los estudios revisados muestran aplicaciones de RV en áreas como ciencias, laboratorios, ingeniería y formación jurídica. Gungor et al. analizaron su utilización en un laboratorio de química y examinaron variables relacionadas con la autoeficacia, el interés, el autoconcepto y la ansiedad frente al laboratorio (8), mientras que Doğan et al, estudiaron su aplicación en la formación jurídica mediante escenarios inmersivos (17). Estos resultados permiten considerar la RV como un espacio de simulación previo o complementario a las experiencias reales, especialmente cuando existen restricciones de infraestructura, recursos, seguridad o disponibilidad de escenarios de práctica, Cabrera Duffaut et al. identificaron una relación entre las plataformas inmersivas y el desarrollo de competencias en educación superior (13). De manera complementaria, Petersen et al. analizaron la influencia de la inmersión y la interactividad en el aprendizaje mediante RV (6), estos aportes muestran que el valor educativo de esta tecnología depende de su articulación con objetivos de aprendizaje definidos, actividades pertinentes y experiencias que permitan al estudiante interactuar con situaciones relacionadas con su formación profesional.

Otro aspecto identificado corresponde a la participación y motivación. Calvert y Abadia analizaron experiencias educativas mediante narrativas inmersivas (2), mientras que Sánchez-López et al. estudiaron el aprendizaje y compromiso estudiantil mediante RV inmersiva en un curso de ingeniería en biotecnología (12), los resultados revisados permiten reconocer que los ambientes virtuales pueden generar experiencias diferentes a las producidas mediante recursos tradicionales, el uso de una tecnología inmersiva no garantiza por sí mismo mejores aprendizajes, debido a que su efectividad depende de la planificación, el diseño del entorno, la orientación docente y la relación entre la actividad tecnológica y las competencias que se pretende desarrollar.

También resulta necesario considerar la carga cognitiva. Albus et al. analizaron la relación entre determinados elementos de diseño de la RV, los resultados de aprendizaje y la carga cognitiva (5). Esto evidencia la importancia de organizar adecuadamente los estímulos presentes en los ambientes inmersivos, ya que una experiencia excesivamente compleja puede dificultar la comprensión de los contenidos. Por ello, el diseño debe mantener un equilibrio entre los componentes visuales, auditivos e interactivos y la finalidad pedagógica de la actividad.

Las revisiones de Ding y Li (9), Agbo et al. (10), Bicalho et al. (16) y Stracke et al. (18) muestran el crecimiento de la investigación sobre RV y realidad extendida en educación superior, Labanda Jaramillo et al. analizaron sus beneficios y potencialidades en instituciones de educación superior (11), mientras que Di Natale et al. estudiaron tanto la disposición de universitarios hacia experiencias de aprendizaje inmersivas (14) como el uso de plataformas sociales de RV frente a la videoconferencia para el aprendizaje sincrónico (15), estos estudios amplían la comprensión de la RV hacia dimensiones relacionadas con interacción, experiencia de usuario, aceptación y comunicación educativa.

A pesar de estas posibilidades, la revisión permitió identificar dificultades asociadas con la disponibilidad de dispositivos, costos de adquisición y mantenimiento, infraestructura tecnológica y capacitación docente. Burke et al. evidencian que la realidad virtual forma parte de un campo más amplio de tecnologías de realidad extendida cuya incorporación requiere condiciones institucionales adecuadas (19). De igual manera, Yu y Wang relacionan el uso de RV con el desarrollo de la creatividad en estudiantes universitarios, mostrando la diversidad de capacidades que pueden ser estudiadas mediante estas tecnologías (20).

La realidad virtual puede constituirse en un recurso complementario para la formación universitaria, particularmente cuando fortalece experiencias prácticas y aproxima a los estudiantes a situaciones relacionadas con su futuro desempeño profesional, su incorporación debe responder a una planificación pedagógica y considerar las condiciones tecnológicas e institucionales de cada contexto, la revisión también evidencia la necesidad de continuar investigando la transferencia de los aprendizajes adquiridos en ambientes virtuales hacia situaciones reales y las condiciones necesarias para una implementación sostenible.

## CONCLUSIONES

La revisión bibliográfica realizada permitió determinar que la realidad virtual constituye un recurso tecnológico con aplicaciones relevantes en la educación superior, particularmente en experiencias orientadas a la formación práctica y al desarrollo de competencias profesionales, el análisis de los 20 estudios seleccionados evidenció que los entornos inmersivos pueden favorecer la interacción, exploración, simulación y participación activa de los estudiantes, permitiendo aproximarlos a situaciones académicas y profesionales que, en determinados contextos, presentan dificultades para ser reproducidas mediante metodologías convencionales, la realidad virtual puede complementar la formación teórica mediante experiencias controladas y contextualizadas.

Los estudios analizados permitieron identificar que los beneficios educativos de la realidad virtual dependen de factores pedagógicos y tecnológicos. La inmersión y la interactividad pueden contribuir a generar experiencias de aprendizaje significativas, su incorporación no garantiza por sí misma mejores resultados académicos, la pertinencia de los escenarios virtuales, la claridad de los objetivos de aprendizaje, el acompañamiento docente y el diseño de las actividades son elementos necesarios para que la tecnología responda a las necesidades formativas de los estudiantes, por ello, su implementación debe integrarse dentro de una planificación pedagógica y no limitarse al uso de dispositivos tecnológicos.

Se identificaron dificultades relacionadas principalmente con los costos de adquisición y mantenimiento de los equipos, los requerimientos de infraestructura tecnológica, la disponibilidad de dispositivos y la capacitación docente, estas condiciones pueden limitar el acceso a experiencias inmersivas en instituciones con recursos restringidos, la incorporación de realidad virtual en la educación superior requiere considerar tanto sus posibilidades pedagógicas como las condiciones institucionales necesarias para garantizar su sostenibilidad, se plantea además la necesidad de continuar investigando sobre la transferencia de las competencias desarrolladas en ambientes virtuales hacia situaciones prácticas reales, con el propósito de ampliar la evidencia sobre su contribución a la formación profesional universitaria.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Radianti J, Majchrzak TA, Fromm J, Wohlgenannt I. A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: design elements, lessons learned, and research agenda. Comput Educ. 2020;147:103778. doi:10.1016/j.compedu.2019.103778.
2. Calvert J, Abadia R. Impact of immersing university and high school students in educational linear narratives using virtual reality technology. Comput Educ. 2020;159:104005. doi:10.1016/j.compedu.2020.104005.
3. Chen YL, Hsu CC. Self-regulated mobile game-based English learning in a virtual reality environment. Comput Educ. 2020;154:103910. doi:10.1016/j.compedu.2020.103910.
4. Barrett AJ, Pack A, Quaid ED. Understanding learners' acceptance of high-immersion virtual reality systems: insights from confirmatory and exploratory PLS-SEM analyses. Comput Educ. 2021;169:104214. doi:10.1016/j.compedu.2021.104214.
5. Albus P, Vogt A, Seufert T. Signaling in virtual reality influences learning outcome and cognitive load. Comput Educ. 2021;166:104154. doi:10.1016/j.compedu.2021.104154.
6. Petersen GBL, Petkakis G, Makransky G. A study of how immersion and interactivity drive VR learning. Comput Educ. 2022;179:104429. doi:10.1016/j.compedu.2021.104429.
7. Liu R, Wang L, Koszalka TA, Wan K. Effects of immersive virtual reality classrooms on students' academic achievement, motivation and cognitive load in science lessons. J Comput Assist Learn. 2022;38(5):1422-1433. doi:10.1111/jcal.12688.
8. Gungor A, Kool D, Lee M, Avraamidou L, Eisink N, Albada B, et al. The use of virtual reality in a chemistry lab and its impact on students' self-efficacy, interest, self-concept and laboratory anxiety. Eurasia J Math Sci Tech Ed. 2022;18(3):em2090. doi:10.29333/ejmste/11814.

9. Ding X, Li Z. A review of the application of virtual reality technology in higher education based on Web of Science literature data as an example. Front Educ. 2022;7:1048816. doi:10.3389/feduc.2022.1048816.
10. Agbo FJ, Olaleye SA, Bower M, Oyelere SS. Examining the relationships between students' perceptions of technology, pedagogy, and cognition: the case of immersive virtual reality mini games to foster computational thinking in higher education. Smart Learn Environ. 2023;10:16. doi:10.1186/s40561-023-00233-1.
11. Labanda Jaramillo M, Ruiz Ordóñez RE, Gutierres Camacho L. Beneficios y potencialidades educativas de la realidad virtual en instituciones de educación superior. Rev Tse'de. 2024;7(1). doi:10.60100/tsede.v7i1.185.
12. Sánchez-López AL, Jáuregui-Jáuregui JA, García-Carrera NA, Perfecto-Avalos Y. Evaluating effectiveness of immersive virtual reality in promoting students' learning and engagement: a case study of analytical biotechnology engineering course. Front Educ. 2024;9:1287615. doi:10.3389/feduc.2024.1287615.
13. Cabrera-Duffaut A, Pinto-Llorente AM, Iglesias-Rodríguez A. Immersive learning platforms: analyzing virtual reality contribution to competence development in higher education—a systematic literature review. Front Educ. 2024;9:1391560. doi:10.3389/feduc.2024.1391560.
14. Di Natale AF, Repetto C, Costantini G, Riva G, Bricolo E, Villani D. Learning in the Metaverse: are university students willing to learn in immersive virtual reality? Cyberpsychol Behav Soc Netw. 2024;27(1):28-36. doi:10.1089/cyber.2022.0395.
15. Di Natale AF, Repetto C, Villani D. Desktop-based virtual reality social platforms versus video conferencing platforms for online synchronous learning in higher education: an experimental study to evaluate students' learning gains and user experience. J Comput Assist Learn. 2024;40(6):3454-3473. doi:10.1111/jcal.13075.
16. Bicalho DR, Piedade JMN, Matos JFLM. Systematic review of educational practices with immersive virtual reality in higher education. Medi@ções. 2024;12(1):95-111. doi:10.60546/mo.v12i1.410.
17. Doğan E, Şahin F, Şahin YL, Kobak K, Okur MR. Enhancing clinical law education through immersive virtual reality: a flow experience perspective. Learn Instr. 2024;94:101989. doi:10.1016/j.learninstruc.2024.101989.
18. Stracke CM, Bothe P, Adler S, Heller ES, Deuchler J, Pomino J, et al. Immersive virtual reality in higher education: a systematic review of the scientific literature. Virtual Real. 2025;29:64. doi:10.1007/s10055-025-01136-x.
19. Burke D, Crompton H, Nickel C. The use of extended reality (XR) in higher education: a systematic review. TechTrends. 2025;69:998-1011. doi:10.1007/s11528-025-01092-y.
20. Yu H, Wang J. Enhancing college students' creativity through virtual reality technology: a systematic literature review. Humanit Soc Sci Commun. 2025;12:693. doi:10.1057/s41599-025-05044-y.

InvestiGO Revista Científica Multidisciplinaria
ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Octubre 2026
Vol. 7 No. 21, PP. 306-320
https://doi.org/10.56519/sbc9t527

# ESTRATEGIAS INCLUSIVAS Y DESARROLLO ACADÉMICO EN ESTUDIANTES CON TRASTORNOS DEL ESPECTRO AUTISTA

# INCLUSIVE STRATEGIES AND ACADEMIC DEVELOPMENT IN STUDENTS WITH AUTISM SPECTRUM DISORDERS

Dayana Nicole Berrones Carrasco[1]

{dayanaberrones27@hotmail.com[1]}

Fecha de recepción: 08/09/2026 / Fecha de aceptación: 08/10/2026 / Fecha de publicación: 14/10/2026

**RESUMEN: El estudio Estrategias Inclusivas y Desarrollo Académico en Estudiantes con Trastorno de Espectro Autista analiza generalmente la contribución de los Sistemas Aumentativos y Alternativos de Comunicación (SAAC), el Diseño Universal de Aprendizaje (DUA) y la tutoría entre pares en el desarrollo académico de estudiantes con Trastorno del Espectro Autista (TEA). Este estudio parte del reconocimiento de que la inclusión se realiza mediante la presencia del estudiante en el aula de clase y requiere la implementación de estrategias inclusivas que favorezcan a las necesidades individuales y potencien sus habilidades comunicativas, cognitivas y sociales. De manera específica se buscó identificar los recursos pedagógicos que potencien a las habilidades comunicativas, sociales y cognitivas y describir la relación de dichas estrategias con el desempeño académico. Se empleo un enfoque cualitativo con alcance descriptivo, a través de un análisis documental de literatura científica publicada entre 2021 y 2025 y la observación directa de estudiantes con TEA, nivel 1 y comunicación verbal limitada y nivel 2 con comunicación gestual. La técnica de recolección de información fue de observación sistemática, aplicada mediante una guía de observación estructurada que evalúo indicadores comunicativas, cognitivas y sociales. Mediante los resultados se evidencian mejoras en la comunicación funcional mediante la implementación de los Sistemas Aumentativos y Comunicativos (SAAC), mayor autonomía y comprensión de tareas con ayuda del Diseño Universal de Aprendizaje (DUA), y el avance en la interacción social y la cooperación mediante la tutoría entre pares. En consecuencia, los resultados sugieren la articulación de estrategias inclusivas que favorecen condiciones más accesibles en el aprendizaje para la mejora del proceso académico de cada estudiante.**

***Palabras clave: Educación, inclusión, TEA, Comunicación, DUA, SAAC***

**ABSTRACT: The study Inclusive Strategies and Academic Development in Students with Autism Spectrum Disorder examines the contribution of Augmentative and Alternative Communication (AAC) systems, Universal Design for Learning (UDL), and peer tutoring to the academic development of students with Autism Spectrum Disorder (ASD). The study is grounded in the understanding that inclusion goes beyond mere classroom presence; it requires**

[1]Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), https://orcid.org/0009-0009-7230-5907

**the implementation of inclusive strategies that address individual needs and enhance communicative, cognitive, and social skills. Specifically, the study aimed to identify pedagogical resources that boost these skills and to describe the relationship between such strategies and academic performance. A qualitative, descriptive approach was employed, utilizing a documentary analysis of scientific literature published between 2021 and 2025, alongside direct observation of students with ASD (Level 1 with limited verbal communication and Level 2 with gestural communication). Data collection involved systematic observation using a structured guide to assess communicative, cognitive, and social indicators. The results demonstrate improvements in functional communication through the implementation of AAC systems, increased autonomy and task comprehension via UDL, and progress in social interaction and cooperation through peer tutoring. Consequently, the findings suggest that integrating inclusive strategies—thereby fostering more accessible learning conditions—enhances the academic process for each student.**

***Keywords: Education, inclusion, TEA, communication, DUA, SAAC***

# INTRODUCCIÓN

La educación inclusiva se ha convertido en un reto para los sistemas educativos, especialmente porque las aulas están constituidas por una diversidad de estudiantes que cuentan con características diferentes de aprender, de comunicarse y de relacionarse. Esta realidad toma mayor importancia cuando se trata de escolares con Trastorno del Espectro Autista (TEA), ya que su inclusión no debería limitarse únicamente a garantizar su presencia en la sala de clase. También es necesario generar condiciones que favorezcan su participación activa, el aprendizaje y su desarrollo integral. Para ello, resulta importante reconocer las particularidades de cada estudiante y, a partir de ellas, identificar las barreras que dificultan su experiencia educativa, entre ellas dentro de las prácticas pedagógicas, se pueden mencionar a la comunicación, las relaciones sociales y la organización escolar (1). Desde esta perspectiva, el TEA, comprende una condición de neurodesarrollo asociado a características heterogéneas que pueden manifestarse de manera diferenciada en los ámbitos de la comunicación, la interacción social y determinados procesos cognitivos. Por tal razón, las instituciones educativas no deberán sustentarse en estrategias homogéneas, sino en prácticas pedagógicas flexibles que permitan brindar apoyo a las necesidades y potenciar las habilidades de cada estudiante.

En la dimensión comunicativa, algunos estudiantes con TEA, presentan dificultades relacionadas con el uso pragmático del lenguaje, la interacción social y el mantenimiento de conversaciones. Estas características pueden causar falencias en la comprensión de consignas y situaciones que requieran la comunicación, condicionando la participación en actividades académicas. (2). De tal manera que los Sistemas Aumentativos y Alternativos de Comunicación (SAAC) a través de estudios se ha determinado que permiten complementar el habla a través de varias formas de la comunicación: los pictogramas, los tableros y los gestos pueden facilitar la expresión de necesidades y la participación enfocada en el desarrollo de las habilidades comunicativas. Pauta Ipiales y Casco Guamán (3) examinan estos recursos desde una investigación documental y destacan la necesidad de que los docentes conozcan de su aplicación para el mejoramiento del

proceso de enseñanza – aprendizaje. Reaño (4) sitúa la elección de estos sistemas en relación con las necesidades funcionales de cada persona. Por ello un apoyo visual no contribuye por si solo un sistema de comunicación, importa cómo se utiliza para intercambiar mensajes. Cahuana Cuentas et al. (5) revisan las funciones ejecutivas en el TEA, lo que proporciona un marco para comprender necesidades relacionadas con la planificación y la flexibilidad. En la práctica escolar, secuenciar las consignas y hacer visible el orden de una actividad puede reducir las demandas de organización. No obstante, observar que un estudiante completa una tarea no equivale a medir sus funciones ejecutivas ni demuestra un cambio en su capacidad cognitiva.

El Diseño Universal del Aprendizaje (DUA), ofrece un enfoque para planificar oportunidades de aprendizaje accesibles mediante la implementación de diversas formas de representación, acción y expresión. De la Fuente-Gonzales et. al. (6) revisan su incorporación en la formación docente y lo vinculan con la utilización de apoyos individualizados que se integran con el aula de clases y favorecen a las necesidades de cada estudiante. En cuanto la dimensión social, la tutoría entre pares permite organizar la colaboración en torno a una tarea o un objetivo de aprendizaje. Representa una estrategia pedagógica orientada a generar oportunidades de cooperación y favorecer la interacción entre compañeros. Por otra parte, los recursos didácticos adquieren importancia cuando se relacionan con actividades de participación. El análisis documental de Solís et al. (7) sitúa a los recursos como practicas inclusivas en educación. A partir de este marco, resulta imprescindible analizar cómo se relacionan los recursos, el SAAC, el DUA y la tutoría entre pares y de qué manera contribuye al desarrollo académico de los estudiantes.

Dentro del corpus realizado por la autora se plantean interrogantes sobre la continuidad de los apoyos, su aplicación y la relación entre práctica inclusiva y la práctica docente. El presente estudio se centra en esta última relación, mediante la descripción de recursos y estrategias que ayuden al desarrollo académico de este grupo de estudiantes. Es así que, se genera la necesidad de individualizar estrategias y examinar su aplicación enfocados en la comunicación, interacción y en los procesos cognitivos (1,6,7,9). En este estudio, el desarrollo académico se aborda a través de la comprensión de consignas, ejecución de actividades y participación en situaciones académicas. La pregunta de investigación es: ¿Cómo contribuyen las estrategias inclusivas al desarrollo académico de los estudiantes con Trastorno del Espectro Autista?, en correspondencia con esta interrogante, el objetivo general consiste en analizar la contribución de las estrategias inclusivas al desarrollo académico de estudiantes con TEA, los objetivos específicos son:

1. Identificar los recursos pedagógicos que favorecen el desarrollo de las habilidades comunicativas y sociales de los estudiantes con TEA.
2. Determinar las estrategias metodológicas inclusivas que favorecen la comunicación y la interacción social en el contexto educativo.
3. Describir la relación entre las estrategias inclusivas, los recursos pedagógicos y el desempeño académico de los estudiantes con TEA.

# MATERIALES Y MÉTODOS

## Enfoque y diseño del estudio

El estudio se desarrolla bajo un enfoque cualitativo, con alcance descriptivo, y tuvo como propósito analizar la contribución de estrategias específicas inclusivas en del desarrollo académico de estudiantes con TEA. En correspondencia con los objetivos planteados, se realizó una revisión documental de literatura científica con un estudio de campo basado en la observación directa. La distinción entre diseño, técnicas e interpretación se apoya en el marco metodológico de Hernández-Sampieri y Mendoza (10).

El análisis bibliográfico se aprobó en una matriz de 18 estudios, organizados en tres campos: tipo de artículo, identificación de autores, síntesis de resultados y discusión, mismas que atribuyeron a la obtención de la brecha del conocimiento. El corpus se establece desde el 2020 al 2025 para mayor contextualización, además que se incluyen estudios que aportan validez a esta investigación. La matriz se dividió en dos categorías, de alto impacto y regionales, en donde constan razones para la selección de las estrategias, dentro de ellas incluyen a los recursos móviles, SAAC, pictogramas, DUA, tutoría entre pares enfocadas en la comunicación y la colaboración. Se excluyen las políticas curriculares como estrategia de intervención directa y las intervenciones escolares generales por su menor especificidad metodológica. Estas son razones de selección de estrategias, no criterios completos de inclusión y exclusión de artículos.

La fase de campo incluyó a dos estudiantes con TEA: una estudiante de 6 años (E1), diagnosticada con TEA, grado 1, con comunicación limitada y un estudiante de 8 años (E2) diagnosticado con TEA, grado 2, con comunicación no verbal solo gestual. En E1, el trabajo se enfatizó en la participación social y académica el seguimiento de indicaciones claras y las rutinas, considerando sus necesidades comunicativas. En E2, se priorizó las rutinas claras, secuencia de actividades, junto con las dificultades de interacción social, orientadas a apoyos en la comunicación. Ambos estudiantes presentaban un desarrollo académico limitado por la falta de desarrollo de habilidades comunicativas, sociales y cognitivas.

La técnica de recolección de información fue la observación, apoyada en la Guía de observación elaborada por la autora y tuvo como finalidad reconocer características comunicativas, sociales y cognitivas, dicha guía contiene 22 indicadores observables, ocho de comunicación, seis de proceso cognitivo y ocho de interacción social, organizada en 10 parámetros. Utiliza una escala ordinal de frecuencia con tres categorías: Nunca, A veces y Frecuentemente. Se realizaron 20 sesiones grupales de 40 minutos cada una: diez antes y diez después de la incorporación de los apoyos. Las sesiones se desarrollaron conjuntamente con E1 y E2 y con otros niños de 7 y 8 años, sin dificultades identificadas. Estos compañeros formaron parte de las actividades de interacción y cooperación; no constituyeron un grupo de control. Las actividades descritas incorporaron pictogramas y tableros de comunicación, instrucciones secuenciadas, recursos visuales y manipulativos y colaboración con compañeros. La guía fue validada mediante juicio de experto por el docente tutor Félix Rosero, según la información aportada por la autora. La correspondencia entre objetivos, dimensiones y conductas observables constituye la base conceptual del instrumento (10).

**El análisis se estructuró en las siguientes dimensiones:**

En la dimensión comunicativa se consideraron indicadores relacionados con la comprensión de instrucciones, el inicio y mantenimiento de interacciones y la utilización de recursos verbales, gestuales y visuales. En la dimensión cognitiva se analizaron aspectos vinculados con la comprensión de consignas estructuradas, la resolución de actividades mediante diferentes formas de representación, la organización de tareas y la capacidad para iniciar, mantener y finalizar actividades escolares.

En la dimensión social se consideraron la participación cooperativa, la interacción con pares y docentes, la solicitud de ayuda, el respeto de normas y turnos y la expresión y regulación de emociones. Estas dimensiones permitieron establecer una correspondencia entre los fundamentos conceptuales identificados en la revisión documental y los comportamientos observables en el contexto educativo.

## RESULTADOS

Los resultados derivados de la aplicación de la guía de observación evidenciaron cambios favorables en las dimensiones de comunicación, proceso cognitivo e interacción social, estos hallazgos se interpretan como evidencias situadas del comportamiento observado y no como estimaciones generalizables a la población de estudiantes con TEA.

En la dimensión comunicativa, ambos estudiantes mostraron avances en la comunicación funcional, particularmente mediante la utilización de tableros de comunicación y pictogramas. Estos recursos facilitaron la expresión de necesidades, emociones y acciones, y permitieron ampliar las posibilidades de interacción dentro de las actividades escolares.

En el ámbito cognitivo se observaron cambios relacionados con la comprensión y ejecución de actividades estructuradas, especialmente cuando las instrucciones fueron acompañadas de apoyos visuales y presentadas de manera secuencial. La utilización de diferentes modalidades de representación contribuyó a organizar las demandas de las tareas y facilitó la participación de los estudiantes en las actividades propuestas.

En la dimensión social se identificaron avances en la interacción con los pares, la participación cooperativa y la solicitud de ayuda. La incorporación de actividades de tutoría entre pares generó oportunidades de interacción estructurada y favoreció la participación conjunta en tareas escolares. Estos resultados son coherentes con la literatura revisada, que señala el potencial de las estrategias cooperativas para fortalecer simultáneamente las dimensiones académica y social.

En conjunto, las observaciones realizadas sugieren que la articulación de SAAC, DUA y tutoría entre pares puede contribuir a generar condiciones pedagógicas más accesibles para los estudiantes participantes. Los hallazgos muestran, particularmente, una relación entre el uso de apoyos comunicativos y la mejora de la comunicación funcional; entre la estructuración y diversificación de las actividades y la participación en las tareas; y entre las dinámicas cooperativas y las oportunidades de interacción social.

No obstante, estos resultados deben interpretarse considerando el carácter descriptivo del estudio, el reducido número de participantes y la ausencia de un grupo de comparación. En consecuencia, las variaciones observadas no permiten establecer por sí mismas relaciones causales entre la aplicación de las estrategias y los cambios registrados. Su principal aporte consiste en proporcionar evidencia contextualizada sobre la forma en que determinadas estrategias inclusivas pueden articularse para responder a necesidades comunicativas, cognitivas y sociales en el contexto escolar.

Los resultados obtenidos mediante la aplicación de la guía de observación muestran variaciones favorables en las dimensiones de comunicación, proceso cognitivo e interacción social de los dos estudiantes evaluados. Estas variaciones se identificaron durante las actividades desarrolladas con apoyo de las estrategias inclusivas seleccionadas. En particular, se observaron cambios en el uso funcional de recursos comunicativos, en la comprensión y ejecución de actividades estructuradas y en la participación en situaciones de interacción cooperativa. Dado el carácter descriptivo del estudio y el número reducido de participantes, los resultados se interpretan como evidencias correspondientes al contexto y a los estudiantes observados, sin establecer relaciones causales ni generalizaciones hacia la población de estudiantes con TEA.

***Tabla 1. Resultados en base a la comunicación.***

| **Parámetros** | **Desarrollo de la comunicación** | **Avances observados** | **Interpretación** |
|---|---|---|---|
| Comprende instrucciones verbales sencillas | Inicia conversaciones espontáneamente y responde de manera pertinente. | • Inicia conversaciones espontáneamente.<br>• Responde de manera pertinente<br>• Participa de manera oral, gestual y simbólico con autonomía. | • Se evidencia iniciativa al iniciar conversaciones sin necesidad de estímulo externo, lo que refleja un avance en la autonomía comunicativa.<br>• La pertinencia en las respuestas evidenció que comprendieron las consignas verbales y gestuales, logrando integrarse en las dinámicas de aula con mayor seguridad. |
| Desarrolla aprendizajes a través de la comunicación | Comprensión de preguntas y organización de respuestas | • Comprende preguntas sencillas.<br>• Organiza la información antes de responder.<br>• Relaciona contenidos con actividades académicas. | • Se observó que los estudiantes lograron organizar sus ideas antes de responder, lo que favoreció la claridad en la comunicación académica.<br>• Al relacionar contenidos con actividades, demostraron capacidad para transferir aprendizajes a situaciones concretas. |
| Utiliza recursos verbales, gestuales o visuales | Emplea recursos para expresar necesidades y emociones mediante a través de gestos y apoyos. | • Emplea pictogramas para expresar necesidades.<br>• Utiliza gestos para comunicar emociones.<br>• Integra apoyos visuales en la interacción. | • El uso de pictogramas permitió que los estudiantes expresaran necesidades básicas sin dificultad, reduciendo la frustración comunicativa.<br>• La comunicación gestual facilitó la expresión de emociones, |

| | |
|---|---|
| | generando un ambiente más inclusivo y participativo. |

Los resultados de esta dimensión muestran que el uso de apoyos comunicativos se vinculó con una mayor presencia de conductas comunicativas funcionales durante las situaciones observadas. En particular, los pictogramas y tableros de comunicación fueron utilizados para expresar necesidades, mientras que los gestos complementaron la expresión de emociones. También se observó que los estudiantes podían organizar sus respuestas y relacionar determinados contenidos con actividades académicas. En relación con estos hallazgos, Pauta Ipiales y Casco Guamán (10) señalan la utilidad de los SAAC para favorecer la comunicación y la participación en el aula. En el presente estudio, esta correspondencia se manifiesta en el uso funcional de apoyos visuales y gestuales, aunque los resultados observados no permiten atribuir causalmente los cambios exclusivamente a la aplicación del SAAC.

## Procesos cognitivos

La Tabla 5 presenta los resultados relacionados con el proceso cognitivo. Las observaciones muestran que los estudiantes pudieron seguir instrucciones organizadas secuencialmente, utilizar recursos visuales, manipulativos y kinestésicos durante la resolución de actividades y mantener la secuencia de trabajo hasta finalizar las tareas propuestas. También se registraron manifestaciones relacionadas con la atención y la retención de información en las actividades desarrolladas. En conjunto, estos resultados permiten identificar cambios favorables en la ejecución de tareas cuando las demandas académicas se presentaron mediante instrucciones estructuradas y diferentes formas de representación.

***Tabla 2. Resultados obtenidos sobre los procesos cognitivos.***

| Parámetros | Desarrollo en el proceso cognitivo | Avances observados | Interpretación |
|---|---|---|---|
| Comprende instrucciones de forma clara | Reestructura las indicaciones paso a paso. | ✓ Reestructura consignas paso a paso.<br>✓ Resuelve actividades de manera autónoma.<br>✓ Mejora el rendimiento académico. | ✓ La presentación de instrucciones en pasos permitió que los estudiantes completaran actividades sin apoyo constante, evidenciando autonomía.<br>✓ El rendimiento académico mejoró al reducir errores en la ejecución de tareas, mostrando comprensión efectiva de consignas. |
| Resuelve problemas aplicando diversas formas de representación | Utiliza diversos recursos para resolver problemas, mejorando la estrategia de comprensión. | | ✓ El uso de recursos visuales, kinestésicos y manipulativos facilitó la resolución de problemas, adaptándose a diferentes estilos de aprendizaje.<br>✓ La participación activa reflejó motivación y confianza en sus capacidades cognitivas. |
| Inicia, desarrolla y finaliza las | Mantiene la secuencia de pasos | ✓ Gestiona el tiempo en base a las actividades a desarrollar. | ✓ Los estudiantes demostraron capacidad para iniciar y concluir actividades sin |

| | | | |
|---|---|---|---|
| actividades escolares | hasta concluir la actividad. | ✓ Mantiene atención y concentración.<br>✓ Retiene información de forma prolongada. | interrupciones, fortaleciendo la autorregulación.<br>✓ La atención sostenida permitió retener información y aplicarla en actividades posteriores, consolidando aprendizajes. |

En esta dimensión, las observaciones indican que la estructuración de las consignas y la utilización de diferentes recursos de representación estuvieron acompañadas de una ejecución más autónoma de las actividades. Los estudiantes pudieron seguir secuencias de trabajo, emplear materiales visuales y manipulativos y mantener la atención durante el desarrollo de las tareas. Asimismo, se registró la capacidad para iniciar y finalizar las actividades propuestas. Estos resultados guardan relación con lo señalado por De la Fuente-González et al. (2025) respecto de la utilización de estructuras claras y diferentes modalidades de apoyo en procesos educativos dirigidos a estudiantes con TEA. Sin embargo, debido al diseño descriptivo del estudio, estos hallazgos deben entenderse como variaciones observadas en las condiciones específicas de aplicación y no como evidencia suficiente para establecer que el DUA produjo directamente las mejoras registradas.

## Interacción social

La Tabla 6 presenta los resultados correspondientes a la interacción social. Los registros muestran participación en actividades cooperativas, aceptación de roles definidos, solicitud de ayuda a compañeros y cumplimiento de normas básicas de interacción. También se observaron conductas relacionadas con la identificación y regulación de emociones durante las situaciones de interacción. Estos resultados permiten reconocer una mayor participación de los estudiantes en dinámicas compartidas y una utilización más frecuente de conductas de cooperación y solicitud de apoyo en el contexto escolar observado.

***Tabla 3. Resultados obtenidos enfocados en la interacción social.***

| Parámetros | Desarrollo en la interacción social | Avances observados | Interpretación |
|---|---|---|---|
| Participa en actividades cooperativas | Colabora en tareas grupales con roles definidos | • Colabora en tareas grupales.<br>• Asume roles definidos.<br>• Tolera cambios en actividades. | • La colaboración en tareas grupales evidenció disposición para trabajar en equipo, fortaleciendo la inclusión.<br>• La aceptación de roles y cambios mostró flexibilidad social y adaptación a nuevas dinámicas. |
| Acepta y solicita ayuda de compañeros | Solicita apoyo cuando lo necesita | • Solicita apoyo cuando lo necesita.<br>• Genera iniciativa en la interacción.<br>• Mejora la convivencia escolar. | • La solicitud de ayuda reflejó confianza en sus compañeros, promoviendo relaciones de apoyo.<br>• La iniciativa en la interacción fortaleció la convivencia y la cooperación en el aula. |
| Respeta normas sociales básicas en la interacción | Sigue normas básicas de acuerdo al entorno | • Respeta turnos de participación. | • El respeto por los turnos de participación favoreció la organización de las actividades. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | • Comparte materiales.<br>• Disminuye conductas disruptivas. | • La disminución de conductas disruptivas generó un ambiente más armónico y funcional. |
| Expresa emociones de manera adecuada en interacción con compañeros | Regula emociones y resuelve conflictos en interacciones con sus compañeros. | • Identifica sus emociones.<br>• Regula emociones ante cambios.<br>• Resuelve conflictos pacíficamente. | • La identificación de emociones permitió que los estudiantes reconocieran sus estados internos y los comunicaran de forma adecuada.<br>• La regulación emocional facilitó la resolución pacífica de conflictos, promoviendo la armonía en el aula. |

Los resultados de la dimensión social muestran que los estudiantes participaron en actividades cooperativas, asumieron roles y recurrieron a sus compañeros para solicitar ayuda. Asimismo, se observaron conductas asociadas con el respeto de turnos, el intercambio de materiales y la regulación de respuestas emocionales. Estos hallazgos son consistentes con lo señalado por Martínez y Durán (2021) acerca del potencial de la tutoría entre pares para promover cooperación e interacción, y con Carter et al. (16), quienes destacan la relevancia de la interacción entre compañeros en contextos inclusivos. En el presente estudio, la tutoría entre pares se relacionó con oportunidades concretas de participación e interacción; no obstante, la evidencia obtenida no permite determinar que esta estrategia sea la única responsable de los cambios observados.

**Integración de los resultados**

Considerados conjuntamente, los resultados muestran variaciones favorables en las tres dimensiones analizadas. En la dimensión comunicativa, los principales cambios se relacionaron con el uso funcional de pictogramas, gestos y otros apoyos para expresar necesidades y emociones, así como con la participación en intercambios comunicativos. En el proceso cognitivo, las observaciones se concentraron en la ejecución secuencial de instrucciones, el uso de diferentes recursos para resolver actividades y la capacidad para mantener la secuencia de trabajo hasta finalizar las tareas. En la dimensión social, los cambios observados estuvieron relacionados con la participación cooperativa, la solicitud de ayuda, el seguimiento de normas y la regulación de emociones.

La articulación de estos resultados permite observar que las estrategias analizadas responden a dimensiones diferentes pero relacionadas del proceso educativo. El SAAC se vinculó principalmente con situaciones de comunicación funcional; el DUA con la estructuración y diversificación de las actividades de aprendizaje; y la tutoría entre pares con situaciones de cooperación e interacción social. Por tanto, los resultados respaldan la pertinencia de considerar estas estrategias de manera complementaria dentro del contexto estudiado, sin que ello implique establecer una relación causal directa entre cada estrategia y los cambios observados.

# DISCUSIÓN

En relación con el primer objetivo, los pictogramas, tableros y gestos constituyen los recursos identificables en las descripciones de campo. Su interés está en ofrecer medios para participar cuando el habla no basta o requiere apoyo. Esta lectura coincide con la orientación documental de Pauta Ipiales y Casco Guamán (3) y con la perspectiva funcional de Reaño (4). Sin embargo, la disponibilidad de un recurso no garantiza que el estudiante pueda utilizarlo de manera autónoma en otros contextos. La elección del vocabulario, la enseñanza de su uso y las oportunidades de intercambio requieren documentación específica.

Respecto del segundo objetivo, se reconocen tres formas de organización pedagógica: utilizar recursos con una finalidad comunicativa, secuenciar y diversificar las actividades y generar oportunidades de colaboración. Su complementariedad resulta pertinente porque comunicarse, comprender la tarea e interactuar son condiciones relacionadas en la experiencia escolar. Castro López et al. (1) permiten situar estos apoyos dentro de una respuesta educativa individualizada y participativa.

Dentro de las estrategias identificadas en la literatura, los SAAC adquieren especial relevancia en aquellos estudiantes que presentan necesidades significativas en el ámbito de la comunicación funcional. Estos sistemas incluyen recursos como pictogramas, tableros de comunicación y dispositivos electrónicos con salida de voz, cuya selección debe responder a las características y necesidades comunicativas individuales. Su implementación requiere evaluación inicial, selección del sistema, enseñanza progresiva y generalización de su utilización en diferentes situaciones académicas y sociales. En este proceso, la mediación docente resulta fundamental para reforzar el uso funcional de los recursos y favorecer su incorporación en las actividades cotidianas del aula ((8); (6); (9)).

De acuerdo con Pauta Ipiales y Casco Guamán (10), la utilización de SAAC se relacionó con variaciones favorables en determinados indicadores comunicativos. Entre los resultados reportados se encuentran incrementos en las iniciativas comunicativas y en la comprensión, así como mejoras en la participación en el aula y una reducción de conductas disruptivas. Estos hallazgos constituyen un referente para analizar el potencial de los recursos aumentativos y alternativos como parte de una respuesta educativa orientada a disminuir las barreras comunicativas.

***Tabla 4. Resultados reportados tras la aplicación de SAAC.***

| Indicador | Porcentaje de mejora |
|---|---|
| Iniciativas comunicativas | 350 % |
| Comprensión | 213,8 % |
| Participación en el aula | 33,1 % |
| Reducción de conductas disruptivas | 27,6 % |

Elaborado a partir de los resultados reportados por Pauta Ipiales y Casco Guamán (10). Los porcentajes corresponden a los indicadores y condiciones metodológicas establecidos en el estudio de referencia.

Otra estrategia relevante es el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), enfoque que propone anticipar y reducir las barreras que pueden limitar el acceso, la participación y la expresión de los aprendizajes. Su aplicación se sustenta en la diversificación de las formas de representación, acción y expresión, de manera que un mismo contenido pueda abordarse mediante diferentes recursos y modalidades de participación. Así, la incorporación de apoyos visuales, explicaciones orales y actividades prácticas puede ampliar las posibilidades de acceso y respuesta de los estudiantes (4).

La literatura citada en este estudio ha identificado resultados favorables asociados con la aplicación del DUA. Rodrigo et al. (11) reportan tamaños de efecto elevados en determinadas variables relacionadas con el rendimiento académico, mientras que Rao et al. (12) y Smith et al. (13) destacan su contribución a la equidad y a la participación educativa. De manera complementaria, Ruiz Ariza (14) señala mejoras relacionadas con la comprensión y la participación activa de estudiantes con TEA, mientras que Arteaga Mera et al. (15) vinculan la implementación del enfoque con mayores posibilidades de autonomía en el aprendizaje.

***Tabla 5. Resultados reportados tras la aplicación del DUA.***

| Indicador | Porcentaje de mejora |
|---|---|
| Rendimiento académico | 28 % |
| Participación activa | 35 % |
| Autonomía en el aprendizaje | 22 % |

*Elaborado a partir de los resultados reportados en las fuentes citadas.*

De forma complementaria, la tutoría entre pares constituye una estrategia orientada al fortalecimiento de la cooperación y la interacción social en contextos inclusivos. Su aplicación implica organizar a los estudiantes en parejas o pequeños grupos y establecer temporalmente roles de tutor y tutorado para alcanzar objetivos comunes de aprendizaje. Esta metodología puede incorporarse en actividades de lectura, matemáticas, trabajos cooperativos y otras experiencias escolares, bajo la orientación y supervisión del docente (5). La evidencia citada señala que esta estrategia puede favorecer la comprensión de contenidos académicos y, simultáneamente, generar oportunidades para el desarrollo de habilidades sociales y actitudes positivas entre compañeros (Carter et al., 2021; Chan et al., 2023; Bilbao et al., 2025).

***Tabla 6. Resultados reportados en experiencias de tutoría entre pares.***

| Indicador | Porcentaje de mejora |
|---|---|
| Comprensión académica | 25 % |
| Habilidades sociales | 30 % |
| Percepción positiva de los compañeros | 40 % |

En cuanto al tercer objetivo específico, los resultados permitieron describir la relación entre las estrategias inclusivas, los recursos pedagógicos y el desempeño observado durante las actividades escolares. La utilización de instrucciones secuenciadas y recursos visuales, manipulativos y kinestésicos estuvo acompañada de una mayor autonomía en la ejecución de determinadas tareas, mientras que los apoyos comunicativos facilitaron la participación en situaciones académicas. Estos resultados guardan relación con los planteamientos de De la Fuente-González et al. (2025) sobre la importancia de estructurar y diversificar los apoyos

educativos. Sin embargo, no permiten afirmar que la aplicación del DUA haya producido directamente las variaciones observadas, debido a las características del diseño empleado.

## CONCLUSIONES

El estudio permitió analizar la utilización de estrategias inclusivas dirigidas a estudiantes con TEA a partir de una revisión documental y de la observación de dos estudiantes en el contexto escolar. Los resultados muestran variaciones favorables en las dimensiones comunicativa, cognitiva y social consideradas en la guía de observación. No obstante, debido al carácter descriptivo del estudio y al reducido número de participantes, estas evidencias deben interpretarse dentro de las condiciones particulares en las que fueron obtenidas y no como resultados generalizables a todos los estudiantes con TEA.

Respecto del segundo objetivo específico, se determinaron estrategias metodológicas orientadas a favorecer la comunicación y la interacción social, entre ellas la utilización de apoyos comunicativos y la tutoría entre pares. En las observaciones realizadas se registró participación en actividades cooperativas, solicitud de ayuda, aceptación de roles y seguimiento de normas básicas de interacción. En consecuencia, la tutoría entre pares puede considerarse una estrategia pertinente dentro de las condiciones observadas, particularmente como medio para generar oportunidades estructuradas de interacción.

De manera integrada, los resultados sugieren que las tres estrategias abordadas presentan funciones diferenciadas dentro del proceso de inclusión educativa. Los SAAC proporcionaron apoyos para la comunicación funcional; el DUA permitió estructurar y diversificar las formas de presentación y desarrollo de las actividades; y la tutoría entre pares generó oportunidades de cooperación e interacción social. Esta complementariedad constituye uno de los principales hallazgos interpretativos del estudio, puesto que las dimensiones analizadas no se presentan de manera independiente en la experiencia escolar, sino que se relacionan en el desarrollo cotidiano de las actividades.

En este sentido, los resultados respaldan la necesidad de considerar la inclusión educativa desde una perspectiva multidimensional, en la que las condiciones de comunicación, aprendizaje e interacción social sean atendidas de manera articulada. La evidencia obtenida en los dos estudiantes observados muestra que la incorporación de apoyos específicos estuvo acompañada de variaciones favorables en diferentes comportamientos relacionados con su participación escolar. No obstante, la magnitud y estabilidad de estos cambios requieren ser examinadas mediante estudios con muestras más amplias, instrumentos validados y diseños que permitan establecer comparaciones más rigurosas.

Finalmente, el estudio permite concluir que la utilización articulada de recursos y estrategias inclusivas constituye una alternativa pedagógica pertinente para atender las necesidades observadas en estudiantes con TEA dentro del contexto analizado. La principal aportación del estudio no radica en demostrar una relación causal entre las estrategias y el desempeño, sino en documentar cómo su utilización se relacionó con manifestaciones observables en las dimensiones comunicativa, cognitiva y social. Estos resultados proporcionan una base contextual para

continuar investigando la implementación de estrategias inclusivas y su relación con la participación y el desempeño académico de estudiantes con TEA

## AGRADECIMIENTOS

Con profunda fe y gratitud, agradezco a Dios y a María Auxiliadora, por ser mi refugio y la luz que me han acompañado en cada paso de este mano.

A mis padres, por ser mi mayor inspiración y el ejemplo que guía mi vida. De manera especial, a mi madre, por estar presente en cada paso, por sostenerme con su amor y por creer en mi incluso cuando yo misma dudaba.

A mis hermanos, gracias por sus palabras, por su apoyo y por impulsarme siempre a ser mejor cada día.

A Joaquín Zabala, quien, sin saberlo, se convirtió en una de las mayores motivaciones para continuar preparándome y buscar siempre ofrecer una educación más humana, inclusiva y significativa. Su presencia en mi camino como docente me recordó que educar también es aprender, transformar y crear caminos para cada estudiante.

A mis abuelitos, que, aunque ya no están físicamente, siguen siendo parte de cada uno de mis pasos y continúan guiándome desde el cielo. A mi querido hermano de corazón, Mi primo J.C., quien desde el cielo sigue enviándome esos abrazos que tanto extraño y que llevo siempre conmigo.

Y a cada una de las personas que fueron parte de este proceso, gracias por estar presentes, por sus palabras de ánimo, por celebrar mis logros y por acompañarme también en los momentos difíciles.

Este logro lleva un pedacito de cada uno de ustedes.

Con amor Niky.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Castro López DP, Pulla Abad CA, Minchala Bacuilima WR, Moscoso Bernal SA. La atención a estudiantes con trastorno del espectro autista como componente de la calidad educativa. Revista de Educación Inclusiva. 2024;17(1):301-314.
2. Muñoz Sánchez E, Belda-Torrijos M, Sánchez Pedroche A. La comunicación pragmática en TEA grado 1 asociado al síndrome de Asperger en la segunda infancia. International Journal of New Education. 2023;(12):123-146. doi:10.24310/ijne.12.2023.17822.
3. Pauta Ipiales JM, Casco Guamán PD. Los sistemas aumentativos y alternativos de comunicación para estimular la interacción en niños autistas dentro del aula de clases. Revista Científica UISRAEL. 2023;10(3):171-186. doi:10.35290/rcui.v10n3.2023.825.

4. Reaño E. Lenguaje, autismo y comunicación aumentativa alternativa. Revista de Investigaciones de la Universidad Le Cordon Bleu. 2022;9(2):82-89. doi:10.36955/RIULCB.2022v9n2.008.
5. Cahuana Cuentas MI, Ramírez Chávez M, Chávez Perea MJ, Maldonado López M, Quispe Huahuasonco A. Funciones ejecutivas en el trastorno espectro autista: una revisión actualizada. Revista de Psicología. 2024;14(1):77-92. doi:10.36901/b3g7vj07.
6. De la Fuente-González S, Menéndez Álvarez-Hevia D, Rodríguez-Martín A. Diseño Universal para el Aprendizaje. Una revisión sistemática de su papel en la formación docente. Alteridad. 2025;20(1):113-128. doi:10.17163/alt.v20n1.2025.09.
7. Martínez E, Durán D. Efectos de la tutoría entre iguales como estrategia de educación inclusiva en el alumnado con trastorno del espectro autista de educación infantil y primaria. Revista Latinoamericana de Educación Inclusiva. 2021;15(2):227-246. doi:10.4067/S0718-73782021000200227.
8. Sanahuja Ribés A, Moliner García O, Moliner Miravet L. La tutoría entre iguales como práctica inclusiva en educación primaria: la participación del alumnado y de las familias. Estudios Pedagógicos. 2022;48(1):109-124. doi:10.4067/S0718-07052022000100109.
9. Solís E, Gallegos M, Chamorro Enríquez P. Análisis documental de las prácticas inclusivas, con énfasis en los recursos didácticos, para estudiantes con TEA en educación inicial. Ecos de la Academia. 2023;9(18):51-67. doi:10.53358/ecosacademia.v9i18.913.
10. Hernández-Sampieri R, Mendoza C. Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Ciudad de México: McGraw-Hill; 2018.
11. De la Iglesia Gutiérrez M, Olivar Parra JS. Intervenciones sociocomunicativas en los trastornos del espectro autista de alto funcionamiento. Revista de Psicopatología y Psicología Clínica. 2008;13(1):1-19. doi:10.5944/rppc.vol.13.num.1.2008.4046.
12. Guzmán Cóndor RJ, Huayna Dueñas AM. Herramienta móvil para desarrollar habilidades de comunicación en infantes con trastorno de espectro autista. Revista Peruana de Computación y Sistemas. 2022;4(1):37-50. doi:10.15381/rpcs.v4i1.24126.
13. Zurita Díaz AJ, Calleja Reina M. Enhancing communication and behavioral skills in Spanish-speaking children with autism spectrum disorder using SymboTalk and EC+: A pilot study. Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología. 2025;45(3):100526. doi:10.1016/j.rlfa.2025.100526.
14. Tīģere I, Bethere D, Jurs P, Ļubkina V. Developing Inclusive Preschool Education for Children with Autism Applying Universal Learning Design Strategy. Education Sciences. 2025;15(6):638. doi:10.3390/educsci15060638.
15. Mendoza Pin SA, Rosero Solorzano SA, Montiel Arreaga RC. Estrategias inclusivas para la integración efectiva de estudiantes con trastornos del espectro autista TEA en aulas regulares: Un enfoque multidimensional en la educación ecuatoriana. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar. 2024;8(6):3487-3511. doi:10.37811/cl_rcm.v8i6.15106.
16. Meza Peralta JM, Zambrano Santos RO. Estrategia inclusiva para fortalecer el aprendizaje de niños con trastornos del aspecto autista en educación básica. Código Científico Revista de Investigación. 2025;6(E2):253-266. doi:10.55813/gaea/ccri/v6/nE2/1026.

17. Benallie KJ, McClain MB, Bakner KE, Roanhorse T, Ha J. Executive functioning in children with ASD + ADHD and ASD + ID: A systematic review. Research in Autism Spectrum Disorders. 2021;86:101807. doi:10.1016/j.rasd.2021.101807.
18. Keen D, Webster A, Ridley G. How well are children with autism spectrum disorder doing academically at school? An overview of the literature. Autism. 2016;20(3):276-294. doi:10.1177/1362361315580962.
19. McDougal E, Riby DM, Hanley M. Profiles of academic achievement and attention in children with and without Autism Spectrum Disorder. Research in Developmental Disabilities. 2020;106:103749. doi:10.1016/j.ridd.2020.103749.
20. Siano VP, Trejos Barris N, Rubiales J, Bakker L. Estrategias de intervención escolar para estudiantes con trastorno de espectro autista. Revista Reflexión e Investigación Educacional. 2025;7(1):1-17. doi:10.22320/reined.v7i1.7085.

InvestiGO Revista Científica Multidisciplinaria
ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Octubre 2026
Vol. 7 No. 21, PP. 321-333
https://doi.org/10.56519/w9rrhz55

# EFECTO DE LA ESTIMULACIÓN DE ONDAS FOLICULARES CON ECG SOBRE LA PRODUCCIÓN IN VITRO DE EMBRIONES, EN VACAS BOS INDICUS

# EFFECT OF FOLLICULAR WAVE STIMULATION USING ECG ON IN VITRO EMBRYO PRODUCTION IN BOS INDICUS COWS

María José Lozano Briones[1], Andrés Moscoso[2], Juan Alvarado[3], Manuel Maldonado[4], Daniel Argudo[5]

{maria.lozano@est.ucacue.edu.ec [1], amoscosop@ucacue.edu.ec [2], jalvaradoa@ucacue.edu.ec[3], mmaldonadoc@ucacue.edu.ec[4], daniel.argudo@uga.edu[5]}

Fecha de recepción: 11/09/2026 / Fecha de aceptación: 08/10/2026 / Fecha de publicación: 14/10/2026

**RESUMEN: El presente trabajo analizó el efecto de la estimulación de las ondas foliculares con gonadotropina coriónica equina (eCG) sobre la población folicular, la competencia ovocitaria y la producción in vitro de embriones (PIVE) en vacas Bos indicus de la línea Gyr. El objetivo fue determinar la respuesta folicular durante la primera y segunda onda, comparar el número y la calidad de los ovocitos recuperados con y sin estimulación hormonal y evaluar su efecto sobre el desarrollo embrionario. La muestra estuvo constituida por cuatro vacas Gyr mestizas, con uno a tres partos, distribuidas en dos tratamientos: dos animales recibieron 600UI de eCG dos días antes de cada aspiración folicular y dos conformaron el grupo sin eCG. Las aspiraciones mediante OPU se realizaron los días 4 y 14 del ciclo estral, y los complejos cúmulo-ovocito fueron evaluados y sometidos a maduración, fecundación y cultivo embrionario in vitro. Los resultados mostraron una respuesta numéricamente favorable con eCG: la media de folículos del ovario izquierdo aumentó de 6,75 mm a 8,75 mm; la media de embriones viables totales, de 1,25 a 3,75; y la media de blastocitos, de 0,25 a 2,50. En total, se obtuvieron 15 embriones viables con eCG frente a 5 sin eCG. Las diferencias entre tratamientos no fueron estadísticamente significativas (p>0,05), excepto en el análisis complementario de embriones viables. Se concluyó que la administración de 600UI de eCG dos días antes de la OPU favoreció numéricamente la respuesta folicular y la producción embrionaria, aunque su efecto sobre la calidad embrionaria no fue concluyente.**

[1]Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Católica de Cuenca-Ecuador, https://orcid.org/0009-0000-5450-7083; +593968968418.
[2]Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Católica de Cuenca – Ecuador, https://orcid.org/0000-0002-4017-0165.
[3]Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Católica de Cuenca – Ecuador, https://orcid.org/0000-0002-7240-179X.
[4]Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Católica de Cuenca – Ecuador, https://orcid.org/0000-0002-1507-2280.
[5]Department of Population Health, College of University Medicine, University of Georgia, Athens, Georgia, USA, https://orcid.org/0000-0001-6430-7413

*Palabras clave: eCG, ondas foliculares, ovocitos, producción in vitro de embriones, Bos indicus*

**ABSTRACT: This study analysed the effect of follicular wave stimulation with equine chorionic gonadotrophin (eCG) on the follicular population, oocyte competition and in vitro production of embryos (IVEB) in Bos indicus cows of the Gyr line. The aim was to determine the follicular response during the first and second waves, to compare the number and quality of oocytes retrieved with and without hormonal stimulation, and to evaluate its effect on embryonic development. The sample consisted of four Gyr crossbred cows, with one to three calvings, divided into two treatment groups: two animals received 600 IU of eCG two days before each follicular aspiration, and two formed the group without eCG. The aspirations by OPU were carried out on days 4 and 14 of the oestrous cycle, and the cumulus-oocyte complexes were evaluated and subjected to maturation, fertilisation and in vitro embryo culture. The results showed a numerically favourable response with eCG: the mean follicle size in the left ovary increased from 6.75 mm to 8.75 mm; the mean total number of viable embryos, from 1.25 to 3.75; and the mean number of blastocysts, from 0.25 to 2.50. In total, 15 viable embryos were obtained with eCG compared with 5 without eCG. The differences between treatments were not statistically significant (p>0.05), except in the supplementary analysis of viable embryos. It was concluded that the administration of 600 IU of eCG two days prior to OPU numerically favoured follicular response and embryo production, although its effect on embryo quality was inconclusive.**

*Keywords: eCG, follicular waves, oocytes, in vitro embryo production, Bos indicus*

## INTRODUCCIÓN

La eCG es ampliamente utilizada en protocolos reproductivos por su actividad tipo FSH y LH y su prolongada vida media, favoreciendo el crecimiento folicular y el entorno endocrino; sin embargo, persiste el debate sobre el momento óptimo de aplicación respecto a las ondas foliculares, especialmente en condiciones tropicales (1). Asimismo, la producción in vitro de embriones (PIVE) constituye una biotecnología fundamental para el mejoramiento genético y la eficiencia reproductiva, cuyo éxito depende de la cantidad y competencia biológica de los ovocitos recuperados (2). En este contexto, el presente estudio evaluó el efecto de la estimulación de las ondas foliculares con eCG sobre la población folicular, la competencia ovocitaria y la producción in vitro de embriones en vacas Bos indicus, con el propósito de generar evidencia que contribuya a optimizar los protocolos de aspiración folicular, incrementar la eficiencia de la técnica y fortalecer el desarrollo sostenible de la ganadería tropical ecuatoriana (3).

Aunque la eCG optimiza la respuesta folicular y superovulatoria, en Ecuador su uso es limitado por los elevados costos de los protocolos reproductivos (4). Además, no existe consenso sobre el momento óptimo de aplicación de eCG, lo que puede afectar la recuperación y competencia ovocitaria (5). En consecuencia, la escasez de estudios nacionales limita la identificación de estrategias eficientes para optimizar la producción embrionaria en condiciones tropicales ecuatorianas (6).

Es asi que Baruselli et al., (2013) señalaron que la eCG mejora la respuesta ovárica, especialmente en animales en anestro o con baja condición corporal, aunque su eficacia varía entre razas Bos Taurus y Bos indicus (7). Asimismo, Cristancho, (2022) determinó que la sincronización de la onda folicular tuvo mayor influencia que el uso de FSH o eCG sobre la recuperación de ovocitos y la producción de blastocitos (8). De igual forma, Medina et al., (2023) demostraron que la calidad ovocitaria y la producción embrionaria dependen principalmente de la raza y que las dosis de eCG generan respuestas diferentes entre bovinos europeos y cebuinos (9). Finalmente, García et al., (2025) concluyeron que, aunque la eCG incrementó el número de folículos, no mejoró significativamente la competencia ovocitaria ni la producción de blastocitos, lo que evidencia que el momento de aplicación hormonal continúa siendo un factor determinante para optimizar la PIVE (10), donde el éxito de la PIVE depende del número y competencia de los ovocitos recuperados, factores influenciados por la dinámica folicular y el estado fisiológico del folículo (11).

En este contexto, la eCG debido a su acción semejante a FSH y LH y su extensa vida media, estimula el desarrollo folicular y puede favorecer la eficiencia reproductiva (2). Además, promueve el crecimiento folicular final, la actividad lútea y la concentración de progesterona, contribuyendo a optimizar la calidad ovocitaria y el desarrollo embrionario (12).

De tal manera que la calidad ovocitaria determina el éxito de la PIVE al influir en el desarrollo embrionario, y favorece el mejoramiento genético mediante un mayor aprovechamiento de hembras de alto mérito genético (3). Entre sus ventajas, la PIVE permite recolectar ovocitos con alta frecuencia y optimizar el uso de semen; sin embargo, su eficiencia depende de factores biológicos, reproductivos y económicos(13).

Por otro lado, la dinámica folicular en bovinos se desarrolla mediante ondas controladas por el eje hipotálamo-hipófisis-ovárico, en el cual las hormonas FSH y LH regulan el crecimiento, la selección y la dominancia de los folículos, mientras que la progesterona y el estradiol intervienen en el control de la ovulación y la regresión de los folículos subordinados (5). En las razas *Bos indicus*, el menor diámetro folicular y luteal, la mayor sensibilidad a las gonadotropinas y el mayor número de folículos antrales favorecen la respuesta ovárica y la eficiencia de las biotecnologías reproductivas, incluida la producción *in vitro* de embriones (14), donde la calidad y competencia ovocitaria dependen de la fase de la onda folicular. Durante el reclutamiento, los ovocitos presentan mayor capacidad de maduración, mientras que la dominancia puede reducirla por procesos de atresia. Además, los folículos medianos (3–8 mm) contienen ovocitos con mayor potencial de desarrollo embrionario (15). La sincronización de las ondas foliculares antes de la OPU incrementa la proporción de ovocitos competentes y mejora las tasas de blastocitos al homogenizar la población folicular recuperada (16).

Por su parte la sincronización de ondas foliculares permite controlar la emergencia de una nueva onda y reducir la influencia del folículo dominante. Mediante protocolos hormonales, facilita la programación precisa de la OPU, independientemente de la fase del ciclo estral, y favorece una respuesta ovárica más homogénea (17). La sincronización incrementa la disponibilidad de folículos en crecimiento y reduce la variabilidad entre sesiones, favoreciendo la recuperación de

ovocitos viables. Aunque no siempre mejora su calidad morfológica, puede aumentar la eficiencia global de la producción *in vitro* de embriones (18) .

Para esto es necesario comprender que la gonadotropina coriónica equina (eCG) es una hormona glicoproteica de origen placentario, producida por las células trofoblásticas del endometrio de yeguas gestantes entre los días 40 y 120 de gestación (19). En el ganado bovino, presenta una acción dual semejante a las hormonas FSH y LH, permitiendo estimular el reclutamiento y desarrollo folicular, favorecer la selección y dominancia folicular, además de inducir la ovulación y luteinización, por lo que es ampliamente empleada en protocolos de sincronización reproductiva e inseminación artificial a tiempo fijo (20). Su elevada concentración de ácido siálico confiere a la eCG una vida media prolongada y una acción sostenida, favoreciendo una respuesta folicular estable, mayor desarrollo del folículo preovulatorio y una mejor función lútea (21).

También es necesario comprender que la administración de eCG en bovinos sometidos a OPU mantiene la calidad ovocitaria y puede favorecer la fecundación, especialmente en animales *Bos indicus* criados bajo condiciones tropicales (9). Asimismo, el uso de dosis controladas de eCG puede favorecer la competencia ovocitaria y el desarrollo embrionario, mejorando la eficiencia de los programas de PIVE sin comprometer la calidad embrionaria (1).

La aplicación de gonadotropina coriónica equina (eCG) estimula el crecimiento de folículos dominantes de mayor tamaño, los cuales posteriormente forman cuerpos lúteos de mayor volumen y vascularización, favorecen una producción elevada de progesterona y mejoran considerablemente la función luteal (22). La progesterona regula el ambiente uterino, la competencia ovocitaria y el desarrollo embrionario temprano, favoreciendo la sincronía embrión-útero. En este contexto, el uso estratégico de eCG puede mejorar la función secretora del cuerpo lúteo y contribuir a la eficiencia de la PIVE(1).

## MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló en la parroquia Santa María del Toachi, provincia Santo Domingo de los Tsáchilas, a 700 m. s. n. m, en un sistema semi intensivo de producción de leche. La muestra estuvo constituida por cuatro vacas Gyr mestizas, con un mínimo de un parto y un máximo de tres, seleccionadas previamente mediante evaluación ecográfica transrectal. Los criterios de selección fueron: número de partos y días abiertos comparables, condición corporal entre 2,5 y 3,0 y actividad ovárica cíclica, evidenciada por la presencia de ondas foliculares y de un cuerpo lúteo funcional. El estudio se ejecutó bajo un diseño cuasi experimental comparativo y un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), conformando bloques según el número de partos y los días abiertos.

Los animales fueron asignados a dos tratamientos experimentales: Tratamiento 1 (T1) dos vacas previamente sincronizadas que recibieron 600UI de gonadotropina coriónica equina (eCG), Tratamiento 2 (T2), dos vacas sincronizadas sin eCG. Ambos grupos fueron sometidos al mismo protocolo de sincronización del celo y se diferenciaron únicamente por la administración de la hormona.

En el T1 se administraron 600 UI de eCG (FOLI-REC ZOOVET®, ARGENTINA) dos días antes de cada aspiración folicular, correspondientes a los días 2 y 12 del ciclo estral; las sesiones de ovum pick-up (OPU) se realizaron en los días 4 y 14, respectivamente con una bomba de aspiración (WTA, BV-003D, BRASIL). En el T2 las aspiraciones ováricas se efectuaron en los mismos días, pero sin la aplicación de eCG. Los complejos cúmulo-ovocito recuperados fueron evaluados y clasificados morfológicamente bajo un estereomicroscopio (ZEISS STEMI 305, ALEMANIA), de acuerdo a la clasificación de la Asociación Internacional de tecnologías embrionarias (IETS). Posteriormente, fueron transportados en medio de maduración (VITROLAB, COLOMBIA) con base TCM-199 suplementado con suero fetal Bovino, hormonas, piruvato y sales hasta el laboratorio de fertilización *in vitro,* se mantuvieron durante 24 horas en un ambiente controlado a 38,5 °C y 5% de CO2 en una incubadora (THERMO SCIENTIFIC, HERACELL VIOS 160i, EEUU).

Posteriormente, los ovocitos fueron colocados en medio de fertilización (VITROLAB, COLOMBIA) e inseminados en una proporción de un millón de espermatozoides en 40 UL de medio, el semen fue proveniente de un único toro, con el propósito de reducir la variabilidad genética experimental. Se mantuvieron durante 18 horas en la misma incubadora y bajo las mismas condiciones controladas. Después de este período, las estructuras se transfirieron a cultivo (VITROLAB, COLOMBIA) a base de medio SOF, se mantuvieron en una incubadora tri-gas (THERMO SCIENTIFIC, HERACELL VIOS 160I, EEUU) a 38,5 °C, con un 5% de CO2, 5% de O2, hasta el día 7 posterior a la fecundación. Finalmente, los embriones producidos fueron cuantificados y clasificados de acuerdo con los estándares de la IETS.

Como variables de respuesta se evaluaron la respuesta folicular, el número y calidad de los ovocitos recuperados, y la cantidad y calidad de los embriones obtenidos. Se realizó un análisis no paramétrico para comprar los tratamientos sin eCG y con ecG. Las variables evaluadas fueron FOD (folículos del ovario derecho), FOI (folículos del ovario izquierdo), OG1 (ovocitos grado 1), OG2 (ovocitos grado 2), EVT (embriones viables totales), blastocitos y mórulas. Las diferencias entre tratamientos se analizaron mediante la prueba de Wilcoxon y las asociaciones entre variables mediante la correlación de Spearman. De forma complementaria, para EVT se aplicó una prueba de t de Student. Se consideró significancia estadística cuando $p < 0,05$.

## RESULTADOS

No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para las variables incluidas en la prueba de Wilcoxon ($p > 0,05$). Los parámetros reproductivos se resumen en la Tabla 1.

***Tabla 1. Comparación entre tratamientos mediante la prueba de Wilcoxon.***

| Variable | SIN eCG media (n) | CON eCG media (n) | Diferencia media (n) | p (Wilcoxon) |
|---|---|---|---|---|
| **FOD** | 11,50 | 11,00 | -0,50 | 1,00 |
| **FOI** | 6,75 | 8,75 | 2,00 | 0,63 |
| **OG1** | 1,00 | 0,75 | -0,25 | 1,00 |
| **OG2** | 5,50 | 6,75 | 1,25 | 0,25 |
| **EVT** | 1,25 | 3,75 | 2,50 | 0,13 |
| **BLASTOCITO** | 0,25 | 2,50 | 2,25 | 0,25 |
| **MORULA** | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 1,00 |

*FOD: folículos del ovario derecho; FOI: folículos del ovario izquierdo; OG1: ovocitos grado 1; OG2: ovocitos grado 2; EVT: embriones viables totales. Las variables corresponden a recuentos (n).*

Al comparar los tratamientos,FOD presentó una media de 11,50 sin eCG y 11,00 con eCG, con una diferencia de medias de -0,50. FOI mostró una media de 6,75 sin eCG y 8,75 con eCG, con una diferencia de 2,00 folículos. Para OG1**,** las medias fueron 1,00 sin eCG y 0,75 con eCG, con una diferencia de -0,25 ovocitos; para OG2, fueron 5,50 y 6,75, respectivamente, con una diferencia de 1,25 ovocitos. EVT presentó una media de 1,25 sin eCG y 3,75 con eCG, con una diferencia de 2,50 embriones. La media de blastocitos fue de 0,25 sin eCG y 2,50 con eCG, con una diferencia de 2,25 blastocitos. Para mórulas, ambos tratamientos presentaron una media de 1,00 con una diferencia de 0,00. Ninguna de estas comparaciones alcanzó significancia estadística mediante la prueba de Wilcoxon ($p > 0,05$).

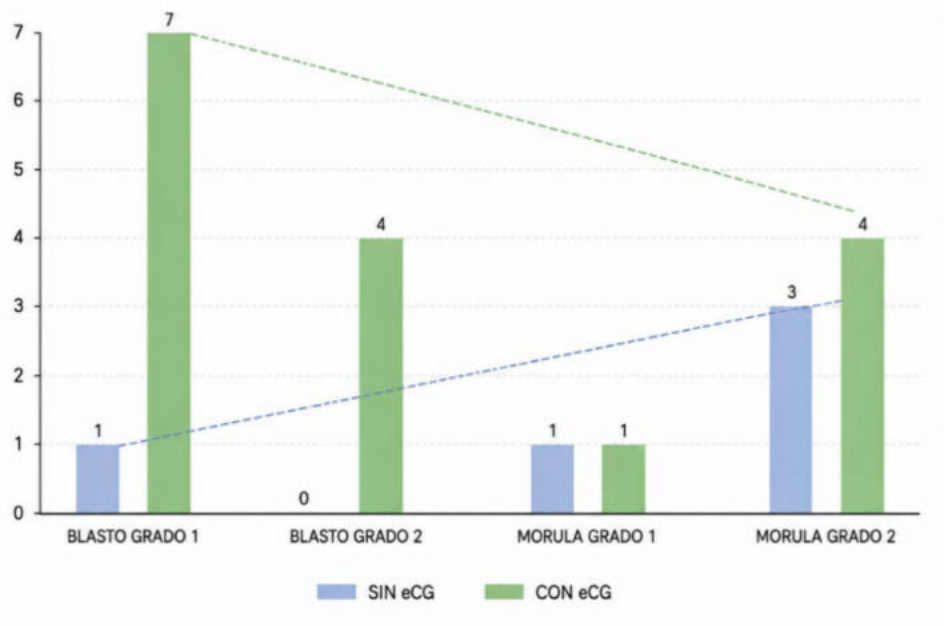



***Figura 1. Análisis de la calidad de embriones viables totales.***

Existe un total de 15 EVT para el tratamiento con eCG, frente a 5 para el tratamiento control sin eCG; sin embargo, las estructuras del tratamiento con eCG son de inferior calidad, iniciando con

7 blastocitos de Grado 1, equivalentes al 46%, con tendencia a la baja, llegando a tener 4 mórulas de grado 2 equivalentes al 27%. Por otro lado, los tratamientos sin eCG que en su totalidad son tienen en su mayoría mórulas de grado 2 (n=3), equivalentes al 60% de sus casos.

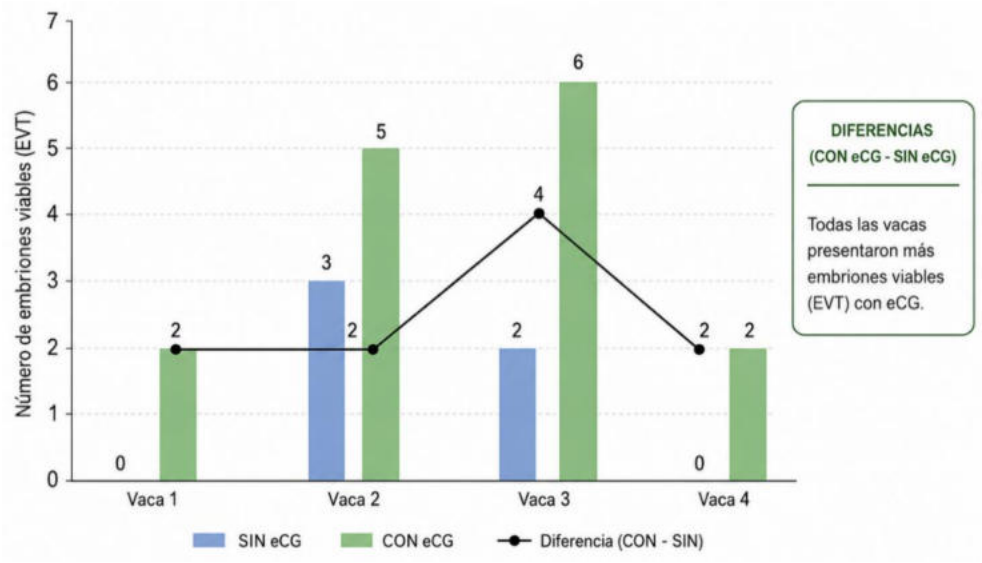



***Figura 2. Embriones viables totales.***

A pesar de que la población es pequeña se puede observar que hay diferencias de embriones viables con el uso de eCG, esta tabla refleja que con la administración de eCG la vaca 1 tiene un aumento de 2 embriones con respecto al control, la vaca 2 tiene un aumento igualmente de 2 embriones, la vaca 3 tiene un aumento de 4 y la vaca 4 tiene un aumento de 2 embriones respectivamente, por ende y como una comprobación complementaria, se realizó también una prueba t de Student. para EVT (embriones viables totales) en la cual si se observó una variación significativa (t = 5,00; p = 0,015).

Debido a la variabilidad genética de los cruces Gyr en el trópico, existe una lata variabilidad en la respuesta individual a cada protocolo, sin embargo, la tendencia y el efecto, permite sacar conjeturas preliminares.

***Tabla 2. Análisis de correlación de Spearman (ρ).***

| **Variables** | **Spearman ρ** | Valor p | **Interpretación** |
|---|---|---|---|
| **EVT ↔ BLASTOCITO** | 0,85 | <0,01 | Muy fuerte positiva |
| **FOD ↔ FOI** | 0,80 | 0,02 | Muy fuerte positiva |
| **FOI ↔ VG2** | 0,79 | 0,02 | Fuerte positiva |
| **FOD ↔ EVT** | -0,72 | 0,04 | Fuerte negativa |

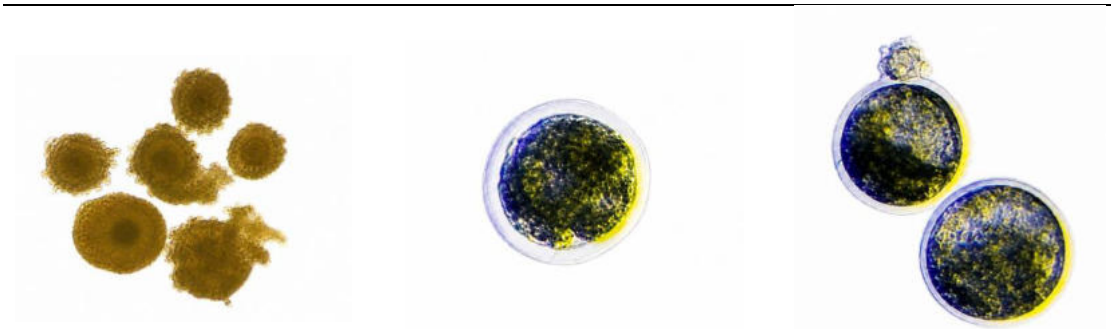
El análisis de correlación demostró que existieron relaciones significativas (p<0.05) entre algunas de las variables estudiadas. La correlación más alta se observó entre el número de embriones viables (EVT) y el número de blastocitos, donde se obtuvo una relación positiva muy fuerte (ρ = 0,85; p <0,01), lo que indica que un mayor número de embriones viables estuvo asociado con una mayor cantidad de blastocitos. De igual manera, se encontró una correlación positiva muy fuerte

entre FOD y FOI (ρ = 0,80; p = 0,02), indicando que los valores más altos de FOD estuvieron relacionados con valores mayores de FOI. De manera similar, FOI y VG2 presentaron una correlación positiva fuerte (ρ = 0,79; p = 0,02).

Por otra parte, se identificó una correlación negativa fuerte entre FOD y EVT (ρ = −0,72; p = 0,04), indicando que, dentro de los datos analizados, valores mayores de FOD tendieron a asociarse con un menor número de embriones viables. Todas estas asociaciones presentaron valores sin embargo (p < 0,05); sin embargo, debido al reducido número de animales evaluados, los resultados deben considerarse exploratorios y requieren ser confirmados con un mayor número de animales. La relación en la lateralidad de folículos (FOD vs FOI) y el número de embriones totales con la calidad embrionaria (EVT vs Blastocito) se justifican en el proceso embrionario, sin embargo, las otras relaciones no guardan causalidad probable. Además, las otras posibles correlaciones no fueron significativas (p>0,05) por lo que no existe una asociación entre las mismas y no fueron presentadas en la tabla.

La Figura 3. presenta los hallazgos más importantes de la presente investigación, que permiten la visualización real y complementaria de la calidad de los mismos según su clasificación. En este caso Los ovocitos de grado 1 y 2 presentan una morfología relativamente homogénea, con citoplasma de aspecto granular y pigmentación uniforme; además, se encuentran rodeados por células del cúmulo. La mórula por su parte refleja las primeras divisiones embrionarias y se caracteriza por presentar las primeras células individuales en proceso de compactación delimitada por la zona pelúcida. Finalmente, los blastocistos representan una fase más avanzada del desarrollo.

La calidad de estas estructuras embrionarias garantiza la existencia de embriones viables bajo los protocolos detallados.



*Ovocitos de grado 1 y 2* *Mórula* *Blastocitos*

***Figura 3. Clasificación de estructuras embrionarias más importantes***

En este contexto la optimización de un protocolo hormonal en bovinos Gyr de esta región incrementa la respuesta fisiológica, la respuesta ovárica y la obtención de estructuras embrionarias viables. La inclusión de eCG modifica la dinámica folicular y favorece la respuesta

individual al tratamiento; sin embargo, los dos protocolos presentan resultados positivos e información preliminar para su aplicación en campo.

# DISCUSIÓN

Se ha demostrado que la eCG aumenta la cantidad de ovocitos totales y viables recuperados mediante OPU (23), tendencia similar a nuestro estudio, que presentó un mayor número de folículos y mejores resultados embrionarios con eCG, aunque sin diferencias estadísticamente significativas, posiblemente por el reducido número de animales evaluados.

En cuestión de dosis, se encontró que 800 UI de eCG favorecieron el desarrollo de folículos medianos y grandes así como también mejoraron la fertilización normal (2), favoreciendo principalmente el desarrollo de folículos (>3 mm), mientras que los folículos pequeños (≤3 mm) no presentan una respuesta significativa, esto se relaciona con que, durante el crecimiento folicular, aumenta progresivamente la capacidad de las células de la granulosa y teca para responder a las gonadotropinas, haciendo que la acción de la eCG sea más evidente en folículos de mayor tamaño (23).

Este estudio, utilizó 600 UI en vacas Gyr mestizas, corroborando los resultados en vacas Nelore administrada con 400 UI de eCG que provoco el aumento del número de folículos y ovocitos viables(23), mientras que en vacas Braford, reportaron una mayor proporción de folículos grandes (2), además bajo condiciones similares se obtuvo un mayor número total de blastocitos por sesión de OPU en donantes de la raza Holstein, lo que indica un efecto especifico de la raza en la respuesta al tratamiento con eCG para la producción in vitro (24).

*Efecto hormonal*

La eCG, favorece el desarrollo de folículos medianos y grandes, aumentando la disponibilidad de ovocitos, aunque su efecto sobre la maduración depende principalmente de la calidad folicular y de las condiciones utilizadas durante la maduración in vitro. En contraste, la maduración y desarrollo embrionario in vitro, las diferentes dosis de eCG no generaron diferencias significativas en el número de ovocitos ni de blastocitos; sin embargo, se observaron variaciones numéricas entre los tratamientos y las razas. Esto indica que la eCG puede favorecer la respuesta folicular y la disponibilidad de ovocitos para la PIVE, pero su efecto sobre la producción de blastocitos puede estar condicionado por el biotipo de las vacas y otros factores relacionados (9). La estimulación con eCG o FSH no generó diferencias significativas en la maduración ni en la competencia inicial de los ovocitos, por lo que no se evidenció un efecto directo sobre su desarrollo posterior in vitro (25). En contraste, en este estudio, la aplicación de 600UI de eCG se asoció con una mayor producción de embriones viables (15 vs 5) y blastocitos, lo que sugiere un efecto favorable sobre la competencia ovocitaria y el desarrollo embrionario in vitro. Los resultados que evidencian (26) la eCG favoreció el crecimiento folicular y aumentó el diámetro del folículo dominante y la tasa de ovulación, mejorando además la eficiencia reproductiva. Su principal efecto in vivo fue estimular la dinámica folicular y la ovulación. La estimulación hormonal realizada antes de la OPU, principalmente mediante FSH y LH, promovió una mayor respuesta folicular y favoreció la

competencia ovocitaria, lo cual se manifestó en un incremento del desarrollo de blastocitos durante la producción in vitro de embriones (27).

*Efecto Genético-Ambiental*

La raza de la donadora puede influir en la producción in vitro de embriones, aunque su efecto puede manifestarse principalmente en el desarrollo embrionario. En vacas Gyr, los ovocitos presentaron mayores tasas de segmentación y formación de blastocitos que los de Holstein, lo que evidencia una mayor competencia para el desarrollo embrionario in vitro (28). En concordancia (29), observaron que la raza de la donadora influyo en la recuperación de ovocitos y en la producción de embriones, destacándose las donadoras Gyr por una mayor proporción de blastocitos respecto a Holstein.

Los factores ambientales y de manejo hormonal pueden influir en la producción in vitro de embriones, al afectar la competencia y calidad del ovocito. El estrés calórico puede alterar el equilibrio oxidativo y perjudicar la maduración y desarrollo embrionario (30). Asimismo, la estimulación con FSH+eCG puede modificar genes relacionados con el metabolismo y la actividad antioxidante, afectando las condiciones celulares del ovocito y del embrión, aunque sin diferencias en las tasas de segmentación y blastocitos (31). Los factores fisiológicos de la donadora pueden influir en la producción in vitro de embriones, especialmente mediante diferencias en la población folicular y la competencia de los ovocitos. En este sentido, (32) observaron una mayor cantidad de folículos en el ovario derecho desde los primeros días de vida de las terneras, lo que sugiere que esta mayor actividad folicular podría tener un componente congénito y explicar la mayor actividad reproductiva del ovario derecho en bovinos. Asimismo, se ha evidenciado que en vacas Nelore la eCG incrementa la expresión de genes asociados con la señalización del receptor de LH (LHR) en células de la granulosa, debido a que su actividad similar a FSH y LH estimula vías intracelulares como el AMPc, promoviendo la función de las células foliculares, la esteroidogénesis y el desarrollo folicular(33).

## CONCLUSIONES

La aplicación de eCG dos días antes del comienzo de cada ovulación aumenta numéricamente la respuesta folicular y el número de blastocitos frente a animales no estimulados en vacas Bos indicus (línea Gyr). Se observa un efecto favorable de la eCG sobre la producción in vitro de embriones, manifestado en la respuesta folicular y durante las etapas de maduración, fecundación y desarrollo embrionario; no obstante, este aumento productivo no necesariamente se relaciona con una mejor calidad de las estructuras embrionarias obtenidas, demostrando que la cantidad y calidad embrionaria pueden responder independientemente al tratamiento hormonal aplicado bajo estas condiciones experimentales específicas.

La administración de 600 UI de eCG previa a la OPU mostró una tendencia favorable sobre la respuesta reproductiva de vacas *Bos indicus* línea Gyr, evidenciada por una mayor disponibilidad folicular y producción de embriones viables y blastocistos respecto al protocolo

sin eCG. Sin embargo, estas diferencias no alcanzaron significancia estadística, por lo que los resultados deben interpretarse como una respuesta biológica preliminar.

La utilización de eCG favoreció principalmente la cantidad de estructuras embrionarias obtenidas, pero no evidenció una mejora consistente en su calidad, lo que indica que una mayor respuesta folicular no necesariamente se traduce en una mayor calidad embrionaria. Estos resultados sugieren que la eficiencia de la PIVE depende también de factores propios de la donadora, la competencia ovocitaria y las condiciones de producción *in vitro.*

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS


1. Suárez M, Moscoso A, Maldonado M, Alvarado JP, Alvarado JC. Respuesta superovulatoria de un protocolo tradicional con remplazo parcial de pluset (FSH-LH) por una dosis de eCG en bovinos. Vol. 11. 2024;11(1):1-19.
2. Ribas B, Missio D, Roman I, Neto N, Claro I, dos Santos Brum D, et al. Superstimulation with eCG prior to ovum pick-up improves follicular development and fertilization rate of cattle oocytes. Vol. 195. 2018;195:284-90. doi:https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2018.06.006
3. García A, Lemos J, Vasconcellos R, Brontz C, Ponte E, Absalon V, et al. Optimizing in vitro embryo production in cattle: strategies for donor management and selection. Vol. 22. 2025;22(3):1-26. doi:https://doi.org/10.1590/1984-3143-AR2025-0079
4. Valencia L, Sánchez C, Baldrich N. Ciclo reproductivo y dinámica folicular en ganado bos indicus. Vol. 9. 2017;9(2):62-8.
5. Adams G, Singh J. Ovarian Follicular and Luteal Dynamics in Cattle. 2021;292-323. doi:doi:10.1002/9781119602484.ch25
6. Ortíz N, Ayala L, Marini P. Efecto de la eCG antes o después de la inseminación artificial a tiempo fijo sobre la dinámica folicular y la tasa de preñez en vacas Holstein mestizas en la Amazonía Ecuatoriana. 2017;(8):49-51.
7. Baruselli P, Sales J, Crepaldi G, Marques M, Ferreira R, De Sá Filho M, et al. Uso de eCG asociada al control de la dinámica folicular: IATF, TETF y SPO. Vol. 16. 2013;16(62):32-42.
8. Cristancho S. EFECTO DE LA ESTIMULACIÓN CON GONADOTROPINAS SOBRE EL NÚMERO DE FOLICULOS Y LA VIABILIDAD DE OOCITOS OBTENIDOS DE DONADORAS DIFERENTES RAZAS [Internet]. [Bogotá, Colombia]: Universidad Nacional de Colombia; 2022. Disponible en: https://redcol.minciencias.gov.co/Record/UNACIONAL2_92986106d12d431430edb5f5355b04f6/Details
9. Medina L, Gutiérrez F, Trejo F, del Ángel H, Canales A, Reyes A, et al. Efecto de eCGsobre la producción de embriones in vitro en bovinos de razas de carne en trópico seco. Vol. 31. 2023;31(Supl 1):67-72. doi:http://www.doi.org/10.53588/alpa.310513
10. García F, De Menezes B, Fernandes C, Klaus R, Silveira M, Mach J, et al. Effect of prior follicular wave synchronization and eCG on ovum pick-up and in vitro embryo production in Braford cows. Vol. 22. 2025;22(4). doi:https://doi.org/10.1590/1984-3143-AR2025-0020
11. Dogan H, Yenilmez K. Factors influencing ovum pick-up technique results in cattle. Vol. 8. 2024;8(1):13-23. doi:https://doi.org/10.30704/http-www-jivs-net.1403722

12. Sangkate M, Yama P, Suriard A, Butmata W, Thammakhantha S, Daoloy N, et al. Effect of eCG on Terminal Follicular Growth and Corpus Luteum Development and Blood Perfusion in Estrous-Synchronized White Lamphun Cattle. Vol. 15. 2025;15(867):1-15. doi:https://doi.org/10.3390/ani15060867
13. Huang Y, Zhang H, Mei C, Yang M, Zhao S, Zhu H, et al. Phenotypic and Genetic Analyses of In Vitro Embryo Production Traits in Chinese Holstein Cattle. Vol. 13. 2023;13(3539):1-13. doi:https://doi.org/ 10.3390/ani13223539
14. Bó G, Macagno A, De la Mata J, Vera A, Huguenine E, Tschopp JC, et al. Protocolos de IATF: desde la comprensión de la dinámica folicular ovárica a las restricciones actuales y futuras de su uso. 2025;123-38.
15. Neira E, Velásquez JG, Cardozo J, Velásquez JH, Gutiérrez S, Herrera R. Morfometría de ovarios, folículos y su relación con la calidad oocitaria en bovinos1. Vol. 34. 2023;34(1). doi:10.15517/am.v34i1.50156
16. Pytel A, Zyzynska K, Gajewski Z, Papis K. Factors defining developmental competence of bovine oocytes collected for in vitro embryo production. Vol. 111. 2024;111(1):1-10. doi:https://doi.org/10.1093/biolre/ioae065
17. Soria M, Soria C, Argudo D, Serpa G, Méndez S, Torres C, et al. Superovulación con sincronización de la onda folicular y con celo natural en vacas Holstein. Vol. 29. 2017;29(1):40-3.
18. Solís A, Guerra R, Sandoya G, De Armas R. Efecto de sincronización de la onda folicular y de la frecuencia de aspiración de folículos en novillas de la raza Brahman. Vol. 13. 2012;13(10):1-16.
19. Yunga E. EFECTO DE LA HORMONA GONADOTROPINA CORIONICA EQUINA (eCG) EN LA MADURACION FOLICULAR EN BOVINOS CON SU CRIA AL PIE". [Cuenca]: Universidad de Cuenca; 2013.
20. Orellana S. Efecto de la gonadotropina coriónica equina (eCG) en la tasa de preñez con protocolos de IATF en vacas Brown Swis. [Cuenca]: Universidad Politécnica Salesiana; 2015.
21. Carrasco J, Aragadvay G, Delgado F. Efecto de la gonadotropina coriónica equina (ECG), sobre la tasa de concepción en vacas Holstein, sincronizadas con prostaglandina y benzoato de estradiol e inseminadas a tiempo. Vol. 9. 2024;9(8):3628-45. doi:https://doi.org/10.23857/pc.v9i8.7903
22. Tovío N. Efectos de la aplicación de eCG (Día 5 u 8) sobre el desarrollo del cuerpo lúteo, nivel de progesterona y tasa de preñez en hembras receptoras de embriones bovinos. [Bogotá, Colombia]: Universidad Nacional de Colombia; 2011.
23. de Carvalho Fernandes CA, Costa Lopes A, Costa Gonçalves F, Ruiz Pereira J, de Andrade Guimarães JP, de Souza Castilho AC, et al. Improvement in early antral follicle development and gene expression modulation prior to follicle aspiration in bovine cumulus-oocyte complexes by equine chorionic gonadotropin. Vol. 172. 2021;172:281-8. doi:https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2021.07.003
24. Baruselli P, de Abreu LÂ, Chechin Catussi BL, dos Santos Oliveira AC, Rebeis LM, Gricio EA, et al. Use of new recombinant proteins for ovarian stimulation in ruminants. Vol. 20. 2023;20(2). doi:https://doi.org/10.1590/1984-3143-AR2023-0092

25. Ribeiro L, Rigolon L, Cavalieri F, Seko M, Martinez A, Ribeiro M, et al. RECUPERAÇÃO DE OÓCITOS E PRODUÇÃO IN VITRO DE EMBRIÕES DE VACAS ESTIMULADAS COM FSH OU ECG. Vol. 60. 2011;60(232):1021-9.
26. Sales J, Bottino M, Silva L, Girotto R, Massoneto J, Souza J, et al. Effects of eCG are more pronounced in primiparous than multiparous Bos indicus cows submitted to a timed artificial insemination protocol. 2016. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.07.023
27. Chaubal S, Ferre L, Molina J, Faber D, Bols P, Rezamand P, et al. Hormonal treatments for increasing the oocyte and embryo production in an OPU–IVP system. Vol. 67. 2007;67:719-28. doi:https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2006.07.022
28. Camargo L, Viana J, Ramos A, Serapião R, de Sa W, Ferreira A, et al. Developmental competence and expression of the Hsp 70.1 gene in oocytes obtained from Bos indicus and Bos taurus dairy cows in a tropical environment. Vol. 68. 2007;68(4):626-32. doi:https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.03.029
29. Pereira I, Nunes M, Souza M, Fonseca B, Silva E, Rodrigues G, et al. Cattle breed affects in vitro embryo production in a large-scale commercial program on dairy farms. Vol. 240. 2020;240. doi:https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104135
30. Maddahi A, Saberivand A, Hamali H, Jafarpour F, Saberivand M. Exploring the impact of heat stress on oocyte maturation and embryo development in dairy cattle using a culture medium supplemented with vitamins E, C, and coenzyme Q10. Vol. 119. 2024;119. doi:https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2023.103759
31. Franchi F, Satrapa R, Fontes P, Santos P, Montanari E, Picada I, et al. Equine chorionic gonadotropin drives the transcriptional profile of immature cumulus-oocyte complexes and in vitro-produced blastocysts of superstimulated Nelore cows. 2019;1-13. doi:https://doi.org/10.1002/mrd.23251
32. Dangudubiyyam SV, Ginther O. Relationship between more follicles in right than left ovary in recently born calves and right ovary propensity for ovulation in cattle. Vol. 19. 2019;19(4):363-7. doi:https://doi.org/10.1016/j.repbio.2019.09.005
33. Castilho A, Nogueira M, Fontes P, Machado M, Satrapa R, Razza E, et al. Ovarian superstimulation using FSH combined with equine chorionic gonadotropin (eCG) upregulates mRNA-encoding proteins involved with LH receptor intracellular signaling in granulosa cells from Nelore cows. Vol. 82. 2014;82(9):1199-205. doi:https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.06.011

ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Octubre 2026
Vol. 7 No. 21, PP. 334-350
https://doi.org/10.56519/zsypye12

# INCLUSIÓN FINANCIERA Y ACCESO EFECTIVO A SERVICIOS FINANCIEROS EN ECUADOR: BRECHAS TERRITORIALES Y FACTORES SOCIOECONÓMICOS

# FINANCIAL INCLUSION AND EFFECTIVE ACCESS TO FINANCIAL SERVICES IN ECUADOR: TERRITORIAL GAPS AND SOCIOECONOMIC FACTORS

Yeidy Selene Zambrano Loor[1], Jefferson Jasmani Legarda Quintero[2]

{ yeidy.zambrano@ueb.edu.ec[1], jlegarda1@utpl.edu.ec[2]}

Fecha de recepción: 12/09/2026 / Fecha de aceptación: 08/10/2026 / Fecha de publicación: 14/10/2026

**RESUMEN: La inclusión financiera es importante, debido a que permite que las personas accedan a productos y servicios financieros formales de acuerdo con sus necesidades, sin embargo, disponer de un producto financiero no significa necesariamente que exista un acceso efectivo al sistema financiero, ya que también es necesario considerar la frecuencia de uso, la cercanía de los puntos de atención, las condiciones económicas de los hogares y las características sociales de la población. El presente estudio tuvo como objetivo analizar las brechas territoriales y los principales factores socioeconómicos relacionados con el acceso efectivo a los servicios financieros en Ecuador. Se desarrolló una investigación documental con enfoque descriptivo y analítico, utilizando información oficial del Banco Central del Ecuador, Instituto Nacional de Estadística y Censos, Superintendencia de Economía Popular y Solidaria, Junta de Política y Regulación Financiera y organismos internacionales, además de estudios académicos relacionados con la inclusión financiera en el país. Los resultados muestran que durante el cuarto trimestre de 2025 el 91,6 % de la población adulta entre 15 y 69 años tenía algún producto financiero, mientras que el porcentaje de personas con cuentas de uso frecuente fue de 81,2 %, evidenciando una diferencia entre acceso y utilización efectiva. También se identifican diferencias territoriales relacionadas con las condiciones de pobreza, la ubicación urbana o rural, la disponibilidad de infraestructura financiera, la educación financiera y las posibilidades económicas de los hogares. Los estudios revisados muestran además que las provincias presentan distintos niveles de inclusión financiera y que existe una relación entre las condiciones socioeconómicas y la capacidad de utilizar los servicios financieros. Se concluye que el avance de la inclusión financiera en Ecuador debe analizarse no solamente desde el número de personas que poseen productos financieros, sino también desde su utilización frecuente, accesibilidad territorial y capacidad económica para aprovecharlos.**

[1]Universidad Estatal de Bolívar, Ecuador, https://orcid.org/0009-0003-4322-0521; +5930967891664.
[2]Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador, https://orcid.org/0009-0003-3133-4513; +5930968387828.

***Palabras clave: Inclusión financiera, servicios financieros, acceso financiero, brechas territoriales, pobreza, Ecuador***

**ABSTRACT: Financial inclusion is important because it enables individuals to access formal financial products and services tailored to their needs; however, merely possessing a financial product does not necessarily equate to effective access to the financial system. Factors such as frequency of usage, proximity to service points, household economic conditions, and the population's social characteristics must also be considered. This study aimed to analyze territorial disparities and key socioeconomic factors associated with effective access to financial services in Ecuador. A documentary research approach combining descriptive and analytical methods was employed, utilizing official data from the Central Bank of Ecuador, the National Institute of Statistics and Censuses (INEC), the Superintendence of Popular and Solidarity Economy, the Financial Policy and Regulation Board, and international organizations, alongside academic studies on financial inclusion in the country. The results indicate that, during the fourth quarter of 2025, 91.6% of the adult population aged 15 to 69 held at least one financial product, whereas 81.2% held accounts used frequently, highlighting a gap between access and actual usage. Territorial disparities were also identified regarding poverty levels, urban versus rural location, the availability of financial infrastructure, financial literacy, and household economic capacity. Furthermore, the reviewed studies reveal varying levels of financial inclusion across provinces and a link between socioeconomic conditions and the ability to utilize financial services. The study concludes that progress in financial inclusion in Ecuador should be assessed not only by the number of individuals holding financial products but also by the frequency of usage, territorial accessibility, and the economic capacity to utilize these products effectively.**

***Keywords: financial inclusion, financial services, financial access, territorial gaps, poverty, Ecuador***

## INTRODUCCIÓN

La inclusión financiera se ha convertido en un tema importante para el desarrollo económico y social, debido a que permite que las personas puedan utilizar servicios como cuentas de ahorro, créditos, medios de pago, depósitos y otros productos ofrecidos por instituciones financieras formales, en Ecuador este concepto comprende tanto el acceso como el uso de productos y servicios financieros regulados y de calidad, además de la posibilidad de que las personas puedan elegirlos de manera informada de acuerdo con sus necesidades (1). Por esta razón, estudiar la inclusión financiera implica analizar no solamente cuántas personas poseen una cuenta o algún producto financiero, sino también si pueden utilizarlo con frecuencia, si tienen cerca los puntos de atención y si cuentan con las condiciones económicas y conocimientos necesarios para aprovecharlo.

Durante los últimos años Ecuador ha presentado avances importantes en materia de inclusión financiera, el Banco Central del Ecuador ha desarrollado estadísticas que permiten observar el

comportamiento del acceso y uso de los servicios financieros desde diferentes perspectivas (2). En el cuarto trimestre de 2025 se registraron 11,6 millones de clientes entre 15 y 69 años con algún producto financiero, equivalente al 91,6 % de la población adulta, mientras que 10,3 millones de clientes tenían cuentas de uso frecuente, equivalente al 81,2 % de la población adulta (3). Esta diferencia permite observar que existe una parte de la población que tiene algún vínculo con el sistema financiero, pero que no necesariamente mantiene un uso frecuente de sus cuentas.

La diferencia entre acceso y uso resulta importante porque una persona puede disponer de una cuenta, pero encontrar dificultades para utilizarla de manera habitual, por ejemplo, por la distancia hasta una institución financiera, la falta de ingresos suficientes, el desconocimiento sobre los productos, la desconfianza, los costos asociados o la falta de conectividad. El Banco Mundial ha señalado que en Ecuador los beneficiarios de transferencias sociales todavía enfrentan dificultades relacionadas con los desplazamientos, la información disponible, la confianza en las instituciones y el conocimiento sobre los productos financieros (4). Estas situaciones muestran que la existencia de una cuenta o de un punto de atención no garantiza por sí misma una inclusión financiera efectiva.

Las diferencias territoriales constituyen otro elemento importante, debido a que las condiciones económicas y sociales no son iguales entre provincias ni entre las zonas urbanas y rurales. El estudio realizado por Álvarez-Gamboa, Jácome-Estrella y Cabrera-Barona identificó desigualdades territoriales entre las provincias del Ecuador mediante un índice de inclusión financiera y encontró una asociación inversa entre inclusión financiera y pobreza multidimensional (5). Esto significa que las condiciones de pobreza pueden estar relacionadas con las posibilidades que tienen las personas de acceder y utilizar productos financieros, aunque esta relación debe interpretarse dentro del conjunto de factores económicos, sociales y territoriales que influyen en el fenómeno.

La situación socioeconómica de los hogares también representa un aspecto importante, especialmente porque el nivel de ingresos puede determinar la capacidad de mantener una cuenta, ahorrar, acceder a un crédito o utilizar medios de pago formales. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Censos, en diciembre de 2025 la pobreza por ingresos fue de 21,4 % a nivel nacional, mientras que en el área rural llegó al 37,6 %, frente al 13,8 % registrado en el área urbana (6). Estas diferencias muestran que las condiciones económicas de la población presentan una marcada dimensión territorial, lo que resulta relevante al analizar el acceso efectivo a los servicios financieros.

La pobreza por necesidades básicas insatisfechas también muestra diferencias importantes entre provincias, en 2025 Morona Santiago registró un 87,1 % y Orellana un 67,2 % de población con pobreza por NBI, mientras que Pichincha registró 12,0 % y Tungurahua 10,9 %, lo que refleja que las condiciones de vida y las oportunidades económicas presentan diferencias significativas dentro del territorio nacional (7). Estas diferencias no permiten afirmar por sí solas que una provincia tenga menor inclusión financiera, pero sí constituyen un contexto socioeconómico que puede afectar las posibilidades de acceso y uso de servicios financieros.

La infraestructura financiera también cumple una función importante, debido a que los puntos de atención permiten acercar los servicios a la población. En el cuarto trimestre de 2024 Ecuador

registró 62.593 puntos de atención, mientras que en el cuarto trimestre de 2025 se registraron 124.543 puntos (3,8). El Banco Central señala que estos puntos incluyen oficinas, cajeros automáticos, corresponsales no bancarios, corresponsales solidarios, agentes auxiliares y puntos de venta electrónica, por lo que la infraestructura financiera debe analizarse desde diferentes canales y no solamente desde las oficinas bancarias (8).

La economía popular y solidaria también tiene una participación importante dentro del proceso de inclusión financiera, especialmente por la presencia de cooperativas de ahorro y crédito en diferentes territorios. La Superintendencia de Economía Popular y Solidaria señala que sus estadísticas de inclusión financiera permiten medir el acceso y uso de la población adulta a productos y servicios financieros a través de las entidades del Sector Financiero Popular y Solidario, además de incorporar características sociodemográficas de los usuarios (9). Esto permite reconocer que la inclusión financiera en Ecuador no depende únicamente de los bancos privados, sino también de cooperativas, mutualistas y entidades públicas.

Otro factor relacionado con el uso efectivo es la educación financiera, debido a que conocer las características, costos, beneficios y riesgos de los productos financieros puede facilitar una mejor toma de decisiones. La Superintendencia de Bancos considera la educación financiera como un elemento importante para desarrollar sistemas financieros inclusivos, debido a que contribuye a generar conocimientos y habilidades para tomar decisiones informadas (10).

La transformación digital también ha modificado las formas de acceder a los servicios financieros, debido al crecimiento de los canales digitales, las aplicaciones y otros mecanismos de pago electrónico. El Banco Mundial señala que la tecnología digital puede facilitar la inclusión financiera al permitir que más personas accedan y utilicen servicios financieros desde dispositivos móviles y otros canales digitales (11). Sin embargo, la digitalización también puede generar nuevas diferencias cuando determinados grupos tienen dificultades para acceder a internet, utilizar dispositivos tecnológicos o comprender las herramientas digitales.

A partir de esta problemática, el presente artículo tiene como objetivo analizar la inclusión financiera y el acceso efectivo a servicios financieros en Ecuador, considerando las brechas territoriales y los principales factores socioeconómicos relacionados con este proceso. De manera específica, se busca describir la evolución reciente del acceso y uso de productos financieros, identificar las principales diferencias territoriales y analizar la relación existente entre pobreza, condiciones socioeconómicas, infraestructura financiera y utilización de los servicios.

La investigación parte de la idea de que un mayor número de productos financieros disponibles no necesariamente representa una inclusión financiera completa, debido a que el acceso efectivo depende también de la posibilidad de utilizar los servicios de manera frecuente, segura y adecuada. Por ello, el estudio busca aportar una visión más amplia del fenómeno, considerando tanto la información cuantitativa disponible como los estudios que han analizado las diferencias territoriales y sociales existentes en Ecuador.

# MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo de tipo documental, con un alcance descriptivo, mediante la revisión y comparación de información secundaria relacionada con la inclusión financiera en Ecuador. El estudio no utilizó encuestas propias ni entrevistas, por lo que se trabajó con datos publicados por instituciones oficiales y organismos internacionales, además de artículos académicos relacionados con el tema. La información seleccionada permitió comparar indicadores de acceso y uso de servicios financieros entre diferentes períodos y territorios, así como observar su comportamiento frente a factores socioeconómicos como la pobreza, el empleo y las condiciones urbano-rurales.

El análisis se realizó mediante estadística descriptiva, utilizando frecuencias, porcentajes, diferencias en puntos porcentuales y comparaciones entre años y territorios, según la información disponible en cada fuente. Para los indicadores nacionales se compararon principalmente los datos correspondientes a los cuartos trimestres de 2024 y 2025, mientras que para el análisis territorial se consideraron las diferencias entre provincias y entre las zonas urbanas y rurales. No se aplicaron pruebas de correlación ni modelos estadísticos inferenciales, debido a que el estudio se basó en información secundaria previamente procesada por las instituciones consultadas. Los resultados obtenidos fueron posteriormente contrastados con investigaciones académicas y documentos institucionales para interpretar las principales brechas y factores relacionados con el acceso efectivo a los servicios financieros.

Las principales fuentes fueron el Banco Central del Ecuador, el Instituto Nacional de Estadística y Censos, la Superintendencia de Economía Popular y Solidaria, la Superintendencia de Bancos, la Junta de Política y Regulación Financiera, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe y el Banco Mundial. También se revisaron artículos científicos y trabajos académicos relacionados con inclusión financiera, pobreza, desigualdad territorial y factores socioeconómicos en Ecuador.

Para medir la inclusión financiera se consideraron principalmente dos dimensiones, el acceso y el uso. El acceso fue analizado mediante el número y densidad de puntos de atención disponibles para la población, mientras que el uso fue observado mediante el número de personas que poseen productos financieros y el número de clientes que mantienen cuentas de uso frecuente. Esta diferenciación sigue la metodología utilizada por el Banco Central del Ecuador en sus estadísticas oficiales (3).

La variable de acceso se relacionó con la disponibilidad territorial de puntos de atención, incluyendo oficinas, cajeros automáticos, corresponsales no bancarios, corresponsales solidarios, agentes auxiliares y puntos de venta electrónica. Para observar el uso se consideraron los clientes con productos financieros y aquellos con cuentas de uso frecuente, tomando como referencia la información publicada por el Banco Central.

Como factores socioeconómicos se consideraron la pobreza por ingresos, la pobreza por necesidades básicas insatisfechas, las condiciones del mercado laboral, la ubicación urbana o rural, la educación financiera y algunos elementos relacionados con el acceso tecnológico. La selección de estos factores responde a la evidencia disponible en estudios nacionales e

internacionales que relacionan las condiciones económicas y sociales con la posibilidad de acceder y utilizar servicios financieros.

El análisis se realizó mediante comparación descriptiva de indicadores, identificando diferencias entre años, territorios y dimensiones de inclusión financiera. No se buscó establecer relaciones causales a partir de los datos secundarios, sino identificar patrones y asociaciones respaldadas por las fuentes consultadas. Esta precisión es importante porque las diferencias entre provincias pueden estar relacionadas con varios factores al mismo tiempo y no únicamente con la pobreza o la disponibilidad de infraestructura.

La información fue organizada en tres grupos, primero los indicadores nacionales de acceso y uso, segundo las diferencias territoriales y tercero los factores socioeconómicos que pueden relacionarse con el acceso efectivo. Posteriormente se contrastaron los resultados con investigaciones académicas sobre Ecuador para identificar coincidencias y diferencias.

Finalmente, se realizó una interpretación conjunta de los resultados, considerando que la inclusión financiera es un fenómeno multidimensional. La metodología del estudio permite describir la situación del país y reconocer las principales brechas, aunque presenta como limitación la dependencia de información secundaria y las diferencias metodológicas entre las fuentes, por lo que los resultados deben interpretarse como una aproximación documental al problema.

# RESULTADOS

## Situación general de la inclusión financiera en Ecuador

Los datos recientes muestran un crecimiento importante del vínculo de la población con el sistema financiero ecuatoriano. En el cuarto trimestre de 2024 se registraron 11,1 millones de clientes entre 15 y 69 años con algún producto financiero, equivalente al 88,5 % de la población adulta, mientras que 9,8 millones de personas tenían cuentas de uso frecuente, equivalente al 78,7 % (8). Un año después, en el cuarto trimestre de 2025, el número de clientes con algún producto financiero alcanzó 11,6 millones, equivalente al 91,6 %, y los clientes con cuentas de uso frecuente llegaron a 10,3 millones, equivalente al 81,2 % (3).

***Tabla 1. Indicadores nacionales de inclusión financiera.***

| Indicador | IV trimestre 2024 | IV trimestre 2025 |
|---|---|---|
| Clientes con algún producto financiero | 11,1 millones | 11,6 millones |
| Porcentaje de población adulta | 88,5 % | 91,6 % |
| Clientes con cuentas de uso frecuente | 9,8 millones | 10,3 millones |
| Porcentaje con uso frecuente | 78,7 % | 81,2 % |

| | | |
|---|---|---|
| Puntos de atención | 62.593 | 124.543 |

***Nota: Elaboración propia con base en Banco Central del Ecuador (3,8).***

Los datos muestran un incremento tanto en el número de clientes como en el porcentaje de población adulta vinculada al sistema financiero, sin embargo, también se mantiene una diferencia entre las personas que poseen algún producto y aquellas que mantienen cuentas de uso frecuente. En 2025 esta diferencia fue de 10,4 puntos porcentuales, lo que permite observar que el acceso formal al sistema financiero es mayor que el uso frecuente.

Esta diferencia es importante para el análisis del acceso efectivo, porque una cuenta que permanece abierta pero que no se utiliza de forma habitual tiene una función diferente a una cuenta utilizada para recibir ingresos, realizar pagos, ahorrar o efectuar otras operaciones. El propio Banco Central señala que para obtener una visión más precisa de la inclusión financiera es necesario analizar las cuentas de uso frecuente (13).

La evolución también muestra que el avance de la inclusión financiera no puede medirse únicamente por el número de cuentas existentes. En 2025 se contabilizaron 37,9 millones de cuentas entre los clientes de 15 a 69 años, lo que representa un número elevado de productos respecto de la población adulta, pero la existencia de varias cuentas por persona no implica necesariamente un mayor nivel de uso efectivo (3).

**Acceso territorial e infraestructura financiera**

La infraestructura financiera constituye una condición necesaria para que la población pueda acceder a los servicios. Durante el cuarto trimestre de 2024 se registraron 62.593 puntos de atención, equivalentes a 245 puntos por cada 1.000 km² y 50 puntos por cada 10.000 habitantes adultos (8). En el cuarto trimestre de 2025 el Banco Central registró 124.543 puntos de atención, equivalentes a 487 puntos por cada 1.000 km² y 99 puntos por cada 10.000 habitantes adultos (3).

El crecimiento registrado en 2025 debe interpretarse considerando que el número de puntos de atención puede estar influenciado por modificaciones en la cobertura y en los registros de los diferentes canales financieros, por lo que no es adecuado concluir únicamente a partir de este dato que todas las personas experimentaron una mejora equivalente en su acceso.

Los puntos de atención cumplen diferentes funciones y presentan distintas características territoriales. Las oficinas tradicionales requieren desplazamiento físico, mientras que los corresponsales y otros agentes pueden acercar determinados servicios a sectores donde no existe una sucursal bancaria. Los canales digitales, por su parte, reducen la necesidad de desplazamiento, pero requieren conectividad y conocimientos tecnológicos.

La información de la Superintendencia de Economía Popular y Solidaria también muestra la importancia de la dimensión geográfica, debido a que sus bases de datos registran los puntos de atención de cooperativas y mutualistas según ubicación geográfica (9). Esto resulta relevante para

Ecuador debido a la presencia de instituciones del sector financiero popular y solidario en distintos territorios.

**Brechas entre zonas urbanas y rurales**

La dimensión territorial se relaciona también con las diferencias económicas existentes entre las zonas urbanas y rurales. Según el INEC, en diciembre de 2025 la pobreza por ingresos alcanzó el 13,8 % en el área urbana y el 37,6 % en el área rural, una diferencia de 23,8 puntos porcentuales (6). En pobreza extrema, la diferencia fue todavía mayor, con 3,0 % en el área urbana y 19,7 % en el área rural (6).

Estas condiciones económicas son relevantes porque los hogares con menores ingresos pueden tener menor capacidad para ahorrar, mantener saldos, solicitar créditos o asumir costos asociados con determinados servicios financieros. No significa que la pobreza sea la única causa de exclusión financiera, pero constituye una condición que puede limitar el uso de los productos disponibles.

El estudio del Banco Mundial sobre beneficiarios de transferencias sociales en Ecuador encontró que las personas de sectores rurales pueden enfrentar desplazamientos prolongados para acceder a puntos de pago, lo que genera costos de tiempo y dinero (4). También se identificaron problemas relacionados con la información, la confianza, el conocimiento de los productos y el uso limitado de cuentas y tarjetas.

Esto permite observar que la distancia física puede convertirse en una barrera cuando los canales alternativos no están suficientemente disponibles o cuando la población no cuenta con las condiciones para utilizarlos. En este sentido, la inclusión financiera territorial no depende solamente de cuántos puntos de atención existen, sino también de dónde se encuentran y de si los servicios ofrecidos responden a las necesidades de la población.

**Diferencias provinciales y pobreza**

La información del INEC muestra diferencias importantes en las condiciones socioeconómicas entre provincias. En 2025, la pobreza por necesidades básicas insatisfechas alcanzó el 87,1 % en Morona Santiago y el 67,2 % en Orellana, mientras que Pichincha presentó 12,0 % y Tungurahua 10,9 % (7). Estas diferencias permiten observar que las condiciones de vida no son homogéneas entre los territorios y que existen provincias con mayores limitaciones socioeconómicas que otras.

Estos datos no permiten establecer por sí solos una relación directa entre pobreza e inclusión financiera a nivel provincial, debido a que las fuentes consultadas no presentan los mismos indicadores con igual nivel de desagregación territorial. Sin embargo, constituyen un contexto relevante para interpretar las brechas de inclusión financiera identificadas en estudios previos. Álvarez-Gamboa, Jácome-Estrella y Cabrera-Barona encontraron diferentes niveles de inclusión financiera entre las provincias ecuatorianas y una asociación inversa entre inclusión financiera y pobreza multidimensional (5).

El resultado anterior coincide con la idea de que la inclusión financiera debe analizarse considerando el territorio. Una población que vive en un territorio con mayores niveles de pobreza puede enfrentar simultáneamente menores ingresos, menor infraestructura, mayores distancias y menor disponibilidad de oportunidades económicas, por lo que las barreras pueden acumularse.

**Factores económicos**

El nivel de ingresos constituye uno de los factores que puede influir en la utilización de los servicios financieros. Una persona con ingresos estables puede tener mayores posibilidades de ahorrar, utilizar medios de pago electrónicos y mantener productos financieros, mientras que un hogar con ingresos bajos o irregulares puede utilizar el sistema principalmente para recibir transferencias o realizar operaciones básicas.

Los datos del mercado laboral muestran que en diciembre de 2025 el empleo adecuado o pleno alcanzó el 37,1 % a nivel nacional, pero presentó diferencias importantes entre el área urbana, con 46,0 %, y el área rural, con 20,2 % (6). Esta diferencia refleja que las condiciones laborales no son iguales entre territorios y puede relacionarse con la capacidad económica de los hogares.

El acceso al crédito también está relacionado con las condiciones económicas. Un estudio reciente del Banco Mundial sobre un programa de préstamos para Mipymes en Ecuador encontró que las empresas previamente no bancarizadas que recibieron financiamiento presentaron aumentos en empleo, activos y ventas, aunque también se observó que los mecanismos de intermediación podían favorecer a empresas con menor restricción financiera (12). Este resultado muestra que el acceso al financiamiento puede producir efectos económicos importantes, pero también evidencia la necesidad de analizar quiénes realmente logran acceder al crédito.

En el caso de las personas naturales, las condiciones de ingresos, empleo, capacidad de ahorro y estabilidad económica pueden influir en la demanda y utilización de productos financieros. Por esta razón, una estrategia de inclusión financiera no puede limitarse a aumentar el número de cuentas, sino que necesita considerar las características económicas de la población.

**Educación financiera y uso efectivo**

La educación financiera aparece como otro factor relacionado con el acceso efectivo. La Superintendencia de Bancos plantea que la educación financiera contribuye a generar competencias y habilidades para que las personas puedan tomar decisiones informadas (10). La Estrategia Nacional de Inclusión Financiera 2023–2027 también considera el empoderamiento del usuario financiero y el desarrollo de herramientas financieras y cognitivas como parte de sus objetivos (13).

La falta de información puede generar decisiones poco adecuadas o limitar el uso de productos financieros. El estudio del Banco Mundial sobre beneficiarios de transferencias sociales identificó desconocimiento sobre los beneficios de recibir pagos en cuentas, dudas sobre el funcionamiento

de los productos y temor frente a posibles cobros o problemas relacionados con las instituciones financieras (4).

Por lo tanto, una persona puede encontrarse físicamente cerca de un punto de atención y aun así no aprovechar los servicios disponibles si desconoce cómo funcionan. Esto permite identificar una diferencia entre accesibilidad física y capacidad de utilización.

**Digitalización y nuevas formas de acceso**

La digitalización ha ampliado las posibilidades de acceso a los servicios financieros, especialmente mediante aplicaciones móviles, transferencias electrónicas y otros canales digitales. El Banco Mundial señala que los servicios financieros digitales pueden ser más accesibles y asequibles que algunas alternativas tradicionales y permiten realizar operaciones sin necesidad de acudir directamente a una sucursal (16).

En Ecuador, la digitalización puede contribuir a disminuir algunas barreras territoriales, principalmente en zonas donde existen distancias importantes entre los hogares y las instituciones financieras. Sin embargo, también requiere acceso a internet, dispositivos y conocimientos para utilizar las herramientas disponibles.

Por ello, la tecnología puede reducir determinadas brechas, pero no elimina automáticamente las diferencias socioeconómicas. Si una persona no dispone de conectividad adecuada o no tiene conocimientos suficientes para utilizar una aplicación financiera, el canal digital puede convertirse en una nueva barrera.

**Diferencias de género**

Los datos del Banco Central también permiten observar diferencias por género. En el cuarto trimestre de 2024 la brecha entre hombres y mujeres en el indicador de clientes con productos financieros de uso frecuente se había mantenido alrededor de 1,3 puntos porcentuales desde 2019 (8). Esto muestra que, aunque la diferencia no es extremadamente amplia en este indicador, la dimensión de género debe continuar considerándose dentro del análisis (26).

La inclusión financiera de las mujeres puede estar relacionada con factores económicos, laborales, educativos y territoriales. El análisis específico de estos factores requiere información desagregada y metodologías que permitan observar las diferencias entre mujeres y hombres dentro de cada territorio (27).

**Participación del sector financiero popular y solidario**

Las cooperativas de ahorro y crédito tienen una participación importante en la inclusión financiera ecuatoriana. El Banco Central incorporó en sus estadísticas de 2025 a 330 cooperativas de ahorro y crédito de los segmentos 1 al 4, además de bancos privados, mutualistas y bancos públicos (25).

La presencia de cooperativas permite ampliar la diversidad institucional del sistema financiero y acercar servicios a distintos sectores de la población. La SEPS establece que sus estadísticas de inclusión financiera consideran el acceso y uso de servicios financieros del Sector Financiero Popular y Solidario y permiten analizar características sociodemográficas de sus usuarios (17).

Esta diversidad institucional resulta relevante porque los diferentes tipos de entidades pueden atender necesidades distintas. Los bancos, cooperativas, mutualistas y entidades públicas no necesariamente tienen la misma cobertura territorial ni ofrecen los mismos productos bajo las mismas condiciones.

## DISCUSIÓN

Los resultados muestran que el avance de la inclusión financiera no depende únicamente de que la población tenga acceso a productos financieros, sino de las condiciones que permiten utilizarlos de manera habitual. Desde esta perspectiva, la inclusión financiera debe entenderse como un proceso que involucra disponibilidad, capacidad de uso y adecuación de los servicios a las necesidades de los usuarios, ya que la existencia de una cuenta o producto financiero no garantiza una participación efectiva en el sistema. Esta situación coincide con lo señalado por Viteri et al., quienes identifican que las barreras económicas, territoriales y relacionadas con las capacidades de los usuarios continúan influyendo en el uso efectivo de los servicios financieros (14). De igual manera, el acceso formal puede coexistir con un uso limitado cuando los servicios disponibles no responden a las condiciones económicas o a las necesidades cotidianas de determinados grupos de población (28).

En este contexto, la persistencia de brechas territoriales puede explicarse por factores que van más allá de la cantidad de puntos de atención existentes. En las zonas rurales, los menores ingresos, la informalidad laboral, las distancias y las limitaciones de conectividad pueden elevar los costos de realizar operaciones financieras y reducir la frecuencia con la que los hogares utilizan estos servicios. Por tanto, el incremento de la infraestructura financiera no necesariamente elimina las barreras de uso, especialmente cuando persisten restricciones económicas y tecnológicas. El problema no se limita entonces a la disponibilidad física de los servicios, sino a las condiciones que permiten que la población pueda utilizarlos de forma frecuente, segura y acorde con sus necesidades.

La dimensión territorial constituye uno de los principales aspectos de la discusión. Álvarez-Gamboa, Jácome-Estrella y Cabrera-Barona encontraron desigualdades importantes entre las provincias ecuatorianas y una asociación inversa entre inclusión financiera y pobreza multidimensional (5). Esta relación también puede observarse al comparar las diferencias socioeconómicas entre territorios. Las provincias con mayores niveles de pobreza enfrentan condiciones que pueden limitar la capacidad de los hogares para utilizar servicios financieros de manera frecuente.

Sin embargo, la pobreza no debe considerarse como el único factor explicativo. El acceso financiero también depende de la infraestructura disponible, la distancia, la educación, la

conectividad, la confianza y las características de los productos. El Diagnóstico de Inclusión Financiera del Banco Mundial ya había señalado dificultades relacionadas con la articulación institucional y con la disponibilidad y consistencia de información sobre inclusión financiera en Ecuador (19). Esto muestra que estudiar el fenómeno requiere integrar diferentes fuentes y dimensiones.

La situación rural representa un ejemplo claro de esta interacción. En diciembre de 2025 la pobreza por ingresos rural fue de 37,6 %, frente a 13,8 % en el área urbana (6), además, el Banco Mundial documentó casos en los que beneficiarios de transferencias sociales debían desplazarse durante varias horas para acceder a sus pagos (4). La distancia, los costos de transporte y el tiempo utilizado para realizar una operación financiera pueden convertirse en barreras importantes, incluso cuando existe algún punto de atención dentro de la zona.

La educación financiera también tiene un papel importante. La existencia de un producto financiero no significa necesariamente que el usuario comprenda sus costos, características y beneficios. La Superintendencia de Bancos considera la educación financiera una herramienta para desarrollar capacidades que permitan tomar decisiones informadas (24). Por esta razón, las políticas de inclusión deberían considerar tanto la expansión de los servicios como la formación de los usuarios.

La digitalización representa una oportunidad para reducir algunas barreras territoriales, debido a que permite realizar operaciones sin desplazamientos largos (20). Sin embargo, su capacidad para reducir desigualdades depende de las condiciones de conectividad y de las habilidades digitales de la población. Por ello, la digitalización puede complementar la infraestructura física, pero no debe entenderse como un sustituto automático para todos los territorios y grupos sociales.

Los resultados también muestran la importancia de las cooperativas y otras entidades del sector financiero popular y solidario. La presencia de estas instituciones permite ampliar la cobertura del sistema y atender diferentes sectores de la población (21). La inclusión financiera en Ecuador debe analizarse entonces como un sistema en el que participan diferentes instituciones, cada una con características y coberturas particulares.

En relación con el crédito, los resultados del programa de préstamos para Mipymes estudiado por el Banco Mundial muestran que el financiamiento puede generar efectos económicos importantes entre empresas que anteriormente estaban excluidas del crédito formal (22). Sin embargo, el mismo estudio evidencia que los mecanismos de selección pueden favorecer a empresas con menor restricción financiera, lo que plantea la necesidad de observar no solamente cuánto crédito se entrega, sino también a qué grupos llega.

En este sentido, el acceso efectivo debe entenderse como un proceso que comienza con la disponibilidad de productos y continúa con su utilización adecuada. Una persona puede tener una cuenta, pero si no dispone de ingresos suficientes, enfrenta costos elevados, desconoce su funcionamiento o no tiene acceso cercano a los canales necesarios, su integración al sistema financiero puede ser limitada.

La evidencia también respalda la necesidad de mantener una visión territorial. La información del INEC demuestra que las condiciones de pobreza y empleo presentan diferencias importantes entre provincias y entre áreas urbanas y rurales (23). Estas diferencias deben ser consideradas al diseñar estrategias de inclusión financiera, porque las necesidades de una población urbana con mayor conectividad pueden ser diferentes a las de una población rural ubicada a grandes distancias de los centros financieros.

La Estrategia Nacional de Inclusión Financiera 2023–2027 plantea precisamente una visión orientada a ampliar el acceso y uso de productos financieros formales de calidad y fortalecer las capacidades de los usuarios (13). Esta orientación coincide con los resultados del estudio, debido a que las brechas identificadas no pueden resolverse solamente mediante una mayor cantidad de cuentas o puntos de atención.

Una limitación del presente estudio es que utiliza información secundaria proveniente de diferentes instituciones y períodos, por lo que no permite estimar de manera causal el efecto individual de cada factor sobre la inclusión financiera. Además, las fuentes utilizan metodologías diferentes y no todas presentan información desagregada con el mismo nivel territorial. Por esta razón, los resultados deben interpretarse como evidencia descriptiva y analítica de las principales tendencias y relaciones observadas.

## CONCLUSIONES

La revisión realizada permite concluir que la inclusión financiera en Ecuador ha avanzado en términos de acceso formal, pero este avance no se traduce necesariamente en un uso frecuente de los servicios financieros la diferencia entre la disponibilidad de productos y su utilización muestra que el acceso efectivo depende de condiciones adicionales, como los ingresos de los hogares, la cercanía de los servicios, la educación financiera y la posibilidad de utilizar los canales disponibles de acuerdo con las necesidades de cada población.

Las principales brechas se concentran en las condiciones territoriales y socioeconómicas, especialmente entre las zonas urbanas y rurales, los mayores niveles de pobreza y las diferencias en las condiciones laborales pueden limitar la capacidad de los hogares rurales para mantener un uso frecuente de productos financieros, mientras que las distancias y los costos asociados al desplazamiento pueden dificultar el acceso a determinados servicios. Por ello, aumentar el número de puntos de atención no garantiza por sí solo una reducción de las brechas cuando persisten limitaciones económicas, territoriales o de conectividad.

La digitalización representa una alternativa para disminuir algunas de estas barreras, debido a que permite realizar operaciones sin desplazamientos largos, pero sus beneficios dependen del acceso a internet, los dispositivos disponibles y las capacidades digitales de los usuarios, en consecuencia, los canales digitales pueden complementar la infraestructura financiera tradicional, pero no sustituyen completamente la atención presencial en territorios donde existen limitaciones de conectividad o dificultades para utilizar herramientas tecnológicas.

Finalmente, la participación de las cooperativas de ahorro y crédito evidencia que la inclusión financiera ecuatoriana no depende exclusivamente de la banca tradicional, la presencia del sector financiero popular y solidario puede complementar la cobertura de otras instituciones y atender necesidades particulares de diferentes territorios, por lo que las estrategias de inclusión financiera deberían considerar la participación articulada de bancos, cooperativas, mutualistas y entidades públicas, junto con acciones orientadas a mejorar las condiciones económicas y las capacidades de los usuarios.

## DECLARACIÓN DE INTERÉS (OPCIONAL)

Los autores declaran que no existe conflicto de interés relacionado con la elaboración del presente artículo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Banco Central del Ecuador. Inclusión financiera – definición (Internet). Quito: Banco Central del Ecuador; 2026 (citado 26 sep 2026). Recuperado a partir de: https://contenido.bce.fin.ec/inclusion-financiera-definicion/
2. Banco Central del Ecuador. Estadísticas de inclusión financiera: información trimestral (Internet). Quito: Banco Central del Ecuador; 2025 (citado 26 sep 2026). Recuperado a partir de: https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/InclusionFinanciera/ResultIF_InfTrimestral.html
3. Banco Central del Ecuador. Estadísticas de inclusión financiera: cuarto trimestre 2025 (Internet). Quito: Banco Central del Ecuador; 2025 (citado 26 sep 2026). Recuperado a partir de: https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/InclusionFinanciera/ResultIF_042025.html
4. Randall D, Rodriguez-Novoa LS, Risso Brandon F. Comprender la experiencia del usuario para fomentar la digitalización de las transferencias monetarias en Ecuador (Internet). Washington: Banco Mundial; 2024 (citado 26 sep 2026). Recuperado a partir de: https://blogs.worldbank.org/es/latinamerica/comprender-la-experiencia-del-usuario-para-fomentar-la-digitalizacion-de-las-transferencias-monetarias-en-ecuador
5. Álvarez-Gamboa J, Jácome-Estrella H, Cabrera-Barona P. Inclusión financiera, pobreza y desigualdad territorial en el Ecuador. Cuest Econ. 2022;32(2):1-21. Recuperado a partir de: https://estudioseconomicos.bce.fin.ec/index.php/RevistaCE/article/view/411
6. Instituto Nacional de Estadística y Censos. ENEMDU diciembre 2025: empleo, desempleo y pobreza (Internet). Quito: INEC; 2026 (citado 26 sep 2026). Recuperado a partir de: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/inec-presenta-resultados-de-la-enemdu-diciembre-2025/
7. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Pobreza por necesidades básicas insatisfechas, 2025 (Internet). Quito: INEC; 2026 (citado 26 sep 2026). Recuperado a partir de:

https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/EMPLEO/2025/anual/Principales_resultados_de_Mercado_Laboral_y_Pobreza_Anual_2025.pdf

8. Banco Central del Ecuador. Estadísticas de inclusión financiera: cuarto trimestre 2024 (Internet). Quito: Banco Central del Ecuador; 2024 (citado 26 sep 2026). Recuperado a partir de: https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/InclusionFinanciera/ResultIF_042024.html
9. Superintendencia de Economía Popular y Solidaria. Estadísticas del Sector Financiero Popular y Solidario (Internet). Quito: SEPS; 2026 (citado 26 sep 2026). Recuperado a partir de: https://estadisticas.seps.gob.ec/index.php/estadisticas-sfps/
10. Superintendencia de Bancos. Educación financiera, prioridad de la Superintendencia de Bancos (Internet). Quito: Superintendencia de Bancos; 2022 (citado 26 sep 2026). Recuperado a partir de: https://www.superbancos.gob.ec/bancos/educacion-financiera-prioridad-de-la-superintendencia-de-bancos/
11. Norris A, Singer D. La tecnología digital está facilitando la inclusión financiera (Internet). Washington: Banco Mundial; 2025 (citado 26 sep 2026). Recuperado a partir de: https://blogs.worldbank.org/es/voices/digital-technology-is-unlocking-financial-inclusion
12. Ruiz C, Bruhn M, Diaz Kalan F, Fraccaroli N. ¿Cómo impulsar el crecimiento de las Mipymes? Lecciones clave de un programa de préstamos en Ecuador (Internet). Washington: Banco Mundial; 2025 (citado 26 sep 2026). Recuperado a partir de: https://blogs.worldbank.org/es/latinamerica/-como-impulsar-el-crecimiento-de-las-mipymes--lecciones-clave-de
13. Junta de Política y Regulación Financiera. Resolución No. JPRF-P-2023-080: Estrategia Nacional de Inclusión Financiera 2023-2027 (Internet). Quito: JPRF; 2023 (citado 26 sep 2026). Recuperado a partir de: https://jprf.gob.ec/wp-content/uploads/2023/09/80.-Res.-No.-JPRF-P-2023-080-POLITICA-DE-INCLUSION-FINANCIERA.pdf
14. Viteri Rade LY, Balladares Espinoza GG, Jara Nivelo JJ, Guerra Triviño OL. Inclusión financiera en Ecuador, barreras, avances y efectos socioeconómicos: una revisión sistemática. Rev Enfoques. 2025;9(36):311-328. Recuperado a partir de: https://revistaenfoques.org/index.php/revistaenfoques/article/view/274
15. Banco Mundial. Diagnóstico de inclusión financiera: Ecuador (Internet). Washington: Banco Mundial; 2020 (citado 26 sep 2026). Recuperado a partir de: https://documents1.worldbank.org/curated/en/463891608200305640/pdf/Ecuador-Diagnostico-de-Inclusion-Financiera.pdf
16. Neira Burneo S. Instrumentos para inclusión financiera: el caso del Ecuador (Internet). Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe; 2017 (citado 26 sep 2026). Recuperado a partir de: https://repositorio.cepal.org/entities/publication/0aaae9ac-04e3-456c-81e2-362d28ab81be
17. Banco Central del Ecuador. Estadísticas de inclusión financiera: tercer trimestre 2025 (Internet). Quito: Banco Central del Ecuador; 2025 (citado 26 sep 2026). Recuperado a partir de: https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/InclusionFinanciera/ResultIF_032025.html

18. Banco Central del Ecuador. Estadísticas de inclusión financiera: segundo trimestre 2025 (Internet). Quito: Banco Central del Ecuador; 2025 (citado 26 sep 2026). Recuperado a partir de: https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/InclusionFinanciera/ResultIF_022025.html
19. Banco Central del Ecuador. Estadísticas de inclusión financiera: primer trimestre 2025 (Internet). Quito: Banco Central del Ecuador; 2025 (citado 26 sep 2026). Recuperado a partir de: https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/InclusionFinanciera/ResultIF_012025.html
20. Banco Central del Ecuador. Estadísticas de inclusión financiera: segundo trimestre 2024 (Internet). Quito: Banco Central del Ecuador; 2024 (citado 26 sep 2026). Recuperado a partir de: https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/InclusionFinanciera/ResultIF_022024.html
21. Banco Central del Ecuador. Estadísticas de inclusión financiera: tercer trimestre 2024 (Internet). Quito: Banco Central del Ecuador; 2024 (citado 26 sep 2026). Recuperado a partir de: https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/InclusionFinanciera/ResultIF_032024.html
22. Banco Central del Ecuador. Estadísticas de inclusión financiera: primer trimestre 2024 (Internet). Quito: Banco Central del Ecuador; 2024 (citado 26 sep 2026). Recuperado a partir de: https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/InclusionFinanciera/ResultIF_012024.html
23. Superintendencia de Economía Popular y Solidaria. Desarrollo de iniciativas y programas de educación financiera (Internet). Quito: SEPS; 2026 (citado 26 sep 2026). Recuperado a partir de: https://www.seps.gob.ec/inicio/capacitacion/desarrollo-de-iniciativas-y-programas-de-educacion-financiera/
24. Ministerio de Economía y Finanzas. Directrices para la proforma presupuestaria 2025 y programación presupuestaria 2025-2028 (Internet). Quito: MEF; 2025 (citado 26 sep 2026). Recuperado a partir de: https://esigef.finanzas.gob.ec/esigef/pub/Directrices_proforma_2025_ppc_2025_2028.pdf
25. Banco Mundial. Registros sociales: una puerta para la inclusión social y económica (Internet). Washington: Banco Mundial; 2023 (citado 26 sep 2026). Recuperado a partir de: https://blogs.worldbank.org/es/latinamerica/registros-sociales-inclusion-social-economica-ecuador
26. Banco Mundial. Ocho enfoques clave para acelerar la inclusión financiera (Internet). Washington: Banco Mundial; 2017 (citado 26 sep 2026). Disponible en: https://blogs.worldbank.org/es/voices/ocho-enfoques-clave-para-acelerar-la-inclusion-financiera

27. Banco Interamericano de Desarrollo. Sistema Nacional de Pagos e Inclusión Financiera (Internet). Washington: BID; 2014 (citado 26 sep 2026). Recuperado a partir de: https://www.iadb.org/es/proyecto/EC-T1254
28. Banco Mundial. Ecuador: Global Financial Inclusion Database (Internet). Washington: Banco Mundial; 2014 (citado 26 sep 2026). Recuperado a partir de: https://datacatalog.worldbank.org/search/dataset/0048017/ecuador-global-financial-inclusion-global-findex-database-2014

InvestiGO Revista Científica Multidisciplinaria
ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Octubre 2026
Vol. 7 No. 21, PP. 351-370
https://doi.org/10.56519/v6111x55

# DETERMINANTES PSICOSOCIALES DEL ACCESO A LOS SERVICIOS DE SALUD INTERCULTURAL EN COMUNIDADES INDÍGENAS DEL ECUADOR: ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN EFECTIVA PARA MEJORAR LA ATENCIÓN PRIMARIA

# PSYCHOSOCIAL DETERMINANTS OF ACCESS TO INTERCULTURAL HEALTH SERVICES IN INDIGENOUS COMMUNITIES IN ECUADOR: EFFECTIVE COMMUNICATION STRATEGIES TO IMPROVE PRIMARY CARE

Katy Maricela Logroño Noboa[1], Brigette Carolina Huaraca Morocho[2], Cristina Valeria Calderón Vallejo[3], Rodrigo Gabriel Abarca Carrasco[4], Paola Monserrath Dávalos Balseca[5]

{katy.logrono@espoch.edu.ec[1], brigette.huaraca@espoch.edu.ec[2], cristina.calderon@espoch.edu.ec[3], rodrigo.abarca@espoch.edu.ec[4], monsedava13@gmail.com[5] }

Fecha de recepción: 01/09/2026 / Fecha de aceptación: 08/10/2026 / Fecha de publicación: 14/10/2026

**RESUMEN: El acceso a los servicios de salud intercultural en las comunidades indígenas sigue siendo un reto para los sistemas de salud pública, influenciado por la determinación psicosocial, determinar la utilización oportuna y la atención primaria. En el Ecuador, a pesar de los cambios tendentes a incorporar el enfoque intercultural a las políticas públicas, todavía existen dificultades vinculadas a la discriminación, barreras comunicativas, la escasa articulación entre la medicina ancestral y el modelo biomedicina o la falta de habilidades culturales del personal sanitario. En este sentido, el objetivo del presente estudio se centró en el análisis de la evidencia científica disponible con relación a los determinantes psicosociales que subyacen al acceso a los servicios de salud intercultural de las comunidades indígenas del Ecuador e identificar aquellas estrategias de comunicación efectiva que favorecen el fortalecimiento de la atención primaria. Se llevó a cabo una revisión bibliográfica de carácter cualitativo siguiendo las recomendaciones PRISMA 2020, a través de la búsqueda sistemática de literatura científica sobre bases de datos indexadas como PubMed, Scopus, Web of Science y SciELO, complementada con documentos técnicos provenientes de organismos internacionales. Se seleccionaron los estudios publicados principalmente entre 2021 y 2026 que reflejaron a los determinantes psicosociales, la salud intercultural y la comunicación en poblaciones indígenas.**

[1]Escuela Superior Politécnica de Chimborazo-ESPOCH, https://orcid.org/0009-0000-6261-5455
[2]Escuela Superior Politécnica de Chimborazo-ESPOCH, https://orcid.org/0000-0002-5640-2733
[3]Escuela Superior Politécnica de Chimborazo-ESPOCH, https://orcid.org/0000-0001-6011-7460
[4]Escuela Superior Politécnica de Chimborazo-ESPOCH, https://orcid.org/0000-0002-3464-9161
[5]Escuela Superior Politécnica de Chimborazo-ESPOCH, https://orcid.org/0000-0002-0950-936X

**Los resultados revelaron que la desconfianza institucional, las barreras de comunicación, la discriminación, las limitaciones geográficas y la baja competencia intercultural del personal de salud constituyen los principales determinantes que restringen el acceso a los servicios sanitarios. Del mismo modo se identificó que la incorporación de intérpretes comunitarios, el rol de los líderes indígenas, el reconocimiento de la medicina ancestral y la promoción del reconocimiento de la comunicación intercultural favorecen la accesibilidad, la continuidad del cuidado y la calidad de la atención primaria. En conclusión, el fortalecimiento de la salud intercultural requiere intervenciones integrales que articulen la implementación de políticas públicas, la formación y la participación de la comunidad, en pro de fomentar modelos de atención culturalmente apropiados que disminuyan las desigualdades en salud en las comunidades indígenas del Ecuador.**

***Palabras clave: Atención primaria de salud, salud intercultural, pueblos indígenas, determinantes psicosociales, comunicación intercultural***

**ABSTRACT: Access to intercultural health services in indigenous communities remains a challenge for public health systems, influenced by psychosocial determinants, timely utilization, and primary care. In Ecuador, despite efforts to incorporate an intercultural approach into public policies, difficulties persist related to discrimination, communication barriers, limited integration between traditional medicine and the biomedical model, and a lack of cultural competence among healthcare personnel. In this regard, the objective of this study was to analyze the available scientific evidence regarding the psychosocial determinants underlying access to intercultural health services in Ecuador's indigenous communities and to identify effective communication strategies that promote the strengthening of primary care. A qualitative literature review was conducted in accordance with the PRISMA 2020 guidelines, involving a systematic search of scientific literature in indexed databases such as PubMed, Scopus, Web of Science, and SciELO, supplemented by technical documents from international organizations. Studies published primarily between 2021 and 2026 that addressed psychosocial determinants, intercultural health, and communication in indigenous populations were selected. The results revealed that institutional mistrust, communication barriers, discrimination, geographic limitations, and low levels of intercultural competence among health care personnel are the main factors limiting access to health services. Similarly, it was found that the involvement of community interpreters, the role of indigenous leaders, the recognition of traditional medicine, and the promotion of intercultural communication all contribute to improved accessibility, continuity of care, and the quality of primary care. In conclusion, strengthening intercultural health requires comprehensive interventions that coordinate the implementation of public policies, training, and community participation, with the aim of promoting culturally appropriate care models that reduce health inequalities in Ecuador's indigenous communities.**

***Keywords: Primary health care, intercultural health, indigenous peoples, psychosocial determinants, intercultural communication***

# INTRODUCCIÓN

La posibilidad de acceder en condiciones de equidad a los servicios de salud es uno de los principios básicos para alcanzar la cobertura sanitaria universal y eliminar las desigualdades sociales que afectan a las poblaciones en situación de vulnerabilidad. Pero, además, distintos organismos internacionales han constatado que los pueblos indígenas enfrentan grandes brechas en cuanto a las dimensiones del acceso, de la utilización y de la calidad de los servicios sanitarios que están en función de determinantes sociales, económicos, culturales y psicosociales que determinan su estado de salud y que restringen el ejercicio efectivo del derecho a la salud. En este sentido, la Organización Mundial de la Salud ha afirmado que las desigualdades que viven los pueblos indígenas son consecuencia del proceso histórico de discriminación estructural, de la exclusión social, de las barreras geográficas, de la pobreza multidimensional y de la escasa adecuación cultural de los sistemas de salud, situaciones que influencian por tanto en los indicadores de morbilidad-mortalidad y calidad de vida de estos pueblos (1).

En el ámbito internacional, se calcula que más de 476 millones de personas son naciones indígenas, distribuidas entre alrededor de 90 países, constituyendo algo menos del 6 % de las personas del mundo. Ahora bien, esta población concentra una proporción muy considerable de las personas que viven en condiciones de pobreza extrema y tiene peores parámetros sanitarios que la población no indígena. Las diferencias en esperanza de vida, mortalidad materna e infantil, prevalencia de enfermedades transmisibles y crónicas y la escasa oferta de servicios sanos culturalmente relevantes han puesto de manifiesto que hay profundas desigualdades sanitarias perfectamente identificables que reclaman, por tanto, intervenciones holísticas desde el enfoque de la interculturalidad y de los derechos humanos (2).

En América Latina, la interculturalidad en salud se ha hecho cada vez más importante debido a la simultaneidad de los sistemas médicos tradicionales y del modelo biomédico convencional. Países como el Ecuador, Bolivia, Perú, Colombia y México han desarrollado herramientas de la política pública para incorporar los saberes ancestrales dentro de los sistemas nacionales de salud, impulsando el reconocimiento de la diversidad cultural como un pilar fundamental en la promoción de un modelo de atención integral. Sin embargo, múltiples estudios han comprobado que la aplicación de estas políticas continúa encontrando limitaciones relacionadas con la débil formación intercultural del personal sanitario, la escasa participación comunitaria, el mantenimiento de prácticas discriminatorias y la dificultad para establecer procesos de comunicación entre los profesionales de la salud y las comunidades indígenas (3,4).

A su vez, en el contexto del Ecuador, la Constitución Política de la República hace del Ecuador un Estado plurinacional e intercultural, reconociendo el derecho de los pueblos indígenas a mantener sus prácticas tradicionales de salud y a recibir una atención que respete la identidad cultural. El Modelo de Atención Integral de Salud Familiar, Comunitario e Intercultural incorporó la interculturalidad en la atención primaria como uno de sus ejes estratégicos. Sin embargo, diferentes investigaciones llevadas a cabo en comunidades indígenas ecuatorianas han puesto de manifiesto que existen importantes dificultades para mantener vigentes los principios en el trabajo cotidiano de los diferentes servicios sanitarios. Entre las barreras más significativas

podemos mencionar la hegemonía de un modelo biomédico, la escasa articulación con la medicina ancestral, el déficit de profesionales bilingües, la escasa formación en competencias interculturales y la escasa confianza de las comunidades hacia las instituciones sanitarias formales (5-6). En este sentido, los determinantes psicosociales son fundamentales, ya que regulan la percepción del riesgo y la forma de buscar atención, los procesos de seguir el tratamiento de salud e incluirse en los servicios de salud.

Estos determinantes abarcan elementos individuales, familiares, comunitarios y sociales, es decir, las creencias culturales sobre el proceso salud-enfermedad, las experiencias anteriores con los servicios sanitarios, la confianza institucional, el apoyo social, la lengua, el nivel educativo, el estigma, la discriminación que se percibe y las condiciones socioeconómicas. La combinación de estos elementos define cómo las personas interpretan los síntomas, como valoran la necesidad de ir a un establecimiento de salud, cómo construyen conocimiento con el personal sanitario y, en definitiva, la forma en la que tienen acceso a los servicios de atención primaria (7).

Varios estudios recientes han evidenciado que la comunicación es uno de los determinantes más importantes del éxito de la implementación de los programas de salud intercultural. La falta de estrategias comunicacionales, integradas a un contexto sociocultural, comporta la imposición de la desconfianza, incrementa las barreras para el acceso y disminuye la continuidad de la atención. Por el contrario, cuando los profesionales trabajan la competencia intercultural, utilizan la lengua materna de las comunidades, ponen en valor los saberes tradicionales y logran entablar relaciones horizontales con los líderes de la comunidad y los sanadores tradicionales, la aceptación de los programas preventivos y la utilización de los servicios de atención primaria aumentan significativamente (8).

La literatura científica además apunta que la comunicación es más que la simple transmisión de información clínica, sino que se presenta como un proceso en doble sentido con la característica del respeto recíproco, la negociación cultural y la integración de los saberes tradicionales (9). En este sentido, la competencia intercultural del personal sanitario se entiende como la capacidad de desarrollar habilidades de escucha activa, sensibilidad cultural, empatía y capacidad de adaptar las intervenciones sanitarias que se proponen a los determinantes sociales y culturales de la comunidad. Estas competencias son propicias para construir confianza institucional, fortalecer la participación de las comunidades y continuar disminuyendo las desigualdades en salud que presentan los pueblos indígenas.

A pesar del incremento de investigaciones en salud intercultural de los últimos años, la evidencia continúa llegando de manera aislada y de forma independiente a aspectos relacionados con la salud intercultural, la discriminación, los determinantes sociales, la medicina ancestral, la comunicación intercultural o la atención primaria, etc. Esto lleva a mantener la necesidad de integrar la información científica disponible para poder tener un mapa que permita comprender de una forma amplia cómo los determinantes psicosociales condicionan el acceso a los servicios de salud intercultural y cuáles son las estrategias de comunicación que han demostrado ser más efectivas para fortalecer la atención primaria de las comunidades indígenas del Ecuador. Todo esto se vuelve muy importante para poder orientar futuras políticas públicas, reforzar la

formación del talento humano en salud, promover intervenciones culturalmente pertinentes que logren conquista las brechas de acceso (10-12).

Así, el presente artículo tuvo como objetivo revisar la evidencia científica publicada de los determinantes psicosociales con los que se fueron construyendo el acceso a los servicios de salud intercultural en las comunidades indígenas del Ecuador, identificando las principales barreras idiosincráticas que logran hacer ese acceso en un sentido, así como también aquellos factores facilitadores y las estrategias de comunicación efectiva que logran dar cuenta del fortalecimiento de la atención primaria desde la salud intercultural.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Diseño del estudio

Para llevar a cabo la realización del estudio en cuestión se basó en un tipo de estudio correspondiente a una revisión bibliográfica de tipo descriptiva que se realizó a través de un enfoque cualitativo de síntesis de la evidencia científica. Este estudio tuvo como objetivo la identificación, análisis e integración de la información disponible sobre los determinantes psicosociales del acceso a los servicios de salud intercultural en comunidades indígenas del Ecuador, así como las estrategias de comunicación efectiva para fortalecer la atención primaria. La planificación y el reporte de la revisión se realizaron siguiendo las recomendaciones que señala la declaración Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA 2020), ampliamente aceptada para la garantía de la transparencia y la reproducibilidad de las revisiones bibliográficas.

### Estrategia de búsqueda bibliográfica

La búsqueda de información científica se realizó desde enero de este año hasta junio del 2026, siguiendo una estrategia sistemática en las bases de datos biomédicas y multidisciplinarias más relevantes, que son PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, SciELO y Google Scholar. Estas bases de datos fueron seleccionadas por su alcance de la literatura científica indexada en relación con la salud pública, la salud intercultural, la atención primaria, los determinantes sociales de la salud y las poblaciones indígenas.

La estrategia de búsqueda se elaboró a base de descriptores en inglés y español y con los contenidos de los Medical Subject Headings (MeSH) y los Descriptores en Ciencias de la Salud (DeCS), combinándolos con los operadores booleanos AND y OR. Entre los descriptores principales usados destacan los siguientes: "Psychosocial Determinants", "Social Determinants of Health", "Indigenous Health", "Intercultural Health", "Primary Health Care", "Health Services Accessibility", "Health Communication", "Communication Strategies", "Ecuador", "Pueblos Indígenas", "Salud Intercultural", "Atención Primaria", "Acceso a los Servicios de Salud" y "Comunicación Intercultural".

A modo de ejemplo, una de las ecuaciones de búsqueda en PubMed es la siguiente:

("Psychosocial Determinants" OR "Social Determinants of Health") AND ("Indigenous Health" OR "Intercultural Health") AND ("Primary Health Care") AND ("Health Communication") AND ("Ecuador").

**Criterios de inclusión**

Se seleccionó la investigación que cumplía con los criterios siguientes:

- Artículos científicos publicados entre enero de 2021 y junio de 2026.
- Investigación original, revisiones sistemáticas, metaanálisis y estudios de tipo cualitativo en salud intercultural.
- Artículos científicos en inglés o en español.
- Artículos completos.
- Investigación realizada en comunidades indígenas o en grupos de personas con características y elementos socioculturales comparables.
- Investigación que abordara al menos uno de los siguientes componentes:
    - Determinantes psicosociales.
    - Acceso a los servicios de salud.
    - Comunicación intercultural.
    - Atención primaria.
    - Políticas de salud de tipo intercultural.

**Criterios de exclusión**

Se excluyó:

- Artículos publicados antes de 2021.
- Comunicaciones de congresos.
- Editoriales.
- Cartas a la redacción.
- Protococos de investigación.
- Tesis no publicadas.
- Literatura gris sin revisión de pares.
- Estudios cuya población objetivo no estuviera vinculada a Pueblos Indígenas o a contextos intervinculados.
- Publicaciones duplicadas de acuerdo con las bases de datos revisadas.

**Selección de los estudios**

La selección de los trabajos se realizó en cuatro etapas junto al diagrama PRISMA 2020.

En una primera etapa, se acudió a las diferentes bases de datos electrónicas para la identificación de los registros. En una segunda etapa, se eliminaron los documentos duplicados con

herramientas de gestión bibliográfica. En la tercera fase se realizó la revisión de títulos y resúmenes con la intención de comprobar la adecuación de los mismos a la línea de investigación. Concluyendo, se pasó a leer y evaluar íntegramente los artículos potencialmente elegibles para decidir finalmente su inclusión en la revisión.

A lo largo de la revisión siempre se optaron por aquellos estudios que se encontraban publicados en revistas científicas de primer nivel (Q1 y Q2), con un adecuado rigor metodológico y una alta relevancia científica (Q1 y Q2).

**Extracción y estructuración de la información**

La información seleccionada fue estructurada según una matriz de extracción elaborada ad hoc para esta revisión. De cada uno de los estudios se extrajeron las siguientes variables:

- Autoría.
- Año de publicación.
- País.
- Diseño metodológico.
- Población estudiada.
- Tamaño de las muestras.
- Determinantes psicosociales identificados.
- Barreras al acceso a los servicios sanitarios.
- Estrategias comunicacionales.
- Resultados principales.
- Conclusiones finales.

A continuación, la información fue organizada en categorías temáticas para desarrollar la síntesis narrativa de la evidencia científica.

**Valoración de la calidad metodológica**

La calidad metodológica de los estudios incluidos fue valorada conforme al tipo de diseño de investigación empleado y al cumplimento de criterios internacionales de calidad científica. Se priorizaron aquellos artículos publicados en revistas indexadas en Scopus y Web of Science, revisiones sistemáticas elaboradas conforme a la metodología PRISMA y estudios observacionales desarrollados atendiendo a las recomendaciones contenidas en la guía STROBE. Se tuvo también en cuenta la actualidad de la evidencia, el nivel de citación, la claridad metodológica y la consistencia de los resultados comunicados.

**Análisis de la información**

La información fue analizada mediante síntesis narrativa, determinándose convergencias y divergencias entre estudios diferentes. Los resultados fueron ordenados a partir de los principales determinantes psicosociales que recoge la literatura científica: socioculturales, económicos, geográficos, lingüísticos, educativos, institucionales y comunicacionales. Finalmente, se integró la

evidencia disponible para poder establecer la relación que existe entre dichos determinantes y el acceso a los servicios de salud intercultural, así como las estrategias de comunicación que demostraron ser más eficaces para reforzar la atención primaria en las comunidades indígenas del Ecuador.

# RESULTADOS

## Caracterización general de los estudios incluidos

La estrategia de búsqueda permitió identificar un gran número de publicaciones de los determinantes psicosociales referidos al acceso a los servicios en la salud intercultural en comunidades indígenas. Luego de la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión, se procedió a seleccionar los trabajos que mostraron mayor rigor metodológico y ajuste temática para dar respuesta al objetivo de la presente revisión.

La mayoría de las publicaciones comprendidas entre 2021 y 2025 reflejan el progresivo aumento del interés científico por entender las desigualdades en el acceso a la atención sanitaria desde la mirada de la salud intercultural. Los estudios cualitativos, las investigaciones con métodos mixtos y las revisiones sistemáticas fueron los enfoques predominantes, dado que estos diseños permiten profundizar de manera más exhaustiva sobre las experiencias, percepciones y barreras enfrentadas por las poblaciones indígenas en su relación con los sistemas nacionales de salud (13).

En el ámbito geográfico los estudios fueron fundamentalmente de países como Ecuador, Perú, Bolivia, Colombia, México y Brasil, donde hay una diversidad étnica y cultural relevante. Además de también identificarse estudios en Canadá, Australia y Nueva Zelanda, que, siendo este país considerado por la similitud de los retos de atención sanitaria a los pueblos indígenas y el desarrollo de modelos exitosos de atención intercultural (14-17).

Respecto a la población de la investigación, la mayoría de los estudios incluyeron comunidades indígenas rurales, líderes comunitarios, profesionales sanitarios, gestores de servicios de salud y representantes de organizaciones indígenas. Algunos estudios también incluyeron la percepción de parteras tradicionales, médicos ancestrales y promotores comunitarios, actores claves en el entendimiento de la interacción entre medicina tradicional y el sistema biomédico.

Los resultados mostraron que los determinantes psicosociales no se dan de forma aislada sino a través de una interacción compleja de factores culturales, económicos, educativos, geográficos e institucionales, y esta misma interacción condiciona la percepción de riesgo, la confianza hacia los servicios sanitarios, la utilización de atención primaria y la continuidad de los tratamientos médicos (18,19).

*Tabla 1. Características generales de los estudios incluidos en la revisión*

| Autor | Año | País | Diseño del estudio | Población | Principal aporte |
|---|---|---|---|---|---|
| **Bautista-Valarezo et al.** | 2021 | Ecuador | Cualitativo | Sanadores indígenas | Relación entre medicina ancestral y sistema formal de salud. |
| **Quiroz-Hidrovo et al.** | 2024 | Ecuador | Cualitativo | Personal sanitario | Barreras para implementar el enfoque intercultural. |
| **González-Carvajal et al.** | 2026 | Internacional | Metasíntesis | Hospitales interculturales | Estrategias exitosas de comunicación intercultural. |
| **OPS** | 2022 | América Latina | Informe técnico | Sistemas de salud | Lineamientos para fortalecer la atención intercultural. |
| **OMS** | 2025 | Mundial | Documento estratégico | Pueblos indígenas | Determinantes sociales y acceso equitativo a los servicios de salud. |

***Fuente: Elaboración propia con base en la literatura científica revisada (2021–2026).***

## Determinantes psicosociales asociados al acceso a los servicios de salud intercultural

La evidencia científica permitió identificar varios determinantes psicosociales que determinan el acceso a los servicios de salud en comunidades indígenas. Entre ellos, destaca la confianza institucional, las creencias culturales en relación a la salud y la enfermedad, el idioma, el nivel de escolaridad, el apoyo social, la discriminación percibida, el nivel socioeconómico, la accesibilidad geográfica y la interacción establecida por los usuarios con los profesionales sanitarios.

Uno de los determinantes descritos de una manera más frecuente fue la confianza en las instituciones de salud. Diferentes estudios han mostrado cómo las experiencias previas de discriminación, tratos irrespetuosos o falta de conocimiento de las prácticas culturales llevan a la desconfianza y a disminuir, de manera significativa, la utilización de los servicios de salud; lo que lleva a que muchas personas acudan, en primer lugar, a los sistemas tradicionales de atención o pospongan la búsqueda de atención, hasta que las enfermedades alcanzan estados avanzados (20,21).

Las creencias culturales igualmente juegan un rol decisivo en la concepción de la enfermedad, así como en las elecciones que cada persona efectúa en el trayecto hacia la posibilidad de búsqueda en demanda de atención. En los muchos pueblos indígenas, la salud y la enfermedad son pensadas e interpretadas a partir de una concepción holística que involucra aspectos espirituales, familiares, medioambientales y comunitarios. Cuando los servicios sanitarios no son capaces de reconocer esas creencias se producen conflictos culturales, lo que provoca un menor cumplimiento de los tratamientos y unos niveles de aceptación más bajos de las medidas de prevención (22).

El idioma también emergió a su vez como uno de los principales impedimentos para el acceso efectivo a la atención primaria. A lo largo de varias investigaciones llevadas a cabo en el Ecuador se llegó a la conclusión de que la falta de profesionales bilingües afectaba la comprensión de los diagnósticos, la calidad de la comunicación clínica y aumentaba la sensación de exclusión que podían tener los usuarios indígenas. Esta cuestión era especialmente importante en los adultos mayores o entre los habitantes de comunidades rurales que tienen escasa relación con las ciudades.

Un segundo determinante bien documentado era el nivel educativo. La literatura muestra que una menor escolaridad limita el alfabetismo en salud, reduce el conocimiento sobre programas preventivos, dificulta la detección temprana de signos o síntomas que puedan requerir atención profesional. Sin embargo, diferentes autores concluyeron que esas restricciones no pueden ser entendidas únicamente desde un aspecto individual, sino que son reflejo de desigualdades estructurales históricas que afectan a las comunidades indígenas (23).

La discriminación que manifiestan los participantes es un tercer determinante documentado en la literatura. Muchos autores describieron las experiencias de los participantes en relación a conductas que podía ser consideradas discriminatorias, a estereotipos culturales o a una baja sensibilidad intercultural por parte del personal sanitario, y estas experiencias produjeron sentimientos de rechazo, disminución de la satisfacción respecto a los servicios de salud y favorecieron la interrupción de la continuidad asistencial, en especial entre las mujeres indígenas en relación a la ayuda en el embarazo, el parto o el puerperio.

**Barreras socioculturales e institucionales que pueden dificultar el acceso a los servicios de salud intercultural.**

La revisión de la evidencia científica permitió poner de manifiesto que las barreras de acceso a los servicios de salud intercultural incluyen no sólo factores económicos y geográficos, sino que están en relación directa con los factores socioculturales, institucionales y comunicacionales. Los estudios revisados presentan una coincidencia en que, estas barreras tienen que ver con procesos históricos de exclusión social, con desigualdad estructural y con la hegemonía de las ciencias biomédicas del modelo occidental que mayoritariamente hacen invisibles los saberes ancestrales y las formas tradicionales de entender el proceso enfermedad-salud (24).

Una de las conclusiones más recurrentes es la continuidad de relaciones asimétricas entre los sistemas de salud formales y la medicina tradicional indígena. Distintas investigaciones llevadas a cabo en Ecuador han evidenciado que, a pesar de que las políticas públicas den cuenta, y a su vez reconozcan abiertamente la interculturalidad, en la práctica hay predominancia de un enfoque biomédico que condena a la partera tradicional, yachak, curandero y otros actores comunitarios involucrados en los procesos de atención. Esta realidad causa desconfianza en las comunidades indígenas y disminuye la continuidad asistencial entre ambos sistemas de atención.

La discriminación institucional también ha aparecido como uno de los determinantes del acceso. Los usuarios indígenas relatan experiencias relativas a comentarios despectivos, estereotipos

culturales, falta de respeto por sus prácticas tradicionales y escaso interés por la sensibilidad de algunos profesionales sanitarios dentro de lo que se denomina modelo de atención. Las experiencias de este tipo generan una erosión de la relación terapéutica, una disminución de la confianza institucional, y también una búsqueda exclusivamente relacionada con la medicina ancestral que retrasa el diagnóstico y el tratamiento oportuno. La barrera lingüística también fue una de las causas determinantes. Sin presencia de personal bilingüe y material educativo elaborado en las lenguas indígenas, parecía difícil hacerse entender lo que se trataba del diagnóstico, del tratamiento y de las medidas de prevención adecuadas. En la literatura, se manifiesta que la comunicación escasa favoreció el aumento de probabilidad de cometer errores atendiendo a las personas que se tienen que atender, que además disminuiría la adherencia a los tratamientos y, a la vez, experimentarían menos satisfacción con los servicios recibidos. Por su parte, las revisiones internacionales concluyen que la conservación y el uso de las lenguas indígenas es un contexto protector para la salud física y mental y la identidad cultural, además de reforzar la confianza en los servicios de salud (23). Un tema muy bien abordado corresponde a las desigualdades territoriales, ya que las comunidades indígenas en áreas rurales no alcanzan los servicios de salud por el largo camino que deben transitar, por la deficiente infraestructura vial, por la escasez de transporte público y por la ausencia de profesionales de la salud. Estas condiciones elevan los costos indirectos de la atención sanitaria y promueven el abandono de la atención, sobre todo en personas con enfermedades crónicas y en las mujeres embarazadas.

En el ámbito institucional, distintos estudios han señalado que la implementación del modelo de atención intercultural sigue siendo limitada por la escasa formación del personal sanitario en cuanto a la competencia cultural, por la ausencia de protocolos de atención intercultural y por la baja participación de representantes indígenas en la planificación de los servicios. Estas deficiencias reducen la capacidad del sistema sanitario para responder adecuadamente a las necesidades sociales y culturales de las comunidades.

En definitiva, la evidencia científica avala la idea de que las barreras socioculturales e institucionales no actúan de manera independiente sino interactuando de una forma compleja que condiciona las fases que abarca el acceso a los servicios de salud: desde el momento mismo de decidir si acudir o no a la consulta, hasta la continuidad en el tratamiento y el seguimiento oportuno. Por lo tanto, para eludir estas barreras de acceso a los servicios de salud se requieren intervenciones integrales que articulen políticas públicas, fortalecimiento institucional, formación intercultural del personal de salud y la inclusión de las comunidades a la toma de decisiones sobre el servicio.

***Tabla 2. Principales determinantes psicosociales identificados en la literatura científica***

| Determinante psicosocial | Evidencia reportada | Impacto sobre el acceso |
|---|---|---|
| **Desconfianza institucional** | Experiencias previas de discriminación y falta de reconocimiento cultural | Disminuye la utilización de los servicios de salud |
| **Barreras lingüísticas** | Escasez de personal bilingüe y dificultades de comunicación | Reduce la comprensión del tratamiento y la adherencia |
| **Creencias culturales** | Diferencias entre la medicina ancestral y el modelo biomédico | Retrasa la búsqueda de atención formal |

| | | |
|---|---|---|
| **Discriminación percibida** | Actitudes excluyentes y estereotipos culturales | Incrementa el abandono del seguimiento clínico |
| **Bajo nivel educativo** | Limitada alfabetización en salud | Disminuye la utilización de programas preventivos |
| **Condiciones socioeconómicas** | Pobreza y costos de desplazamiento | Limitan el acceso oportuno a la atención |
| **Aislamiento geográfico** | Grandes distancias e infraestructura deficiente | Reduce la continuidad asistencial |
| **Escasa competencia cultural del personal sanitario** | Formación insuficiente en interculturalidad | Disminuye la calidad de la atención |

***Fuente: Elaboración propia a partir de la evidencia científica publicada entre 2021 y 2026.***

## Estrategias de comunicación efectiva para fortalecer la atención primaria

La revisión revela que la comunicación intercultural es uno de los elementos con más capacidad para reducir las desigualdades de salud. Los estudios aseguran que la comunicación no se identifica únicamente con la trasmisión de información clínica, sino que implica una conversación dilatada, una comunicación recíproca, la negociación cultural y la construcción de la confianza entre los profesionales sanitarios y las comunidades indígenas.

Entre las estrategias más efectivas se encuentra la inclusión de diplomados o mediadores interculturales, la producción de material educativo en lenguas originarias, la formación continua del personal sanitario en competencias culturales, la participación de los líderes comunitarios, así como de los sanadores tradicionales en las actividades de educación para la salud y el diseño de intervenciones culturales en función del contexto sociocultural del grupo de población. Estas actividades favorecen la comprensión de las recomendaciones médicas, incrementan la adherencia terapéutica y favorecen la confianza hacia los servicios sanitarios.

Por otra parte, los estudios insistentes consideran que el personal de salud tiene que formarse en competencias relacionadas con la escucha activa, la empatía, el reconocimiento de los saberes ancestrales y la adaptación de las recomendaciones de salud pública y prevención según las características culturales de cada población. La propia evidencia muestra que estas y otras competencias favorecen las relaciones terapéuticas más horizontales y mejoran la percepción de la atención que tienen los usuarios indígenas.

Finalmente, los estudios revisados coinciden en que las estrategias de comunicación son mucho más efectivas cuando están alineadas con políticas institucionales orientadas a construir la interculturalidad, favorecer la participación de la comunidad y reconocer de manera oficial el quehacer de la medicina tradicional dentro de los sistemas nacionales de salud; es decir, en este sentido, la comunicación no debe considerarse un elemento aislado, sino que tendrá que ser un eje transversal para hacer posible una atención primaria más equitativa, más inclusiva y más culturalmente adecuada.

## Síntesis comparativa de la evidencia científica

Con la meta de poder conocer cuáles han sido las principales tendencias en el área de los determinantes psicosociales del acceso a los servicios de salud intercultural, se llevó a cabo un análisis comparativo de los estudios seleccionados para ingresar finalmente en la lectura de los resultados. La evidencia encontró una elevada concordancia en relación a la influencia que ejercen los factores socioculturales, los factores económicos, los factores institucionales o los factores comunicacionales sobre el uso de los servicios de atención primaria por parte de las comunidades indígenas.

Los estudios desarrollados en América Latina pusieron de manifiesto que el desarrollo de políticas de salud intercultural ha dejado ver evoluciones relevantes en el ámbito de los determinantes de salud; pero por otro lado, la implementación, se ha dejado ver como errática entre los diferentes países y sistemas de salud. En Ecuador, en Perú y en Bolivia se dieron avances hacia una convergencia entre la medicina ancestral y el modelo biomédico, pero estos avances complementarios son limitados por la deficiente formación intercultural del personal sanitario, la escasa participación de la comunidad y la inexistencia de mecanismos permanentes para articular ambos sistemas de atención (3–5,10).

Por su parte, en Canadá, Australia y Nueva Zelanda, las evaluaciones a las intervenciones han mostrado que estas realizadas con la participación activa de las comunidades indígenas, con mediadores culturales y con alta comunicación intercultural mejoran la accesibilidad, la continuidad y la calidad de la atención primaria. Los autores sugieren que las estrategias centradas en el respeto por la cultura de los grupos favorecen la aceptación de los servicios de salud y mejora la confianza de los usuarios hacia el sistema de salud (11,12,17).

Además, la literatura científica ha destacado que los determinantes psicosociales deben ser vistos de forma holística, con interacción permanente de determinantes individuales, familiares, comunitarios e institucionales. Según este enfoque, las intervenciones únicas, que pretendan mejorar la infraestructura del sistema sanitario o la disponibilidad de los recursos humanos, son insuficientes y deben unirse a procesos de transformación institucional, que aboga por la interculturalidad y la equidad en salud.

***Tabla 3. Síntesis comparativa de los estudios incluidos en la revisión***

| Autor | Año | País | Diseño metodológico | Determinante psicosocial identificado | Estrategia propuesta | Principal hallazgo |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Bautista-Valarezo et al. (5)** | 2021 | Ecuador | Cualitativo | Desconfianza hacia el sistema formal de salud | Integración de la medicina ancestral | La articulación entre sanadores tradicionales y personal |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | sanitario fortaleció la aceptación de los servicios. |
| **Quiroz-Hidrovo et al. (4)** | 2024 | Ecuador | Cualitativo | Predominio del modelo biomédico | Formación intercultural del personal | Persisten barreras institucionales para implementar el enfoque intercultural. |
| **González-Carvajal et al. (3)** | 2026 | Internacional | Metasíntesis | Comunicación intercultural deficiente | Desarrollo de competencias culturales | La comunicación efectiva incrementó la calidad percibida de la atención. |
| **Organización Panamericana de la Salud (10)** | 2022 | América Latina | Informe técnico | Desigualdades sociales | Fortalecimiento de la atención primaria | La participación comunitaria mejoró el acceso a los servicios. |
| **Organización Mundial de la Salud (2)** | 2025 | Mundial | Documento estratégico | Inequidades estructurales | Políticas públicas interculturales | La equidad en salud requiere acciones multisectoriales y culturalmente pertinentes. |
| **Whalen et al. (17)** | 2022 | Canadá | Revisión | Pérdida de la lengua indígena | Promoción de idiomas originarios | El fortalecimiento lingüístico favoreció mejores resultados en salud y mayor confianza institucional. |
| **Zhao (16)** | 2023 | Internacional | Revisión sistemática | Barreras de comunicación | Mediadores culturales | La presencia de intérpretes mejoró la adherencia terapéutica y redujo errores de |

| | |
|---|---|
| | comunicación. |

***Fuente: Elaboración propia con base en la literatura científica revisada (2021–2026)***

### Análisis integrador de la evidencia científica

El estudio conjunto de los estudios construyó la idea de que el acceso a los servicios de salud intercultural es una realidad multidimensional que llega determinada por una sinergia a la vez de factores sociales, culturales, económicos, geográficos e institucionales. Ninguno de los determinantes dio cuenta en exclusividad de las dificultades de acceso en las comunidades indígenas, al revés, la evidencia apuntó a que los determinantes se potencian entre ellos, generando así escenarios de exclusión sanitaria.

Entre los determinantes identi-ficados, la confianza institucional emergía como uno de los factores que más influía en la utilización de los servicios de salud. Las experiencias previas de discriminación, la escasa sensibilidad cultural del personal sanitario y la limitada asimilación de la medicina ancestral disminuyen la credibilidad hacia el sistema formal e invitan a buscar alternativas terapéuticas. Esta situación pone de relieve la necesidad de fortalecer la relación entre las instituciones sanitarias y las comunidades indígenas a través de procesos permanentes de diálogo intercultural.

De la misma manera, la comunicación resulta ser reconocida como uno de los ejes transversales para mejorar el acceso a la atención primaria; los estudios coincidieron en que la formación del personal sanitario en competencias culturales, el uso de intérpretes comunitarios, la elaboración de materiales educativos en lenguas originarias y la participación activa de líderes indígenas benefician una atención más inclusiva y, en consecuencia, aumentan la aceptación de las intervenciones preventivas.

Finalmente, la evidencia revisada permitió concluir que las estrategias más efectivas eran aquellas elaboradas desde una visión participativa en que las comunidades indígenas participan activamente en la planeación, ejecución y evaluación de las acciones sanitarias. Este modelo favorecía la apropiación comunitaria de los programas de salud, favorecía la confianza institucional y contribuía a disminuir desventajas en el acceso a los servicios de atención primaria.

## DISCUSIÓN

La revisión bibliográfica considerada permitió detectar que los determinantes psicosociales constituyen uno de los principales factores determinantes del acceso a los servicios de salud intercultural en comunidades indígenas del Ecuador. La evidencia analizada mostró que el acceso oportuno y continuo a los servicios de atención primaria no se basa exclusivamente en la disponibilidad de infraestructura sanitaria o de recursos humanos, sino que es el resultado de una interacción compleja de determinantes culturales, sociales, económicos, geográficos e institucionales. En este sentido, los resultados encontrados apoyan el enfoque propuesto por la

Organización Mundial de la Salud, que define a los determinantes sociales y culturales como aportes necesarios para el entendimiento de las desigualdades en salud que experimentan los pueblos indígenas (1,2).

Uno de los principales hallazgos encontrados en esta revisión fue la identificación de la confianza institucional como determinante para la utilización de los servicios sanitarios. La mayoría de las revisiones realizadas reflejan que las vivencias previas de discriminación, la non- visibilidad de la medicina tradicional o ancestral y la baja sensibilidad cultural del personal sanitario afectan a la atención de las comunidades indígenas. Esto también presenta la búsqueda de alternativas de atención tradicional o el retraso en la atención médica con un alto riesgo de complicaciones y escasa o nula continuidad del tratamiento. Estos resultados coinciden con los estudios realizados en Ecuador por Bautista-Valarezo et al. (5) y Quiroz-Hidrovo et al. (4), donde la persistencia del modelo biomédico como paradigma hegemónico afianzan la dificultad en la adopción de la interculturalidad en los establecimientos sanitarios.

Otro de los aspectos documentados de forma importante fue la influencia de las barreras lingüísticas sobre la calidad de la atención médica. La literatura indica que la falta de personas profesionales bilingües y de materiales de formación adaptados a las lenguas indígenas afecta tanto a la comprensión de los diagnósticos, a la adherencia terapéutica como a la satisfacción de las personas que usan los servicios. En la misma línea, los mismos autores (25,26), afirman que la promoción y el fortalecimiento de las lenguas indígenas contribuyen no solo a la identidad cultural, sino que también reportan beneficios para la salud de forma directa, ya sea física, psicológica o comunitaria. Desde esta perspectiva, la comunicación intercultural se debe concebir como un dispositivo estratégico de la atención primaria y no simplemente como un instrumento adicional que forma parte del proceso asistencial.

La revisión también evidenció que la formación del talento humano en competencias culturales todavía es insuficiente. Si bien el modelo de Atención Integral de Salud Familiar, Comunitario e Intercultural reconoce el enfoque intercultural, varios estudios demuestran que la formación del personal de salud sigue teniendo limitaciones en el ámbito de los sistemas de medicina tradicional, de comunicación intercultural, de respeto por la cosmovisión indígena y de participación comunitaria (27). Estas limitaciones están correlacionadas con la calidad de la atención y con las percepciones que tienen los usuarios sobre el sistema de salud. De este modo, la competencia cultural ha de ser considerada como una competencia transversal que empape los programas de formación de pregrado, posgrado y formación continua del personal de salud.

En lo que respecta a los factores socioeconómicos y geográficos, la evidencia que se revisó confirma que las comunidades indígenas localizadas en las zonas rurales del sistema de salud continúan padeciendo importantes barreras de acceso a los servicios sanitarios. Los grandes trayectos hacia los centros de salud, los límites del transporte, la dispersión del territorio y el elevado importe de los costos indirectos relacionados con la atención a la salud conforman elementos que intensifican las desigualdades existentes (28). Sin embargo, los estudios presentados coinciden en señalar que estas limitaciones son mucho más intensas cuando están combinadas con barreras culturales y de comunicación, mostrando la necesidad de abordar el acceso a la salud desde una perspectiva multidimensional.

Uno de los hallazgos más relevantes de esta revisión fue la aparición de la comunicación efectiva como una de las estrategias con mayor potencial para potenciar la atención primaria de salud en contextos interculturales. La evidencia internacional muestra que el uso de intérpretes comunitarios, la participación activa de líderes indígenas, la elaboración de materiales educativos en lenguas originarias, así como el reconocimiento de los saberes ancestrales propician la posibilidad de construir relaciones terapéuticas basadas en la confianza y el respeto mutuo. Las estrategias fomentan igualmente la aceptación de las actividades de promoción y prevención de la salud, el aumento de la adherencia a los tratamientos y contribuyen a reducir las desigualdades en el ámbito sanitario entre las poblaciones indígenas y las no indígenas.

En cuanto a las políticas públicas, los resultados apuntan a que el fortalecimiento de la salud intercultural requiere ir más allá del enfoque centrado meramente en la prestación del servicio, sino que las futuras intervenciones deben orientar su mirada hacia devenirse en modelos participativos que incorporen a las comunidades indígenas en la planificación, ejecución y valoración de las acciones sanitarias. Igualmente, exige desarrollar la conexión entre la medicina indígena y el sistema nacional de salud mediante mecanismos de colaboración, de tal forma que se pueda aprovechar la sabiduría ancestral sin perjudicar la seguridad y la calidad de la atención.

Algunas de las fortalezas de la presente revisión son la integración de la evidencia científica actual publicada en revistas indexadas, la incorporación de estudios de investigación llevados a cabo en Ecuador y en otros países con contextos interculturales similares. Esta concepción ha permitido realizar un análisis extenso de los determinantes psicosociales y de las estrategias de comunicación que se aplican en varios sistemas de salud y favoreciendo una visión holística del fenómeno analizado.

De todos modos, esta revisión presenta limitaciones. En primer lugar, la cantidad de estudios específicos sobre las comunidades indígenas ecuatorianas sigue siendo escasa por lo que hubo que complementar el análisis con investigaciones llevadas a cabo en otros países con contexto latinoamericano y de otros países con escenarios internacionales similares. En segundo lugar, la heterogeneidad metodológica de los estudios que se han considerado dificultó la comparación cuantitativa de algunos resultados, por lo que se optó por una síntesis narrativa de la evidencia. Finalmente, al ser una revisión bibliográfica los hallazgos dependen de la calidad metodológica de las investigaciones seleccionadas y la disponibilidad de literatura científica publicada en el periodo analizado.

Los hallazgos obtenidos permiten afirmar que la reducción de las desigualdades en el acceso a los servicios de salud intercultural requiere intervenciones integrales, en las que se vayan más allá de las mejoras estructurales del sistema sanitario. El fomento de la comunicación intercultural, la formación continuada del personal de salud, el valor de la medicina indígena y la implicación de las comunidades indígenas forman una parte de la esencia necesaria para producir un modelo de atención primaria más equitativo, inclusivo y culturalmente adecuado en el Ecuador.

# CONCLUSIONES

El conjunto de evidencias científicas que se han analizado condujo a la conclusión de que el acceso a los servicios de salud intercultural en las comunidades indígenas del Ecuador, continúa condicionado por el funcionamiento de una complicada red de determinantes psicosociales, socioculturales, económicos, geográficos e institucionales. Las barreras que más influencian la comunicación y el acceso son las siguientes: la desconfianza hacia la atención sanitaria, las barreras lingüísticas, la discriminación percibida, la escasa incorporación de la medicina ancestral en el modelo biomédico y la escasa formación del personal sanitario en competencias interculturales. Estos determinantes no actúan de manera aislada, sino que entran en relación entre sí para producir desigualdades en el acceso a servicios de salud, acceso oportuno, continuidad del cuidado y adherencia a la promoción, a la prevención y al tratamiento.

La revisión también reflejó que las estrategias de comunicación efectiva constituyen uno de los pilares fundamentales que permiten fortalecer la atención primaria desde la perspectiva de la interculturalidad. La utilización de intérpretes y mediadores culturales, la producción de materiales educativos en lenguas originarias, la participación activa de los líderes comunitarios y sanadores tradicionales o la renovación del talento humano en competencias culturales constituyen acciones que contribuyen a crear relaciones terapéuticas basadas en la confianza, el respeto y la diversidad cultural, así como a promover mejoras en el uso de los servicios sanitarios y a eliminar las barreras que tradicionalmente han existido para las poblaciones indígenas (efectivas y de calidad).

Por último, los hallazgos de esta revisión pusieron en evidencia la consolidación de políticas públicas que van más allá del fortalecimiento de la infraestructura sanitaria para integrar la interculturalidad en la atención primaria, promoviendo así la consulta comunitaria. Impulsar modelos participativos que integren a las comunidades indígenas en la planificación, implementación y evaluación de acciones de salud fortalece la comunicación de la medicina tradicional con el sistema nacional de salud. Además, encontramos la necesidad de impulsar nuevas investigaciones sobre la efectividad de las estrategias de comunicación intercultural mediante diseños robustos que generen evidencia para reducir las desigualdades en salud y garantizar una atención equitativa, inclusiva y culturalmente pertinente de los pueblos indígenas ecuatorianos.

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. World Health Organization. Strengthening primary health care to tackle racial discrimination, promote intercultural services and reduce health inequities. Geneva: World Health Organization; 2022.
2. World Health Organization. Global Plan of Action for the Health of Indigenous Peoples. Geneva: World Health Organization; 2025
3. González-Carvajal J, Andina-Díaz E, Solano-Ruiz C, et al. Intercultural Health: Healthcare Strategies in Hospitals—A Qualitative Meta-Synthesis. Nurs Forum. 2025/2026.

4. Quiroz-Hidrovo AL, Larrea-Killinger C, Rodríguez-Martín D. La hegemonía del modelo biomédico desde las representaciones del personal de salud en el contexto de un modelo de atención en salud con enfoque intercultural en Chugchilán, Ecuador. Saúde Soc. 2024;33(1):e230087.
5. Bautista-Valarezo E, Duque V, Verhoeven V, Mejia Chicaiza J, Hendrickx K, Maldonado-Rengel R, et al. Perceptions of Ecuadorian indigenous healers on their relationship with the formal health care system: barriers and opportunities. BMC Complement Med Ther. 2021;21:65. doi:10.1186/s12906-021-03234-0.
6. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ. 2021;372:n71.
7. von Elm E, Altman DG, Egger M, Pocock SJ, Gøtzsche PC, Vandenbroucke JP. The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. Int J Surg. 2014;12(12):1495-1499.
8. Page MJ, Moher D, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. BMJ. 2021;372:n160.
9. World Health Organization. World report on the social determinants of health equity. Geneva: World Health Organization; 2023.
10. Pan American Health Organization. Health of Indigenous Peoples in the Region of the Americas. Washington (DC): Pan American Health Organization; 2022.
11. United Nations Permanent Forum on Indigenous Issues. State of the World's Indigenous Peoples. New York: United Nations; 2023.
12. United Nations. The Sustainable Development Goals Report 2024. New York: United Nations; 2024.
13. World Health Organization. Primary health care measurement framework and indicators: monitoring health systems through a primary health care approach. Geneva: World Health Organization; 2022.
14. Pan American Health Organization. Promoting equity in the health of Indigenous Peoples. Washington (DC): Pan American Health Organization; 2023.
15. Bautista-Valarezo E, Duque V, Verdugo Sánchez AE, Dávalos-Batallas V, Michels NRM, Hendrickx K, et al. Towards an indigenous definition of health: an explorative study to understand the indigenous Ecuadorian people's health and illness concepts. Int J Equity Health. 2020;19(1):101. doi:10.1186/s12939-020-1142-8.
16. Seifert G, Boujnah H, Ghods R, Wieland S, Aginam O, Chuthaputti A, et al. Promoting planetary health and well-being for all: harnessing indigenous knowledges for health with traditional, complementary and integrative health systems. Front Med (Lausanne). 2025;12:1543687. doi:10.3389/fmed.2025.1543687.
17. Llamas A, Mayhew S. “Five hundred years of medicine gone to waste”? Negotiating the implementation of an intercultural health policy in the Ecuadorian Andes. BMC Public Health. 2018;18:686. doi:10.1186/s12889-018-5601-8.
18. Deaconu A, Mercille G, Batal M, et al. Promoting traditional foods for human and environmental health: lessons from agroecology and Indigenous communities in Ecuador. BMC Nutr. 2021;7:1. doi:10.1186/s40795-020-00395-y.

19. Hillier SA, Taleb A, Chaccour E, Aenishaenslin C. Examining the concept of One Health for Indigenous communities: a systematic review. One Health. 2021;12:100248. doi:10.1016/j.onehlt.2021.100248.
20. Zhao X. Challenges and barriers in intercultural communication between patients with immigration backgrounds and health professionals: a systematic literature review. Health Commun. 2023;38(4):824-833. doi:10.1080/10410236.2021.1980188.
21. Whalen DH, Lewis ME, Gillson S, McBeath B, Alexander B, Nyhan K, et al. Health effects of Indigenous language use and revitalization: a realist review. Int J Equity Health. 2022;21:169. doi:10.1186/s12939-022-01782-6.
22. Vincze L, Barnes K, Somerville M, Littlewood R, Atkins H, Rogany A, et al. Cultural adaptation of health interventions including a nutrition component in Indigenous peoples: a systematic scoping review. Int J Equity Health. 2021;20:125. doi:10.1186/s12939-021-01462-x.
23. Nash S, Arora A. Interventions to improve health literacy among Aboriginal and Torres Strait Islander Peoples: a systematic review. BMC Public Health. 2021;21:248. doi:10.1186/s12889-021-10278-x.
24. Verbunt E, Luke J, Paradies Y, Bamblett M, Salamone C, Jones A, et al. Cultural determinants of health for Aboriginal and Torres Strait Islander people: a narrative overview of reviews. Int J Equity Health. 2021;20:181. doi:10.1186/s12939-021-01514-2.
25. De Zilva S, Walker T, Palermo C, Brimblecombe J. Culturally safe health care practice for Indigenous Peoples in Australia: a systematic meta-ethnographic review. J Health Serv Res Policy. 2022;27(1):74-84. doi:10.1177/13558196211041835.
26. López Ramos L, Rivera Müller J, Véliz LH. Estrategias de consolidación de vínculos en contexto de intervenciones en salud intercultural en América Latina: una revisión sistemática. Rev Chil Enferm. 2022;4(1). doi:10.5354/2452-5839.2022.66641.
27. Pan American Health Organization. Strategy and plan of action on ethnicity and health 2022–2027. Washington (DC): Pan American Health Organization; 2022.
28. Pan American Health Organization. Health of Indigenous Peoples in the Americas: regional situation and perspectives. Washington (DC): Pan American Health Organization; 2023.

InvestiGO
Revista Científica Multidisciplinaria
ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Octubre 2026
Vol. 7 No. 21, PP. 371-393
https://doi.org/10.56519/ya08hw93

# INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA PRÁCTICA DOCENTE: PERCEPCIONES Y USOS PEDAGÓGICOS EN LA NIVELACIÓN DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

# ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN TEACHING PRACTICE: PERCEPTIONS AND PEDAGOGICAL USES IN THE REMEDIAL PROGRAM AT THE UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

Alexander Larrea[1], Santiago Baldeón[2], Melanny Guevara[3], Samantha Ruiz[4], María Heras[5]

{alexander.larrea@unach.edu.ec[1], santiagox.baldeon@unach.edu.ec[2], melanny.guevara@unach.edu.ec[3], samantha.ruiz@unach.edu.ec[4], maría.heras@unach.edu.ec[5]}

Fecha de recepción: 12/09/2026 / Fecha de aceptación: 08/10/2026 / Fecha de publicación: 14/10/2026

**RESUMEN: El Acelerado avance de la inteligencia artificial (IA) en el ámbito académico de tercer nivel impone desafíos y oportunidades para la gestión académica y el diseño pedagógico de los docentes y estudiantes. La presente investigación tuvo como objetivo general caracterizar las percepciones, los usos pedagógicos y la eficiencia percibida de la IA en los docentes que imparten los cursos de nivelación de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH). Se empleó un enfoque cuantitativo con un diseño no experimental, orientado en el método empírico analítico, aplicando un cuestionario estructurado en 3 bloques. Bloque I: Datos demográficos y perfil profesional; Bloque II: Percepciones y actitudes ético - pedagógicas; Bloque III: Usos pedagógicos y eficiencia didáctica. Los reactivos del cuestionario fueron estrictamente evaluados por profesionales en las áreas de: Innovación Educativa, Metodología de la Investigación Científica, y Tecnologías de la Información y Comunicación, para así, aplicarlo a la totalidad de los docentes del área N=94. Los resultados evidencian una alta percepción de utilidad pedagógica tanto en la dimensión de creación de recursos didácticos (lecturas, resúmenes, casos de estudio, cuestionarios, etc.) 47, %, y la planificación de clases o guías didácticas 40,4%. Además, Un hallazgo determinante radica en la Asunción de un rol docente guiado por la revisión crítica de los contenidos generados por la IA, garantizando la**

[1]Coordinación de Admisión y Nivelación, Universidad Nacional de Chimborazo – Ecuador, https://orcid.org/0009-0000-6727-7520; +5930978983883.
[2]Coordinación de Admisión y Nivelación, Universidad Nacional de Chimborazo – Ecuador, https://orcid.org/0009-0005-4205-5821; +5930984533407.
[3]Coordinación de Admisión y Nivelación, Universidad Nacional de Chimborazo – Ecuador, https://orcid.org/0009-0006-3309-7365; +5930995852507.
[4]Coordinación de Admisión y Nivelación, Universidad Nacional de Chimborazo – Ecuador, https://orcid.org/0009-0007-4675-7374+5930979212978.
[5]Coordinación de Admisión y Nivelación, Universidad Nacional de Chimborazo – Ecuador, https://orcid.org/0009-0007-3415-3469; +5930984825766.

**supervisión pedagógica y descartando que la herramienta vulnere la objetividad educativa (86,96%). Se concluye que existe una adopción ética y proactiva de la inteligencia artificial por iniciativa autónoma del profesorado, la cual requiere ser respaldada por políticas institucionales de capacitación continua y modelos de alfabetización digital en la educación superior.**

***Palabras clave: Inteligencia artificial, práctica docente, planificación pedagógica***

**ABSTRACT: The rapid advancement of artificial intelligence (AI) in higher education presents both challenges and opportunities regarding academic management and the pedagogical approaches adopted by faculty and students. The general objective of this study was to characterize the perceptions, pedagogical uses, and perceived efficiency of AI among instructors teaching preparatory (remedial) courses at the Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH). A quantitative approach with a non-experimental design, grounded in the empirical-analytical method, was employed; data were collected using a questionnaire structured into three sections: Section I (demographic data and professional profile), Section II (perceptions and ethical-pedagogical attitudes), and Section III (pedagogical uses and instructional efficiency). The questionnaire items underwent rigorous evaluation by experts in Educational Innovation, Scientific Research Methodology, and Information and Communication Technologies (ICT) before being administered to the entire faculty cohort (N=94). Results indicate a strong perception of pedagogical utility, particularly regarding the creation of instructional resources (readings, summaries, case studies, quizzes, etc.) at 47.9%, and the planning of lessons or instructional guides at 40.4%. Furthermore, a key finding highlights the adoption of a teaching role centered on the critical review of AI-generated content, ensuring pedagogical oversight and preventing the tool from compromising educational objectivity (86.96%). The study concludes that there is an ethical and proactive adoption of AI driven by faculty initiative, a trend that requires support through institutional policies for continuous training and digital literacy models within higher education.**

***Keywords: Artificial intelligence, teaching practice, pedagogical planning***

## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas la revolución digital ha transformado varios sectores a nivel mundial, y los análisis estadísticos indican que su influencia siga expandiéndose de manera apresurada en los próximos años (1) . Según Puche, en el año 2023 la IA supero los 100.000 millones de dólares y que alcanzó un ritmo anual del 37% llegando a casi 2 billones de dólares para el año 2030 (2). Por otra parte, Diestra en el año 2021 realizo un análisis percentil sobre los sectores que usan la inteligencia artificial, se evidenciaron los siguientes resultados; el sector minorista que usa la IA para la optimización operacional equivale al 72%, además, en el ámbito de la manufactura el 70% de los fabricantes la usan para automatizar tareas (3). Estos resultados evidenciaron una clara adopción de la IA como herramienta para la eficiencia operacional (4). En definitiva, se puede definir los sistemas de inteligencia artificial como modelos algorítmicos que tienen funciones perceptivas y cognitivas (5). Estas tareas incluyen razonamiento, aprendizaje y el procesamiento

del lenguaje natural, así como la toma de decisiones y el reconocimiento de patrones (6). Es decir, la IA es un área de la informática que busca facilitar las tareas cotidianas de la comprensión humana (7).

En América Latina, la inteligencia artificial experimentó un crecimiento substancial entre el año 2020 y 2021, alcanzando un valor de 700 millones de dólares (8), lo que significa que existe un vasto interés en el uso aprovechable de estas tecnologías (9). En este contexto, existen varias investigaciones sobre la importancia de la IA, la evolución digital y como esto afecta en el ámbito de la enseñanza y aprendizaje (10). Molina destaca la relevancia del uso pedagógico de la asistencia virtual en la enseñanza universitaria, Impulsando nuevas formas de gestionar el conocimiento (11). La incorporación de la inteligencia artificial en la educación superior ha transformado los modelos pedagógicos tradicionales utilizados por los docentes (12), por ejemplo, la implementación de esquemas de enseñanza expositivos y mediaciones pedagógicas complejas apoyados con la IA como una herramienta para elevar la efectividad del trabajo del profesorado y perfeccionar los mecanismos de evaluación (13), son de vital importancia en la actualidad para mantener el rigor académico sin comprometer los principios de la integridad y ética educativa (14). De manera más específica, en Ecuador la educación superior ha evolucionado desde el año 2018 según Noblecilla (15), ya que en su estudio determinó que los estudiantes matriculados en programas virtuales se incrementaron en un 7% en 2019 a un 65% durante la pandemia de la COVID 19, y se mantuvo después con una tasa del 38% postpandemia (16). En esta situación fue sustancial adoptar tecnologías emergentes, en donde el uso de la IA fue de vital importancia para la preservación y evolución del conocimiento (17).

De este modo, la principal discusión sobre este tema es el reemplazo docente, la percepción con escepticismo al advenimiento de la inteligencia artificial y el analfabetismo digital (18). En este contexto, El Instituto Nacional de Estadísticas y Censos demuestra que en el Ecuador el 48.1% de la zona rural tiene acceso a internet, la zona urbana en cambio alcanza el 73,6%, y la totalidad se la representa con el 66% de habitantes que tienen acceso a la red (19), estos datos demuestran que más de la mitad de la población rural no cuentan con acceso a la red informática mundial, y genera desigualdad de oportunidades en el aprovechamiento de herramientas digitales como la IA (20). Así mismo, el profesorado se enfrenta a la escasa oferta de programas de formación y preparación en estas herramientas, lo que genera que el cuerpo docente universitario asimile esta tecnología de manera empírica e intuitiva, generando molestia e incertidumbre ética en el uso de la IA como medio pedagógico (2). Los datos obtenidos del INEC en el 2024 demuestran que existe un analfabetismo digital a nivel nacional del 5,4% de la población total, sin embargo, en la zona rural alcanza el 14,1%, y en la zona urbana el 2%, es decir la brecha digital no solamente considera el acceso a internet, sino que también existe la falta de competencias digitales que limita el acceso al mundo laboral actual (11). Además, La mayoría de las investigaciones que abordan temáticas sobre la inteligencia artificial lo vinculan más hacia el estudiante, y dejan en un segundo plano el análisis de las percepciones, actitudes de los docentes frente al uso de estas nuevas tecnologías (21).

Esta problemática resulta crítica en la etapa de transición del estudiante, dónde deja el bachillerato y comienza con el reto de la educación superior, como el curso de nivelación de la

Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH). La principal dificultad que enfrentan los docentes que imparten estos cursos de nivelación es homologar las competencias heterogéneas en los estudiantes de nuevo ingreso, ya que tienden arrastrar deficiencias metodológicas de la educación media (15). A su vez, existe un vacío científico sobre si la IA está siendo empleada como un catalizador de la eficiencia o si, por el contrario, incrementa la aplicación arcaica que subutiliza el potencial tecnológico. Por esta razón, al no tener una evidencia científica, la universidad se muestra vulnerable a la adopción desencajada de tecnologías en el aula, y a obstaculizar el diseño de políticas institucionales de capacitación docente y estándares de calidad educativa.

En consecuencia, el presente estudio plantea como interrogante científica:

¿Cuál es la perspectiva docente frente al uso de la inteligencia artificial como herramienta formativa? De este modo, el objetivo general de la investigación es caracterizar las percepciones, los usos pedagógicos y la eficiencia percibida de la IA en los docentes que imparten los cursos de nivelación de la Universidad Nacional de Chimborazo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo con un diseño no experimental, orientado en el método empírico analítico. De tal manera, este análisis permitió computar las percepciones, prácticas pedagógicas y la eficiencia percibida con respecto a la inteligencia artificial en la praxis docente. Al tratarse de un diseño no experimental la observación del fenómeno en su contexto natural sin la manipulación de las variables, fue la principal característica de este estudio (22). La población estuvo conformada por la totalidad de los docentes que imparten clases en los cursos de nivelación de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), sede Riobamba, Ecuador, durante el periodo académico 2026 2S (N=94). Como criterio de inclusión, se consideró al personal docente con contrato vigente asignado a las cuatro facultades de la institución: Ciencias de la Salud (n=30;31,9%), Ciencias de la Educación, Humanidades y Tecnológicas (n=21;22,3%), Ingeniería (n=23;24,5%) y Ciencias Políticas y Administrativas (n=20;21,3%). Debido a que se trató de un universo finito, de tamaño reducido y plenamente accesible, no se aplicaron técnicas de muestreo probabilístico ni estimaciones muestrales. En su lugar, se optó por un estudio censal (censo poblacional), invitando a la totalidad de los 94 docentes a participar en la investigación (n=94), lo que garantizó una respuesta del 100%. Este abordaje metodológico asegura la máxima representatividad de los datos, eliminando el error muestral y el sesgo de selección.

Como instrumento de recolección de datos se creó un cuestionario estructurado denominado “Cuestionario de percepciones, usos pedagógicos y eficacia de la IA en la docencia universitaria”. El instrumento se dividió en 3 secciones principales:

En primer lugar, se realizó la caracterización del perfil docente con los datos demográficos y laborales, es decir la facultad en la que imparte clases, años de experiencia e información previa en capacitación de uso de herramientas digitales.

Después, se abordó las percepciones y actitudes éticas y pedagógicas a través de reactivos valorados mediante la escala de Likert en dónde, uno es igual a totalmente en desacuerdo y 5 es igual a totalmente de acuerdo (23).

Por último, se analizó el uso pedagógico y eficacia didáctica en el profesorado, a través de preguntas de opción múltiple y escalas de frecuencia para identificar la aplicación de las herramientas de inteligencia artificial en las distintas fases del trabajo como el diseño de clases, elaboración de materiales, gestión de evaluación y reducción de carga administrativa.

El instrumento fue sometido a un proceso de validación de contenido mediante el juicio de expertos, contando con la participación de 3 especialistas en: Innovación Educativa, Metodología de la Investigación Científica, y Tecnologías de la Información y Comunicación. Los expertos examinaron de manera independiente cada uno de los reactivos del cuestionario bajo los criterios de claridad suficiencia y pertinencia, utilizando una escala ordinal de uno a cuatro.

La cuantificación de la concordancia entre los jueces se realizó mediante el coeficiente de V Aiken (8). Para determinar la importancia estadística de cada ítem, se fijó un umbral de aceptación mínima desde V de Aiken ≥ 0,80 con un intervalo de confianza del 95%. El análisis global del instrumento reportó una V de Aiken de 0,92. Además, la confiabilidad se evaluó mediante una prueba piloto administrada a una muestra preliminar de 10 docentes con características análogas a la población objetivo, cabe resaltar que estos datos no fueron incluidos en el análisis final. Aplicando el coeficiente Alfa de Cronbach, se obtuvo un valor global de 0,88, dando como resultado la estabilidad, precisión y coherencia interna de la herramienta para su aplicación masiva.

La administración del cuestionario se realizó de manera digital a través de la plataforma Google Forms, se compartió en enlace de acceso a los correos institucionales de los docentes de la coordinación de admisión y nivelación de la universidad nacional de Chimborazo, adjuntando un documento con la explicación previa de los objetivos de estudio y obtención del consentimiento informado. Finalmente, Los datos fueron tabulados, depurados y procesados estadísticamente a través del software Excel, ya que la investigación es netamente descriptiva, el análisis estadístico se abordó a través del estudio univariado y bivariado de las variables investigativas. Además, para los reactivos ordinales, se computaron frecuencias absolutas, medianas, modas y porcentajes, mientras que, para las categóricas se calcularon distribuciones de frecuencia y porcentajes.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la presente investigación demuestran las percepciones, usos pedagógicos y eficacia de la inteligencia artificial como herramienta de apoyo con respecto a los docentes que imparten cátedra en los cursos de nivelación de la Universidad Nacional de Chimborazo. El proceso de recolección de datos a través del cuestionario previamente aprobado contó con la participación de la población total del objeto de estudio N=94. Correspondiente al censo de docentes en la UNACH.

**Bloque 1: datos demográficos y perfil profesional.**

El análisis del primer bloque se representa en la Tabla 1, y se detallan a continuación: La distribución de participantes según sus estratos de adscripción institucional determinó que la mayor cantidad de docentes pertenecen a la facultad de Ciencias de la Salud con un 31,9% y la menor cantidad la ocupan los educadores de la facultad de Ciencias Políticas y Administrativas con un 21,3% Figura 1. Por otra parte, se evaluó el tiempo de experiencia en la práctica docente de tercer nivel, el resultado de este análisis fue que el 41,5% poseen menos de 3 años dictando cátedra en la universidad, después con el 25.5% están los docentes con una experiencia de entre 3 y 5 años, además, se encontró el 23,4% han impartido cátedra entre 6 y 10 años y únicamente un 9,6% posee más de 10 años de experiencia Figura 2, lo cual demuestra que la mayor cantidad de profesionales que imparten cátedra en los cursos de nivelación de la Universidad Nacional de Chimborazo no cuenta con una experiencia extensa en cuanto a la docencia universitaria, dando así oportunidad laboral a talento joven y con poder de crecimiento, siendo un punto a favor en cuanto al conocimiento extendido de la era digital.

El análisis demográfico y de perfil profesional de los docentes culminó con la pregunta relacionada a la formación previa en el uso de herramientas de inteligencia artificial o tecnologías digitales para la educación, en este apartado se encontró que el 62,8% posee un nivel intermedio es decir capacitación mediante talleres institucionales o cursos cortos, así también, el 22,3% tiene un nivel básico autodidacta, por último, sólo el 14.,% cuenta con formación avanzada o diplomados, además se resalta que ningún docente carece por completo de formación digital Figura 3, lo cual demuestra una estrecha relación entre la experiencia profesional y la formación sobre el uso de herramientas de inteligencia artificial teniendo en cuenta que la mayor cantidad de docentes han tenido una educación digital, sin embargo existe la posibilidad de aumentar y perfeccionar sus habilidades en cuanto a la IA.

***Tabla 1. Perfil demográfico y profesional (frecuencia absoluta y porcentaje).***

| **Bloque I** | | | |
|---|---|---|---|
| **Pregunta** | **Opciones** | **Frecuencia absoluta (fi)** | **Porcentaje (%)** |
| Facultad a la que está adscrito/a su curso de Nivelación | Facultad de Ciencias de la Salud | 30 | 31,9% |
| | Facultad de Ciencias de la Educación, Humanas y Tecnológicas | 21 | 22,3% |
| | Facultad de Ciencias Políticas y Administrativas | 20 | 21,3% |
| | Facultad de Ingeniería | 23 | 24,5% |
| **TOTAL** | | 94 | 100,0% |
| Años de experiencia en la docencia universitaria | Menos de 3 años | 39 | 41,5% |
| | Entre 3 y 5 años | 24 | 25,5% |
| | Entre 6 y 10 años | 22 | 23,4% |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Más de 10 años | 9 | 9,6% |
| **TOTAL** | | 94 | 100,0% |
| Formación previa en el uso de herramientas de Inteligencia Artificial o tecnologías digitales para la educación: | Nivel básico (Autodidacta / Lecturas) | 21 | 22,3% |
| | Nivel intermedio (Cursos cortos o talleres institucionales) | 59 | 62,8% |
| | Nivel avanzado (Diplomados) | 14 | 14,9% |
| | Ninguna formación | 0 | 0,0% |
| **TOTAL** | | 94 | 100,0% |

***Fuente: Autor.***

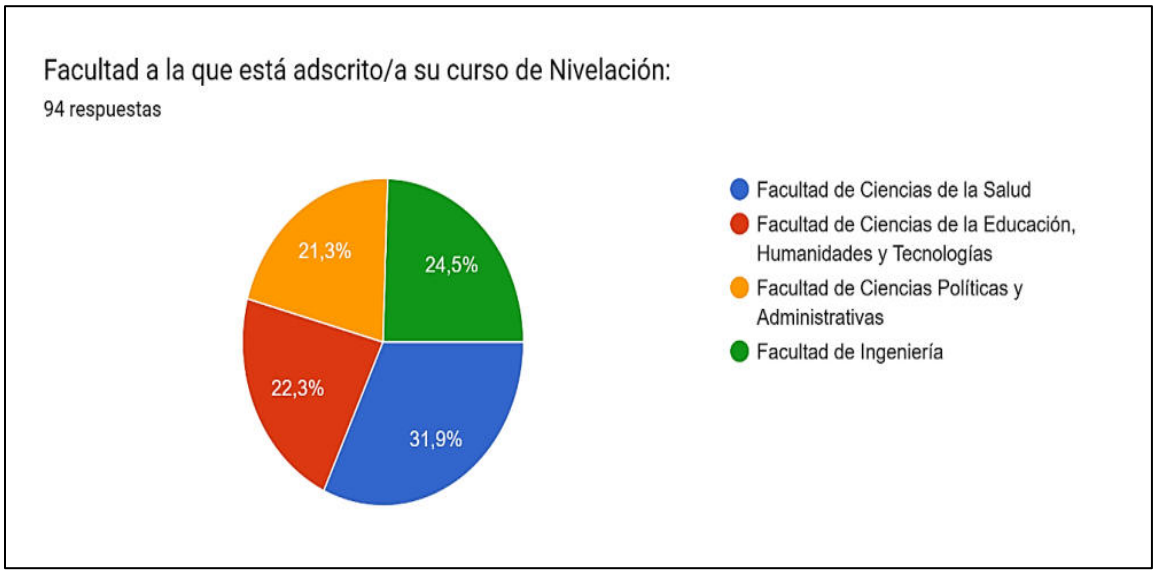



***Figura 1. Facultad de adscripción al curso de nivelación.***

***Fuente: Autor.***

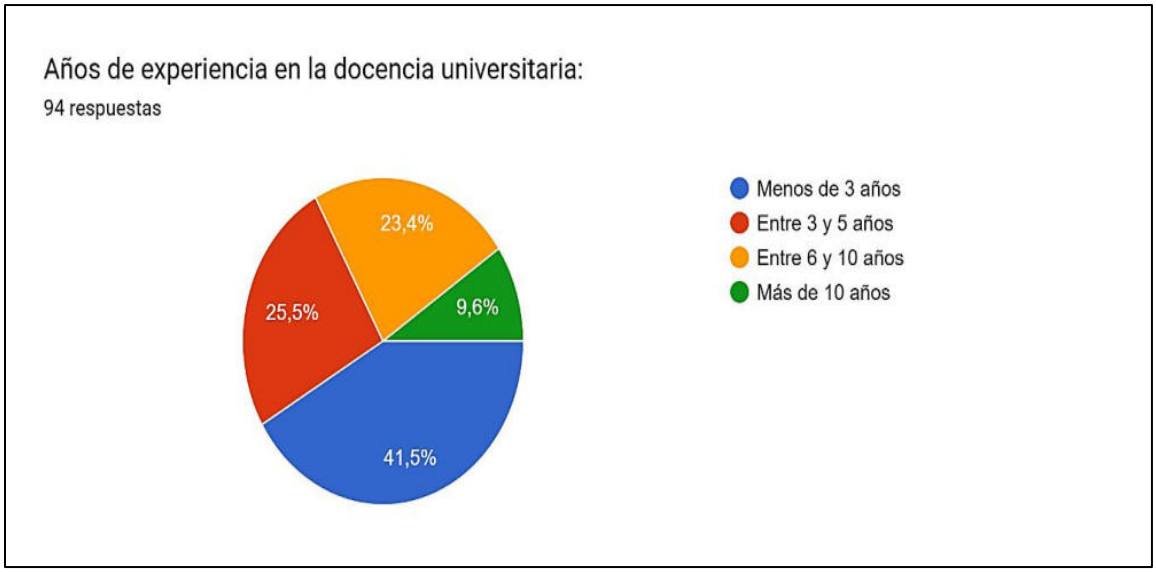



***Figura 2. Años de experiencia en docencia universitaria.***

***Fuente: Autor.***

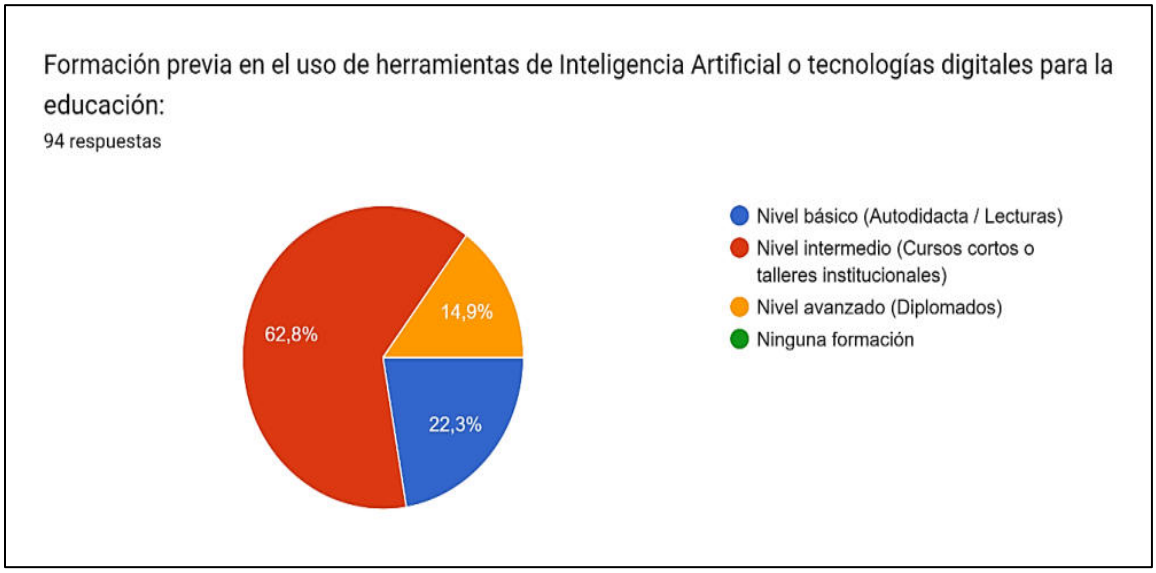



***Figura 3. Formación previa en herramientas de Inteligencia Artificial.***

***Fuente: Autor.***

## Bloque II: Percepciones y actitudes ético – pedagógicas

El análisis del bloque 2 evalúa la postura valorativa del cuerpo docente ante la IA presente en la Tabla 2. Existe una respuesta mayoritaria, específicamente del 86.2% (n=81) De aceptación conjunta entre las categorías “De acuerdo” y “Totalmente de acuerdo” ($\bar{x}$=4,17; SD=1,07), Con un porcentaje mínimo de neutralidad del 3,2% y reducida posición del 10.6% Figura 4.

No obstante, esta valoración positiva convive con una marcada preocupación y ambivalencia normativa en el cuerpo docente ya que en cuanto al rigor pedagógico e incertidumbre laboral un 67% del profesorado manifiesta inquietud respecto a que el uso no regulado de la IA puede comprometer la calidad de la enseñanza ($\bar{x}$=3,59; SD=1,32) Figura 5. De manera similar, el 52,2% considera que la IA genera incertidumbre o desconfianza en la comunidad universitaria sobre la autenticidad del trabajo docente ($\bar{x}$=3,60; SD=1,14) Figura 8.

Por otra parte, acerca de la aceptación ética moderada en el diseño instruccional, respecto a la legitimidad de emplear IA generativa para estructurar clases guías revoluciones, se observa una postura dividida, aunque inclinada al acuerdo (53,2%), acompañándose de elevado nivel de neutralidad (27,7%) Lo cual demuestra una zona gris valorativa sobre los límites éticos de la asistencia algorítmica en la docencia ($\bar{x}$=3,52; SD=1,21) Figura 6.

Finalmente, en cuanto a la demanda de regulación institucional: como hallazgo articulador de esta dimensión, un significativo 72,4% de los docentes de exige a la Universidad nacional de Chimborazo la definición urgente de lineamientos éticos e institucionales claros para normar la integración de la IA ($\bar{x}$=3,93; SD=1,00), registrando únicamente un 6,4% en desacuerdo Figura 7.

***Tabla 2. Percepciones y actitudes éticas (Frecuencia absoluta y porcentaje).***

| **Bloque II** | | | |
|---|---|---|---|
| **Pregunta** | **Opciones** | **Frecuencia absoluta (fi)** | **Porcentaje (%)** |
| Considero que la Inteligencia Artificial es un aliado estratégico que complementa de forma positiva la práctica docente en la nivelación. | (TD) Totalmente en desacuerdo | 5 | 5,3% |
| | (D) Desacuerdo | 5 | 5,3% |
| | (N) Ni de acuerdo ni en desacuerdo | 3 | 3,2% |
| | (A) De acuerdo | 37 | 39,4% |
| | (TA) Totalmente de acuerdo | 44 | 46,8% |
| **TOTAL** | | 94 | 100,0% |
| Me preocupa que el uso no regulado de la IA en la enseñanza por parte del profesorado pueda comprometer la calidad o el rigor pedagógico. | (TD) Totalmente en desacuerdo | 9 | 9,6% |
| | (D) Desacuerdo | 13 | 13,8% |
| | (N) Ni de acuerdo ni en desacuerdo | 16 | 15,0% |
| | (A) De acuerdo | 28 | 29,8% |
| | (TA) Totalmente de acuerdo | 29 | 30,9% |
| **TOTAL** | | 94 | 100,0% |
| Es éticamente aceptable que un docente utilice IA generativa para diseñar la estructura de sus clases, guías de estudio o evaluaciones. | (TD) Totalmente en desacuerdo | 8 | 8,5% |
| | (D) Desacuerdo | 10 | 10,6% |
| | (N) Ni de acuerdo ni en desacuerdo | 26 | 27,7% |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | (A) De acuerdo | 25 | 26,6% |
| | (TA) Totalmente de acuerdo | 25 | 26,6% |
| **TOTAL** | | 94 | 100,0% |
| Siento la necesidad de que la UNACH establezca lineamientos éticos e institucionales claros sobre la incorporación de la IA en la labor docente. | (TD) Totalmente en desacuerdo | 4 | 4,3% |
| | (D) Desacuerdo | 2 | 2,1% |
| | (N) Ni de acuerdo ni en desacuerdo | 20 | 21,3% |
| | (A) De acuerdo | 39 | 41,5% |
| | (TA) Totalmente de acuerdo | 29 | 30,9% |
| **TOTAL** | | 94 | 100,0% |
| La integración de la IA en la docencia genera incertidumbre o desconfianza en la comunidad académica sobre la autenticidad del trabajo docente. | (TD) Totalmente en desacuerdo | 5 | 5,3% |
| | (D) Desacuerdo | 9 | 9,6% |
| | (N) Ni de acuerdo ni en desacuerdo | 31 | 33,0% |
| | (A) De acuerdo | 23 | 24,5% |
| | (TA) Totalmente de acuerdo | 26 | 27,7% |
| **TOTAL** | | 94 | 100,0% |

***Fuente: Autor.***

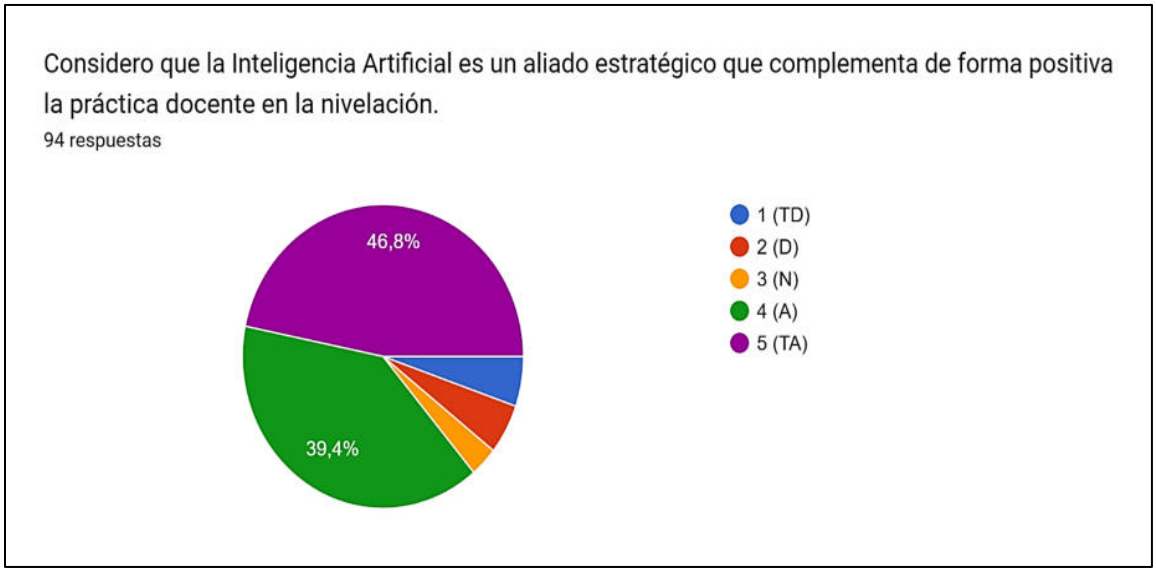



***Figura 4. Percepción de la Inteligencia Artificial como aliado estratégico docente.***

***Fuente: Autor.***

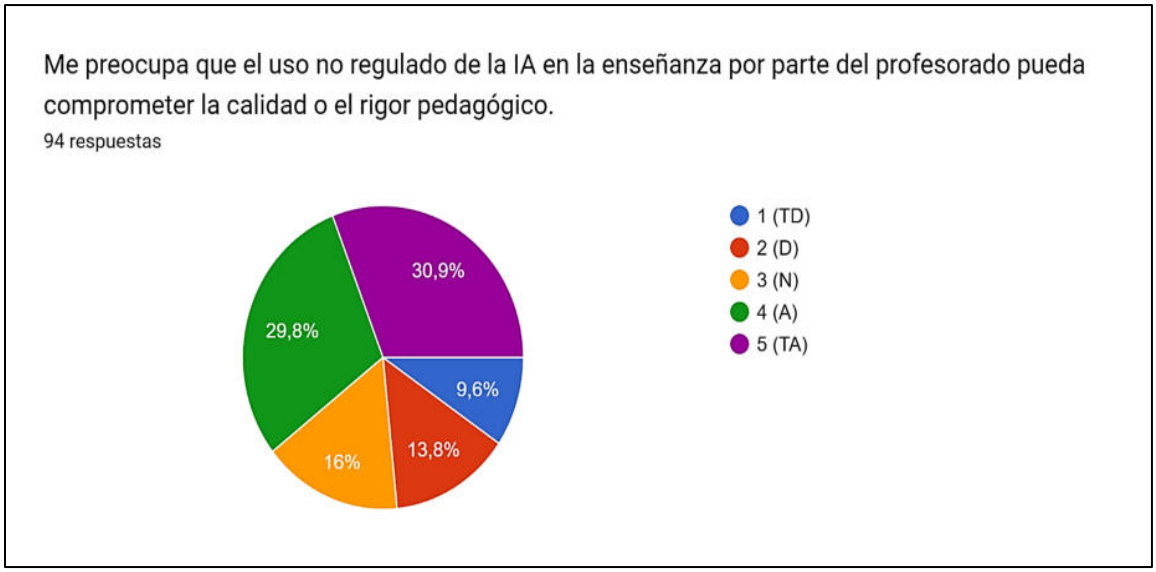



***Figura 5. Preocupación sobre el rigor pedagógico ante el uso no regulado de la IA.***

***Fuente: Autor.***

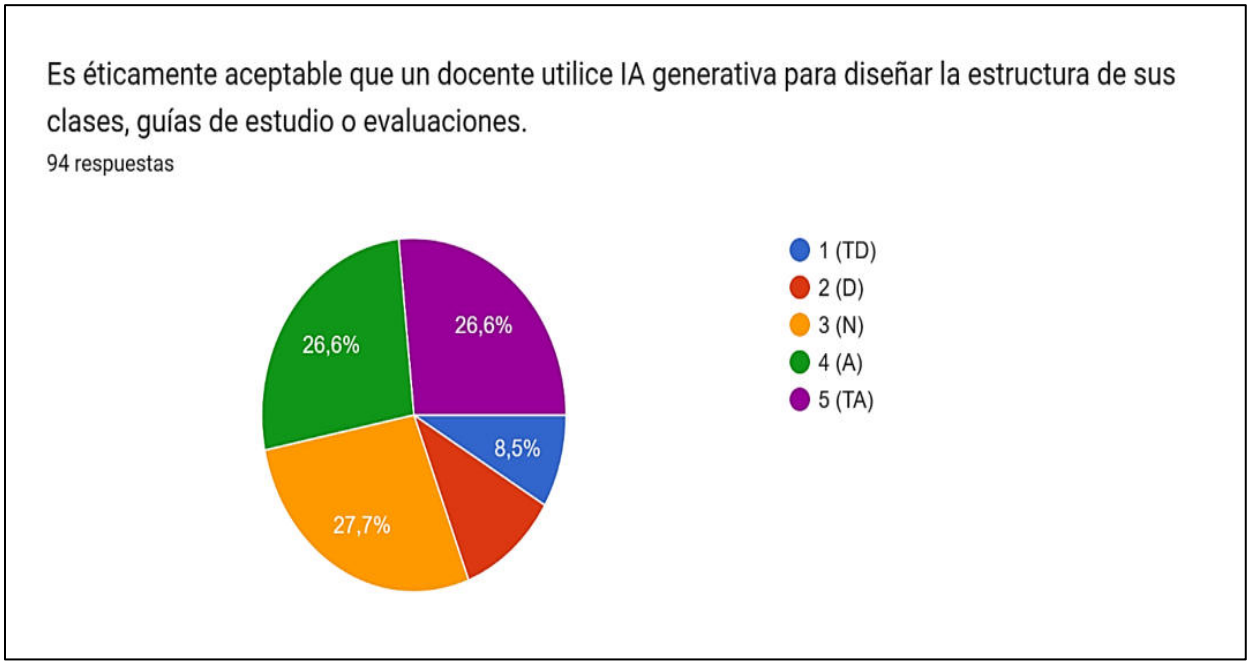



***Figura 6. Uso ético de la IA como herramienta pedagógica.***

***Fuente: Autor.***

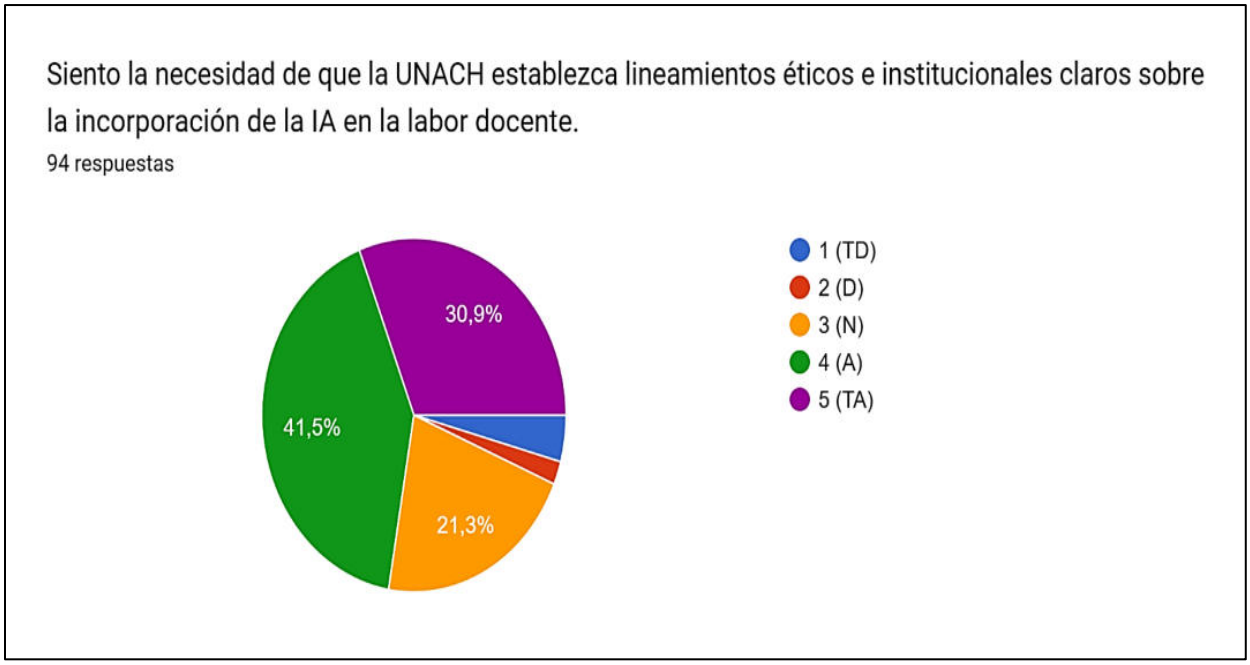



***Figura 7. Necesidad de lineamientos éticos e institucionales sobre la IA.***

***Fuente: Autor.***

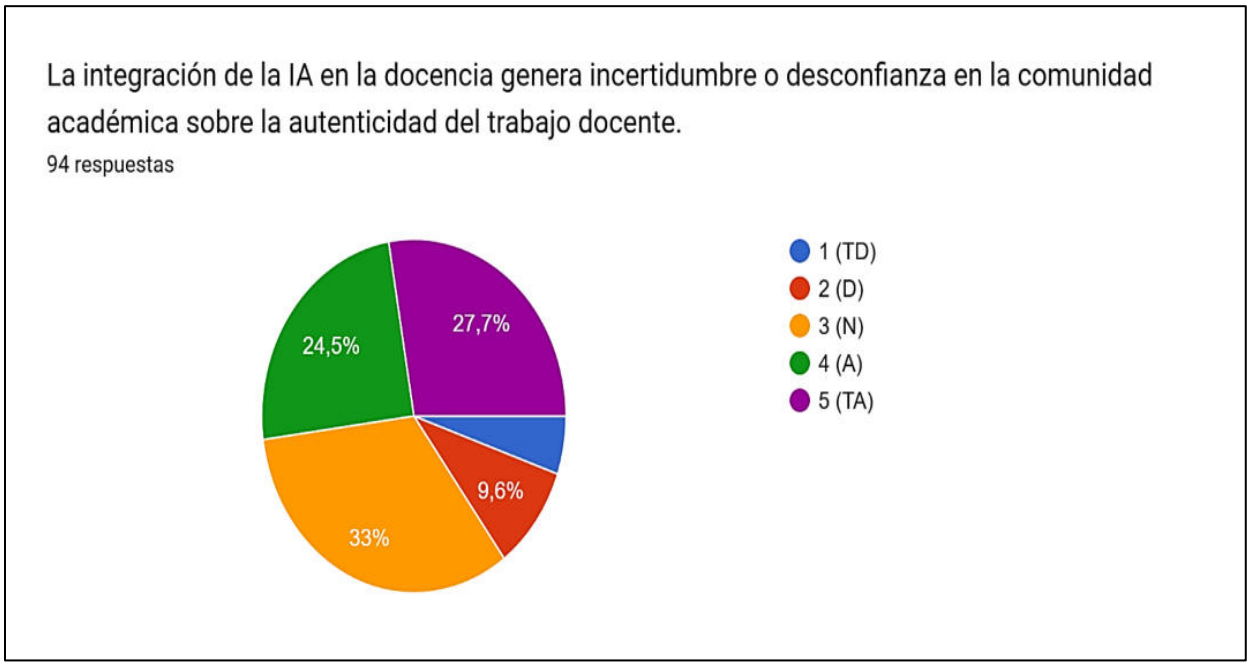



***Figura 8. Incertidumbre académica sobre la autenticidad del trabajo docente.***

***Fuente: Autor.***

## Bloque III: Usos pedagógicos y eficacia didáctica

El presente bloque evalúa el comportamiento real del profesorado en cuanto a herramientas, frecuencia, eficacia percibida y fases del trabajo detallados en la Tabla 3.

La primera pregunta identificó las herramientas más utilizadas por los docentes de nivelación en dónde destacan los grandes modelos de lenguaje como, por ejemplo: Chat GPT con el 53,2% de uso, Gemini con el 47,9%, Claude con el 42,6% y Copilot con el 33% de uso. Así también, destaca el uso de plataformas para generación de diapositivas en donde se obtuvo un 36,2% mientras que las herramientas enfocadas en evaluaciones son las menos integradas con el 17%, cabe destacar que en este bloque se permitió una selección múltiple de las respuestas ya que varios docentes usan más de una inteligencia artificial como herramienta pedagógica Figura 9.

Se realizó el estudio sobre habitualidad de uso en donde la frecuencia dominante es varias veces por semana 41,5%, seguida por la aplicación ocasional 26,6% y semanal 25,5%. Existe un visible contraste en esta evaluación ya que solo el 6,4% interactúa diariamente con la IA, aunque ningún docente el 0% Figura 10. Por otra parte, en el estudio de tareas de integración pedagógica la mayor adopción ocurre en la creación de recursos didácticos como ayuda en la población estudiantil con el 47,9%, la búsqueda y actualización académica 43,6%, la automatización de tareas administrativas 41,5% y la planificación de clases 40,4%.

***Tabla 3. Usos pedagógicos y eficacia didáctica (Frecuencia absoluta y porcentaje).***

| Bloque III | | | |
|---|---|---|---|
| **Pregunta** | **Opciones** | **Frecuencia absoluta (fi)** | **Porcentaje (%)** |
| ¿Cuál de las siguientes herramientas de Inteligencia Artificial utiliza en su práctica docente? | ChatGPT (OpenAI) | 50 | 53,2% |
| | Gemini (Google) | 45 | 47,9% |
| | Claude (Anthropic) | 40 | 42,6% |
| | Copilot (Microsoft) | 31 | 33,0% |
| | Herramientas de generación de presentaciones o diapositivas (Gamma, Tome, Canva AI, etc.) | 34 | 36,2% |
| | Herramientas de creación/gestión de evaluaciones Quizziz AI, Formative, etc.) | 16 | 17,0% |
| | Grok | 1 | 1,1% |
| | Grok, DeepSeek | 1 | 1,1% |
| ¿Con qué frecuencia utiliza herramientas de IA para sus labores académicas y pedagógicas? | Diariamente | 6 | 6,4% |
| | Varias veces por semana | 39 | 41,5% |
| | Una vez por semana | 24 | 25,5% |
| | Ocasionalmente (1 o 2 veces al mes) | 25 | 26,6% |
| | Nunca | 0 | 0,0% |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | **TOTAL** | 94 | 100,0% |
| ¿En qué etapas o tareas de su trabajo docente integra herramientas de IA? | Planificación de clases y diseño de sílabos o guías didácticas | 38 | 40,4% |
| | Creación de recursos didácticos (lecturas, resúmenes, casos de estudio, cuestionarios) | 45 | 47,9% |
| | Elaboración de instrumentos de evaluación (rubricas, exámenes, reactivos) | 32 | 34,0% |
| | Búsqueda y actualización de información o literatura académica | 41 | 43,6% |
| | Automatización de tareas administrativas (correos, reportes) | 39 | 41,5% |
| | Ninguna de las anteriores | 1 | 1,1% |
| El uso de la IA ha optimizado el tiempo que dedico a la planificación y elaboración de contenidos para mis asignaturas. | (TD) Totalmente en desacuerdo | 3 | 3,2% |
| | (D) Desacuerdo | 2 | 2,1% |
| | (N) Ni de acuerdo ni en desacuerdo | 18 | 19,1% |
| | (A) De acuerdo | 34 | 36,2% |
| | (TA) Totalmente de acuerdo | 37 | 39,4% |
| | **TOTAL** | 94 | 100,0% |
| La utilización de la IA ha mejorado la calidad e innovación de los recursos didácticos que presento en el aula. | (TD) Totalmente en desacuerdo | 4 | 4,3% |
| | (D) Desacuerdo | 3 | 3,2% |
| | (N) Ni de acuerdo ni en desacuerdo | 13 | 13,8% |
| | (A) De acuerdo | 35 | 37,2% |
| | (TA) Totalmente de acuerdo | 39 | 41,5% |
| | **TOTAL** | 94 | 100,0% |
| La IA me permite diversificar las estrategias de evaluación y adaptar los ejercicios al nivel de los estudiantes de nivelación. | (TD) Totalmente en desacuerdo | 3 | 3,2% |
| | (D) Desacuerdo | 5 | 5,3% |
| | (N) Ni de acuerdo ni en desacuerdo | 14 | 14,9% |
| | (A) De acuerdo | 37 | 39,4% |
| | (TA) Totalmente de acuerdo | 35 | 37,2% |
| | **TOTAL** | 94 | 100,0% |
| La reducción de la carga de trabajo rutinario gracias a la IA me permite disponer de más tiempo para la atención y tutoría personalizada. | (TD) Totalmente en desacuerdo | 4 | 4,3% |
| | (D) Desacuerdo | 3 | 3,2% |
| | (N) Ni de acuerdo ni en desacuerdo | 20 | 21,3% |
| | (A) De acuerdo | 30 | 31,9% |
| | (TA) Totalmente de acuerdo | 37 | 39,4% |
| | **TOTAL** | 94 | 100,0% |

***Fuente: Autor.***

La elaboración de evaluación de registro la menor tasa de integración con el 34. 0% coincidiendo con la pregunta anterior en donde se refería a la baja adopción del software especializado en evaluaciones Figura 11.

En cuanto a la eficacia percibida de la inteligencia artificial en la labor docente existen varios hallazgos y asimetrías en la eficacia en dónde el promedio más elevado se registra en la mejora de la calidad e innovación de contenidos $\bar{x}$ = 4,09; 78,7% de acuerdo, por encima de la optimización del tiempo de planificación $\bar{x}$ = 4,06. Esto demuestra que los docentes perciben la inteligencia artificial más como un catalizador de enriquecimiento didáctico que como un simple atajo administrativo Figura 12 y 13.

Por otra parte, se identificó una brecha entre el potencial percibido para evaluar y la implementación real en el aula de clase con el uso de la inteligencia artificial ya que los datos observados demuestran que el 76,6% permite que la IA diversifique y adapte la evaluación $\bar{x}$ = 4,02, en la práctica solo el 34% la utiliza efectivamente para elaborar instrumentos evaluativos y apenas un 17% usa plataformas evaluativas Figura 14.

Finalmente, la evaluación sobre la reducción de la carga de trabajo rutinario gracias a la inteligencia artificial y liberación de tiempo para la tutoría personalizada al estudiante evidenció que el 71,3% de la población valora positivamente la automatización Figura 15.

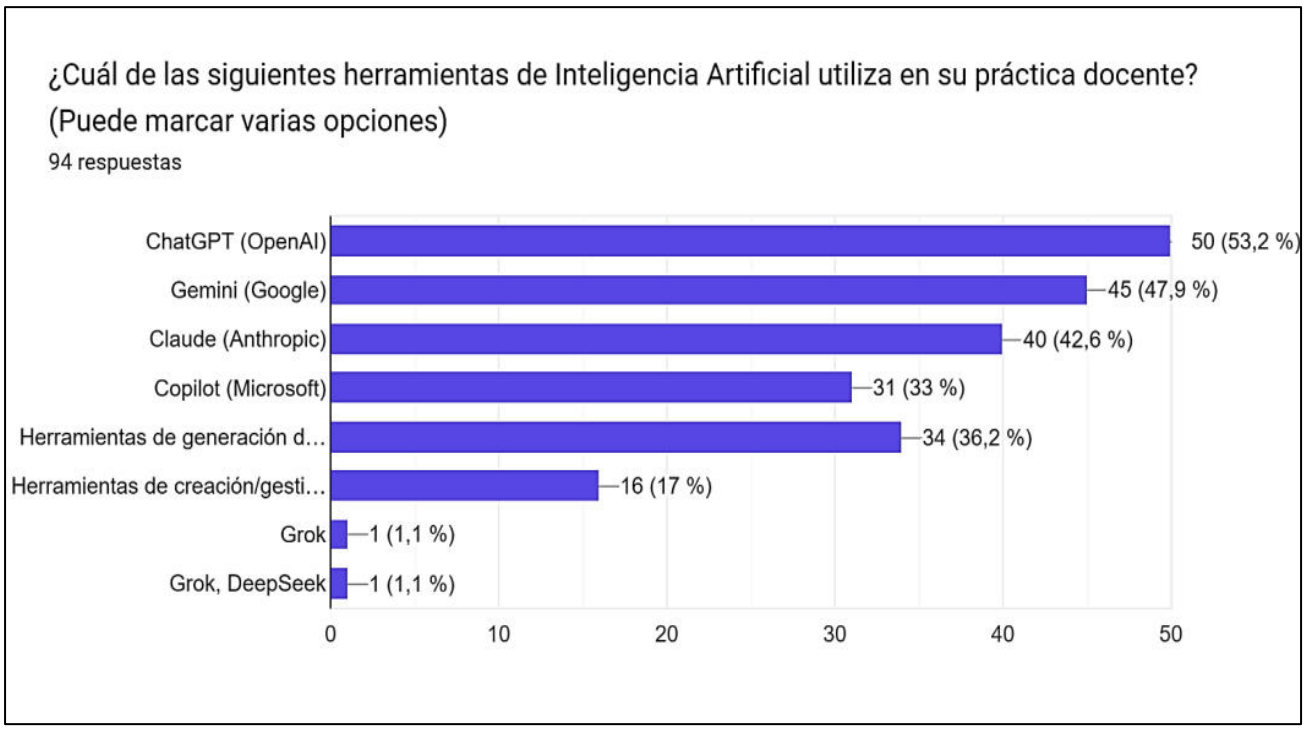



***Figura 9. Herramientas de Inteligencia Artificial utilizadas en la práctica docente.***

***Fuente: Autor.***

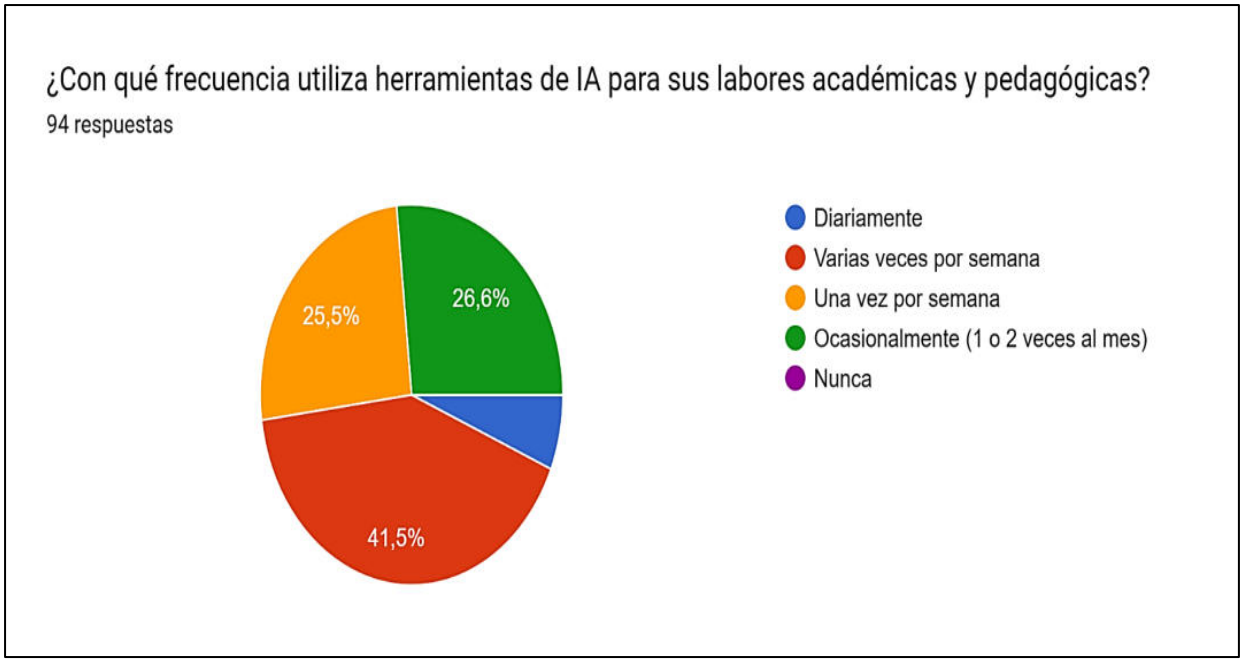



***Figura 10. Frecuencia de uso de la Inteligencia Artificial en labores académicas.***

***Fuente: Autor.***

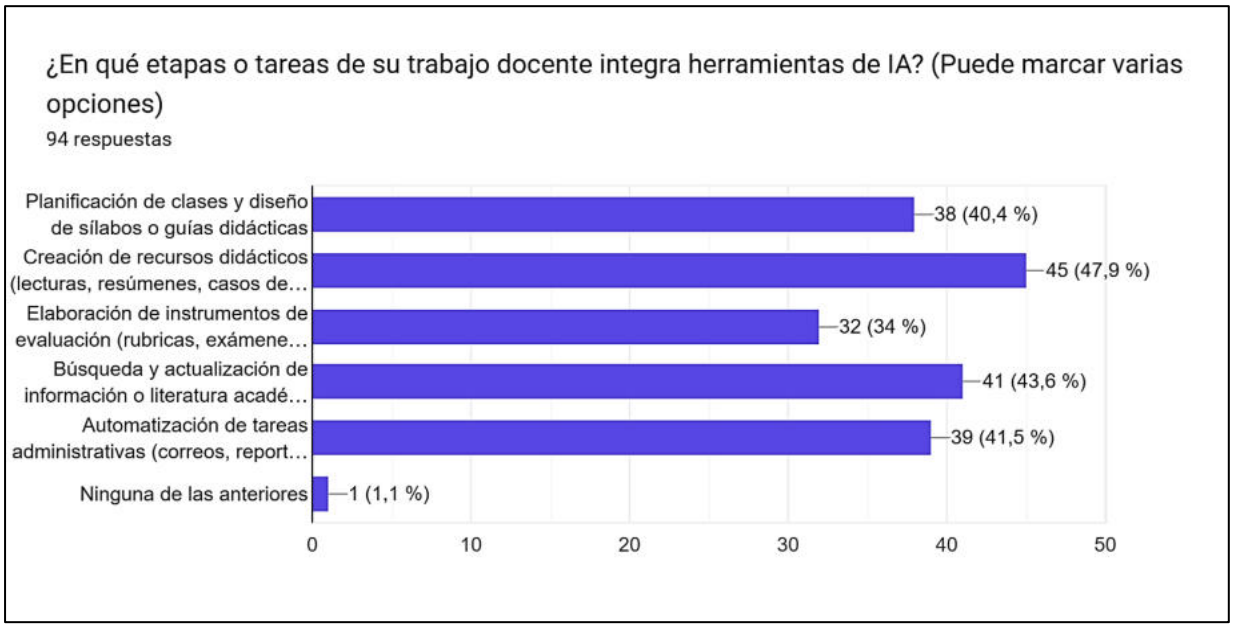



***Figura 11. Etapas de integración de la Inteligencia Artificial en el trabajo docente.***

***Fuente: Autor.***

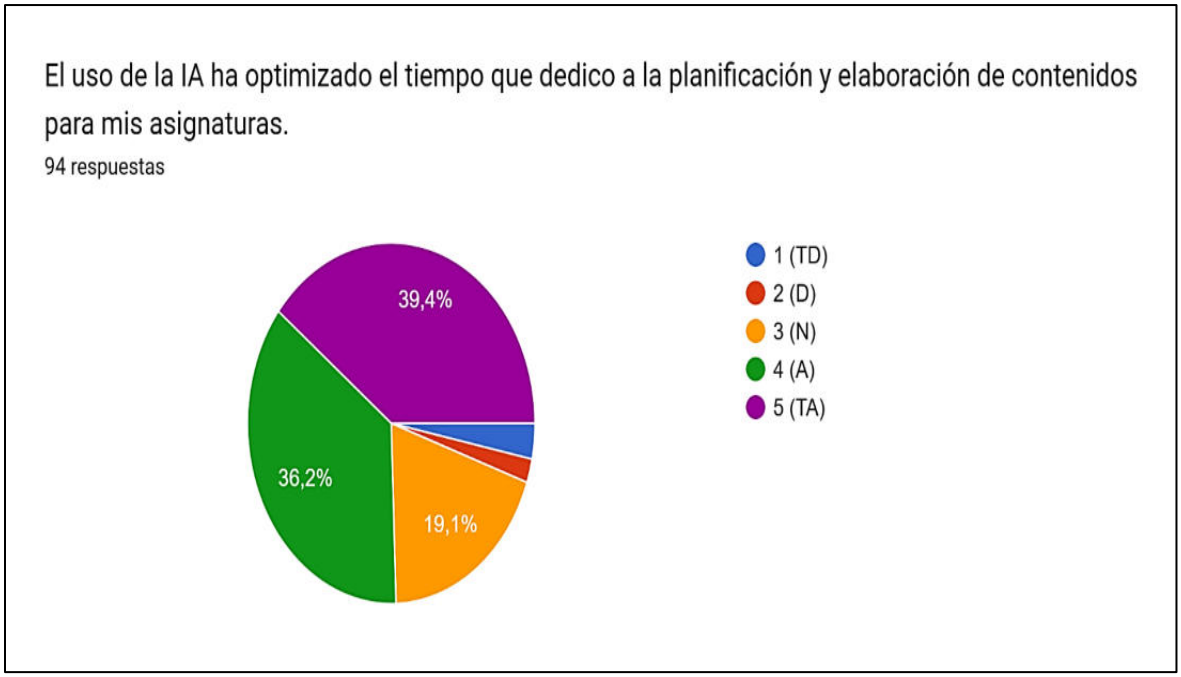



***Figura 12. Optimización del tiempo en la planificación y elaboración de contenidos.***

***Fuente: Autor.***

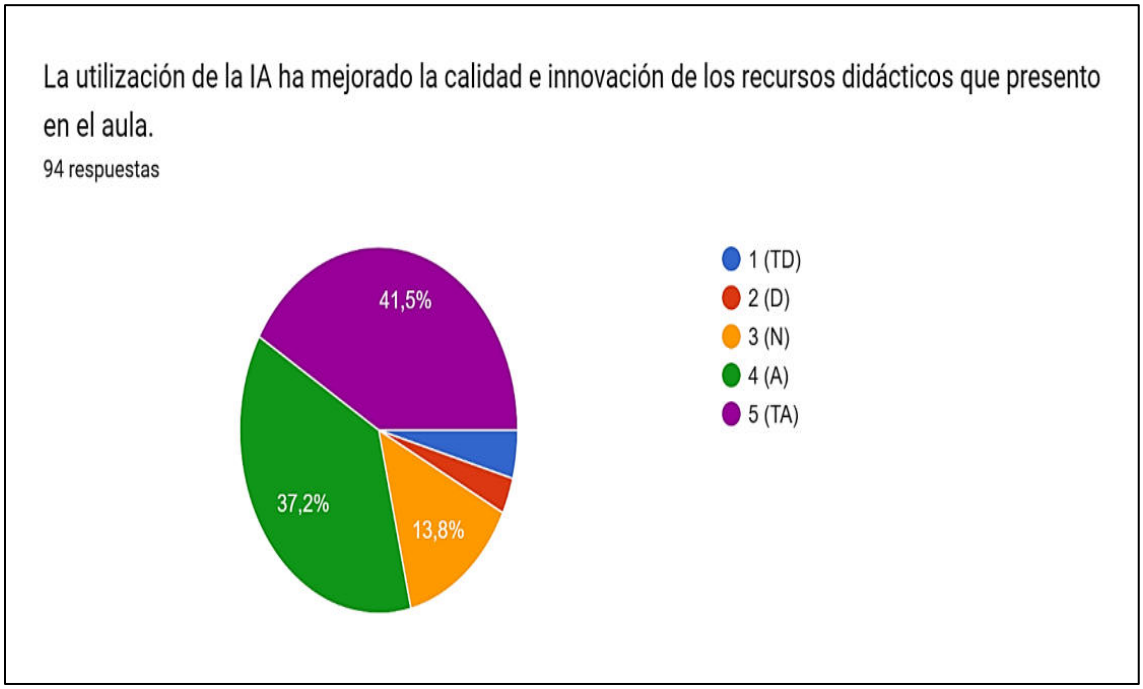



***Figura 13. Mejora en la calidad e innovación de los recursos didácticos.***

***Fuente: Autor.***

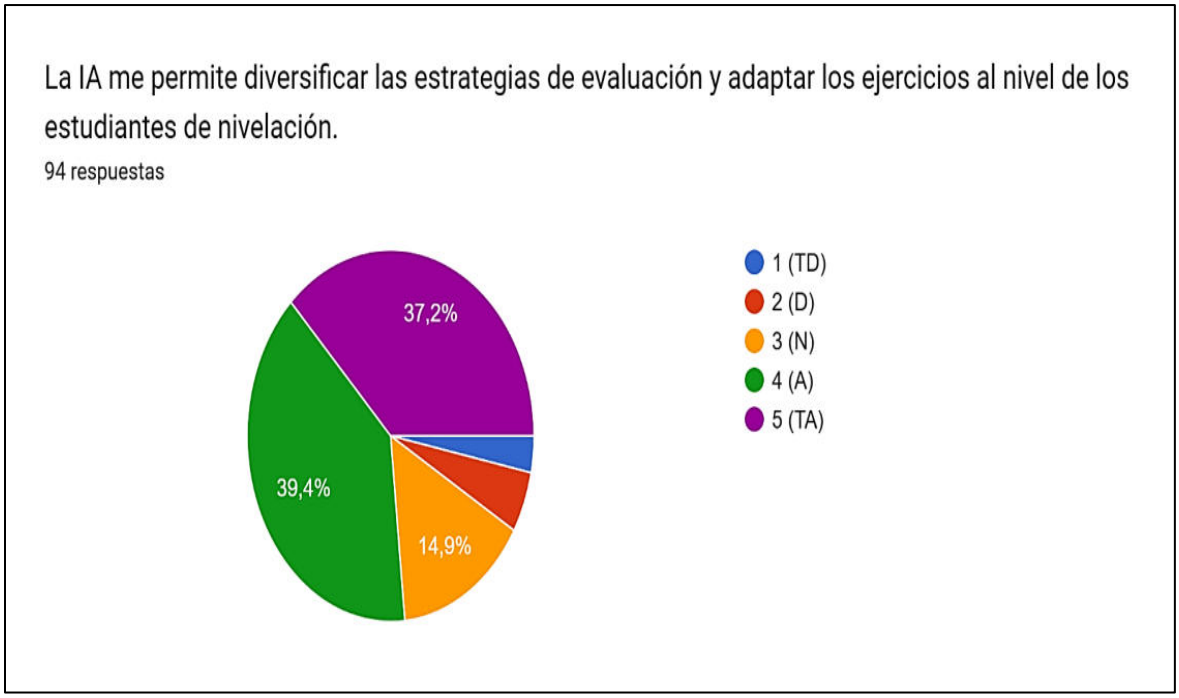



***Figura 14. Diversificación de estrategias de evaluación y adaptación de ejercicios.***

***Fuente: Autor.***

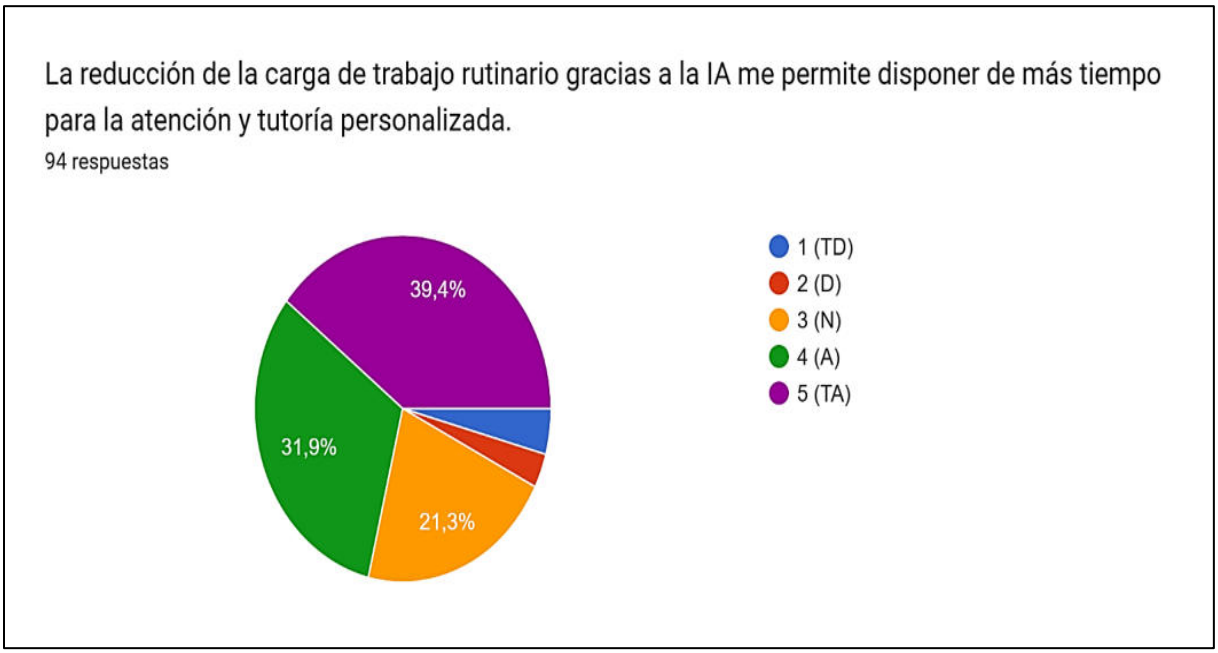



***Figura 15. Disponibilidad de tiempo para la atención y tutoría personalizada.***

***Fuente: Autor.***

# DISCUSIÓN

El análisis de resultados obtenidos sobre el cuestionamiento en las percepciones y aceptación docente del uso de la inteligencia artificial como apoyo a la planificación y evaluación pedagógica en la nivelación de la Universidad Nacional de Chimborazo pone de manifiesto una dinámica caracterizada por una madurez digital y disposición actitudinal alta con respecto al profesorado, la cual enfrenta una marcada precariedad en el soporte gubernamental e institucional.

En primer lugar, los hallazgos revelan Una alta percepción de utilidad pedagógica y preferencia conductual hacia la integración de la IA. El 86,2% del profesorado concuerda en considerar a la inteligencia artificial como un aliado estratégico que complementa de forma positiva la práctica docente en la nivelación $\bar{x}$ = 4,17. Esta inclinación pragmática coincide con lo reportado por diversos autores a escala regional, quienes destacan que el profesorado universitario prioriza el uso de modelos de lenguaje como (Chat GPT con un 53,2% y Gemini con un 47,9%).

Esta alta aceptación en la práctica docente coincide con lo reportado por Cevallos y Vélez, quienes identificaron que en las instituciones educativas ecuatorianas hay una preferencia exponencial por los generadores de contenido específicamente, los resultados demostraron que el 72,5% estuvieron de acuerdo, a su vez, el 56,7% utiliza herramientas de evaluación para agilizar su labor didáctica (24).

No obstante, mientras Cevallos y Vélez observan que esta adaptación responde principalmente a la creación de materiales y automatización de la calificación los datos de este artículo introducen una matriz crítica en dónde la adopción de la inteligencia artificial en la nivelación de la Universidad Nacional de Chimborazo no es pasiva ni acrítica. El estudio demuestra que la alta adopción coexiste con una marcada simetría ética e incertidumbre institucional, un 53,2% de los docentes advierte que el uso no regulado de la IA puede comprometer el rigor pedagógico $\bar{x}$ = 3,52 y un 52,2% manifiesta desconfianza sobre la autenticidad del trabajo académico $\bar{x}$ = 3,60. Esta divergencia evidencia una paradoja operativa central, en dónde, el cuerpo docente instrumentaliza de manera recurrente la tecnología con una frecuencia de uso dominante “varias veces por semana” del 41,5%, al tiempo que mantiene una suspicacia ética latente ante la ausencia de salvaguarda metodológicas estandarizadas. Esta disposición se traduce en una alta percepción de eficiencia y optimización del tiempo tanto en la planificación didáctica como en la elaboración de recursos.

Sin embargo, esta apropiación operativa coexiste con una vulnerabilidad sistémica y un vacío de gobernanza. Al indagar en las condiciones del entorno, los indicadores de apoyo institucional y de formación específica formal registran los valores más deprimidos de todo el espectro estadístico del estudio con medidas críticas que bordean los umbrales mínimos de satisfacción como M=2,04 en capacitación institucional específica. Esta paradoja revela que el sistema de nivelación en la UNACH sostiene su transformación digital sobre los hombros del esfuerzo individual y autodidacta del docente.

En consecuencia, los análisis respectivos sobre un agente revisor en el uso de la IA como herramienta pedagógica contrastan de manera directa con lo planteado por Mora, quién señala

que la educación ecuatoriana, aunque el 68% de los docentes utiliza inteligencia artificial en evaluación, solo el 32% confía con los ojos cerrados en sus resultados debido al cambio algorítmico y sesgos en la interpretación de competencias (25). Por otro lado, esta brecha de confianza identificada en la investigación de los colegas se ve reconfigurada en la Nivelación en la UNACH, Ya que, el profesorado no percibe el recurso como una amenaza a la objetividad, sino como un asistente cuya validez depende de la percepción crítica del docente. Esto ratifica lo planteado por Mosquera y Canut, Identifican la eficacia y la adopción de la IA en la enseñanza de tercer nivel, teniendo en cuenta que el uso de esta herramienta se potencia cuando está sujeta a objetivos curriculares claros y al juicio reflexivo del cuerpo académico (26).

Finalmente, la paradoja expone una de las contradicciones más significativas en adopción tecnológica de la educación superior contemporánea: la profunda asimetría entre una alta autonomía y disposición proactiva del profesorado frente a la precariedad del soporte institucional y la ausencia de Marcos regulatorios formales.

Este hallazgo validó directamente las conclusiones de Díaz y Fajardo, quienes argumentan que la integración efectiva de emergencias tecnológicas en la educación superior ecuatoriana se enfrenta a un cuello de botella causado por la falta de programas de capacitación técnica continua y la ausencia de políticas de acompañamiento institucionalizado (27). Además, coincide con Mora, en que las barreras principales para la consolidación de la IA en las aulas no obedecen las resistencias actitudinales ni a factores generacionales del profesorado, sino la escasez de modelos de capacitación contextualizados a las realidades disciplinares de cada área académica (25).

## CONCLUSIONES

Una vez culminado el proceso de indagación con la revisión bibliográfica y documental, además, del cuestionario aplicado a los docentes de nivelación de la Universidad Nacional de Chimborazo, se pudo llegar a las siguientes conclusiones:

En cuanto al objetivo general existe una integración altamente favorable de la inteligencia artificial como herramienta en la práctica docente, caracterizada por una predisposición a su utilidad en la labor didáctica. Sin embargo, el potencial sobre el uso de esta herramienta en la praxis docente se ve afectado éticamente debido a una brecha institucional, en la que la autoexigencia y responsabilidad del profesorado compensa en la ausencia de programas formativos continuos e infraestructuras de soporte gubernamental e institucional.

Con respecto a la percepción de utilidad pedagógica y las actitudes ético – pedagógicas, el profesorado de nivelación de la UNACH percibe de forma mayoritaria la inteligencia artificial como un aliado estratégico y fundamental para la labor docente. Sin embargo, esta alta aceptación coexiste como una marcada simetría ética: Más de la mitad del claustro advierte que el uso no regulado puede comprometer el rigor pedagógico (53,2%) y genera incertidumbre sobre la autenticidad del trabajo académico (52,2%). Esta dualidad impulsa una exigencia institucional contundente (72,4%) para que la universidad establezca lineamientos éticos y normativos claros. Por su parte, en cuanto a los usos pedagógicos y la eficiencia en la práctica docente, la IA se consolida como un recurso clave para la optimización del tiempo de planificación 75,6%, la mejora

en la calidad e innovación de los recursos didácticos 78,7%, y la diversificación de estrategias de evaluación 76,6%. Operativamente, el profesorado la integra principalmente en la creación de materiales didácticos 47,9%, la búsqueda de literatura académica 43,6% y la automatización administrativa 41,5%. No obstante, se identifica un desfase operativo, ya que su aplicación directa en la elaboración de instrumentos de evaluación se mantiene en una escala menor 34,0%, lo que demuestra que el docente prioriza el apoyo en el diseño instruccional por sobre la evaluación automatizada.

Finalmente, se concluye que la nivelación de la UNACH opera bajo un modelo de resiliencia digital docente, los profesores han avanzado hacia la hibridación tecnológica por necesidad e iniciativa propia, pero la sostenibilidad de este modelo requiere urgentemente que la institución transite de la inercia a la gobernanza activa, institucionalizando políticas de capacitación continua y Marcos éticos que respalden jurídica y metodológicamente la labor pedagógica en la era de la inteligencia artificial.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Quintuña K, Arguello M. Optimización del uso de IA para estrategias pedagógicas en entornos virtuales universitarios de Ecuador: TIC y formación docente. Scripta Mundi. 2026 Jan 31;5(1):152–68. doi:10.53591/ejmsst36
2. PUCHE D. INTELIGENCIA ARTIFICIAL COMO HERRAMIENTA EDUCATIVA: VENTAJAS Y DESVENTAJAS DESDE LA PERSPECTIVA DOCENTE. Areté, Revista Digital del Doctorado en Educación de la Universidad Central de Venezuela. 2024 Oct 18;10(Edicion Especial):105–20. doi:10.55560/arete.2024.20.ee.7
3. Quinde V, Rosales J, Ramírez A, Chevez M, Márquez M. La Inteligencia Artificial y su Impacto en la Docencia Ecuatoriana. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar. 2024 Sep 5;8(4):6978–92. doi:10.37811/cl_rcm.v8i4.12879
4. Diestra N, Cordova A, Caruajulca C, Esquivel D, Nina S. La inteligencia artificial y la toma de decisiones gerenciales. Revista de Investigación Valor Agregado. 2021 Dec 20;8(1):52–69. doi:10.17162/riva.v8i1.1631
5. Gonzáles A, Vallejo A. El uso pedagógico de la IA en la educación superior: ChatGPT y modelos de aprendizaje automático en una experiencia de formación docente [Internet]. Buenos Aires; 2025 May [cited 2026 Sep 16]. Available from: https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/186979/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
6. Ayala W. Uso de la Inteligencia Artificial en Educación: Una Revisión Sistemática. Ciencia y Reflexión. 2025 Dec 12;4(4):723–45. doi:10.70747/cr.v4i4.564
7. Larrea A, Chávez K, Cabascango D, Pazmiño D. USO ÉTICO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL: UN ESTUDIO DESCRIPTIVO DE LAS PERCEPCIONES Y PRÁCTICAS EN UNIVERSITARIOS DE NUEVO INGRESO. Revista Científica Multidisciplinaria InvestiGo. 2026 Jul 9;7(20):627–43. doi:10.56519/pa4ffc46
8. Cordero L, Moriel E, Zambrano J, Romero L, Armijos Y. Impacto de la inteligencia artificial en el proceso de aprendizaje de estudiantes de educación superior. Ciencia y Reflexión. 2025 Feb 3;4(1):268–93. doi:10.70747/cr.v4i1.104

9. Quijije Véliz FS, Loor G, Loor D, Murillo A. La inteligencia artificial como recurso didáctico en la formación docente universitaria en Ecuador. UNESUM - Ciencias Revista Científica Multidisciplinaria. 2025 Sep 25;9(3):281–92. doi:10.47230/unesum-ciencias.v9.n3.2025.281-292
10. Pozo J, Chacon E, Maldonado L. Inteligencia artificial para la asistencia pedagógica de los docentes: Simbiosis Educativa. 2024 Nov 12;3(1):49–68. doi:10.60085/se.v3n1a2
11. Allauca L. Una estrategia pedagógica para reducir la brecha digital con el uso de Inteligencia Artificial en la educación superior. Espacios. 2025 Sep 30;46(05):187–95. doi:10.48082/espacios-a25v46n05p17
12. Olivo J, Murillo M, Suárez M, Rizzo E. Una educación más innovadora y de mayor impacto a través de la inteligencia artificial, mediante el aprendizaje personalizado: transformando las estrategias de enseñanza en el nivel superior. Revista Social Fronteriza. 2025 Mar 17;1–17. doi:10.59814/resofro.2025.5(2)e637
13. Riera F. Menos burocracia, más enseñanza: El impacto de la inteligencia artificial en la carga administrativa de los docentes. Revista Científica de Ciencias Humanas y Sociales. 2025 Dec 30;45–52. doi:10.24133/recihys.v2.i3.3785
14. Almazán Y, Parra E, Zurita K, Mejía J. ChatGPT: La inteligencia artificial como herramienta de apoyo al desarrollo de las competencias STEM en los procesos de aprendizaje de los estudiantes [Internet]. Guadalajara; 2023 May [cited 2026 Sep 16]. Available from: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=512275598006 doi:https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=512275598006
15. Noblecilla G, Raymond F. Implementación de la Inteligencia Artificial por Estudiantes de Pregrado en Ecuador: Modalidad en Línea. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar. 2025 May 7;9(2):6410–39. doi:10.37811/cl_rcm.v9i2.17373
16. Pérez F, Morales N. La incidencia de la inteligencia artificial en la educación superior del Ecuador The incidence of artificial intelligence in higher education in Ecuador A incidência da inteligência artificial no ensino superior no Equador Ciencias de la Educación Artículo de Investigación. Polo del Conocimiento. 2024 May 5;9(5):822–37. doi:10.23857/pc.v9i5.7158
17. Toapanta Caisabanda NR, Cajas J, Ron D, Serrano D. Inteligencia Artificial Aplicada a la Educación. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar. 2024 Oct 5;8(4):12127–56. doi:10.37811/cl_rcm.v8i5.13405
18. Vélez R, Muñoz D, Leal P, Ruiz A. Uso de Inteligencia Artificial en educación superior y sus implicancias éticas. Mapeo sistemático de literatura. Hachetetepé Revista científica de educación y comunicación. 2024 Jan 17;(28):1–7. doi:10.25267/hachetetepe.2024.i28.1105
19. Gonzáles. Luis, Plúas A, Lamilla A, Plúas M. Innovación educativa: el impacto de la inteligencia artificial en el aprendizaje en la educación en Ecuador. CIENCIA E INNOVACIÓN EN DIVERSAS DISCIPLINAS CIENTÍFICAS [Internet]. 2024 Dec;2172–88. Available from: https://orcid.org/0000-0002-6834-
20. Villamil C. Retos y Oportunidades en el Uso de Inteligencia Artificial en la Educación Superior Ecuatoriana. Revista Docentes 20. 2026 May 29;19(1):162–75. doi:10.37843/rted.v19i1.728
21. Loja K, Pumarica P, Coloma A, Villegas V. LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA ENSEÑANZA DE LA ASIGNATURA DE BIOLOGÍA EN LA UNIDAD EDUCATIVA LUIS FERNANDO RUIZ. Revista Científica Multidisciplinaria InvestiGo. 2025 Oct 7;6(17):56–71. doi:10.56519/asf15a40

22. Meza D, Obando M, Franco J, Simisterra J. El uso de la inteligencia artificial como recurso pedagógico en la educación superior: experiencias de los docentes. Sage Sphere Journal [Internet]. 2025 Apr 11 [cited 2026 Sep 17];2:1–9. Available from: https://sagespherejournal.com/index.php/SSIJ/article/view/47
23. García V, Pineda J, Mendoza R, Maldonado G, Caisaguano M. Uso de aplicaciones de Inteligencia Artificial en la educación superior, su normalización y regularización. Código Científico Revista de Investigación. 2024 Dec 31;5(2):1358–78. doi:10.55813/gaea/ccri/v5/n2/617
24. Cevallos K, Ponce L, Bravo E, Zamora B. INNOVACIÓN PEDAGÓGICA MEDIANTE EL USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL AULA. Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS. 2025 Jun 3;7:440–51.
25. Mora E. Evaluación automatizada mediante IA: impacto en la objetividad y eficiencia docente. Revista Ingenio global. 2025 May 5;4(1):263–75. doi:10.62943/rig.v4n1.2025.276
26. Macas D, Toapanta L, Wellington M. Percepción y aceptación docente del uso de la inteligencia artificial como apoyo a la planificación y evaluación pedagógica en docentes de educación secundaria de la Unidad Educativa Fiscal Abdón Calderón, Quito–Ecuador. Sinergia Académica. 2026 Apr 27;9:547–67.
27. Jiménez D, Bohorquez M, Ramón M, Torres J. IA, ENTORNOS VIRTUALES Y TECNOLOGÍAS ASOCIADOS A LA DISRUPCIÓN COGNITIVA EN EL PROFESORADO EN EL ECUADOR, AÑO 2025. Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS. 2025 Mar 1;7:405–18.

InvestiGO Revista Científica Multidisciplinaria
ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Octubre 2026
Vol. 7 No. 21, PP. 394-406
https://doi.org/10.56519/mrth4j35

# INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA EN LA FORMACIÓN DE PROFESIONALES DE LA SALUD: TRANSFORMACIÓN DE COMPETENCIAS, EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE Y DESAFÍOS ÉTICOS

# GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE TRAINING OF HEALTHCARE PROFESSIONALS: TRANSFORMATION OF SKILLS, LEARNING ASSESSMENT, AND ETHICAL CHALLENGES

Gina Alexandra Asimbaya Pachacama[1], Leonardo Lanzee Mendoza Jiménez[2], Ivanova del Cisne Zúñiga Román[3], Joselyn Lissette Martinez Altamirano[4]

{gina.asimbaya@quito.gob.ec[1], lic.lanzee.mendoza@hotmail.com[2], ivacisnezr@hotmail.com[3], jossl_5@hotmail.com[4]}

Fecha de recepción: 02/09/2026 / Fecha de aceptación: 08/10/2026 / Fecha de publicación: 14/10/2026

**RESUMEN: La inteligencia artificial generativa (IAG) se ha introducido rápidamente en la formación de los profesionales de la salud, reconvirtiendo los modos de enseñar, evaluar y adquirir las competencias clínicas. Se trata de analizar, mediante una revisión narrativa de la literatura científica indexada publicada entre el 2016 y 2026, la evidencia existente sobre la transformación de las competencias, la evaluación del aprendizaje y los dilemas éticos relacionados con la IAG en la educación del profesional de la salud. Para eso, se llevó a cabo una revisión de la literatura de tipo narrativo, siguiendo las directrices PRISMA para la identificación y selección de las fuentes mediante búsqueda en PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science y SciELO, así como artículos originales, revisiones sistemáticas y de alcance publicados en revistas indexadas. Se encontraron tres ejes temáticos prevalentes: la transformación de las competencias digitales, clínicas y de pensamiento crítico; el uso de la IAG en la evaluación del aprendizaje, incluida su manera de desempeñarse en los exámenes de licenciamiento médico; y los desafíos éticos que afectan la integridad académica, la parcialidad algorítmica, la protección de datos y la despersonalización del cuidado. Los modelos de lenguaje valorados alcanzaron niveles de desempeño similares a la o superiores a la línea de corte necesaria para pasar los exámenes estandarizados, aunque subsisten limitaciones en relación con la validez, fiabilidad y preparación docente. La IAG supone una herramienta de potencial transformador en la educación de los profesionales de la salud, aunque su integración**

[1]Unidad Metropolitana de Salud Centro, Secretaría de Salud, Municipio del Distrito Metropolitano de Quito – Ecuador, https://orcid.org/0009-0001-4510-9822
[2]Investigador independiente – México Cdmx, https://orcid.org/0009-0005-3322-6916
[3]Investigador Independiente – Ecuador, https://orcid.org/0003-3690-7686
[4]Escuela de posgrado, Doctorado en Ciencias Biomédicas, Instituto Universitario Italiano de Rosario (IUNIR), Rosario S2000CTT, Argentina, https://orcid.org/0000-0002-0625-1930

**responsable precisará de marcos éticos explícitos, alfabetización digital del profesorado y del alumnado y maneras de evaluar que conserven el razonamiento clínico humano.**

***Palabras clave: Inteligencia artificial, educación médica, evaluación educacional, ética, personal de salud, competencia clínica***

**ABSTRACT: Generative artificial intelligence (GAI) has been rapidly integrated into the training of healthcare professionals, transforming the ways in which clinical competencies are taught, assessed, and acquired. The aim of this study is to analyze, through a narrative review of indexed scientific literature published between 2016 and 2026, the existing evidence on the transformation of competencies, the assessment of learning, and the ethical dilemmas related to GAI in health professional education. To this end, a narrative literature review was conducted, following the PRISMA guidelines for the identification and selection of sources through searches in PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, and SciELO, as well as original articles, systematic reviews, and overview articles published in indexed journals. Three prevailing thematic areas were identified: the transformation of digital, clinical, and critical thinking skills; the use of AI in learning assessment, including its performance on medical licensing exams; and the ethical challenges affecting academic integrity, algorithmic bias, data protection, and the depersonalization of care. The language models evaluated achieved performance levels similar to or higher than the cutoff score required to pass standardized exams, although limitations remain regarding validity, reliability, and faculty preparation. The IAG represents a potentially transformative tool in the education of health professionals, although its responsible integration will require explicit ethical frameworks, digital literacy among faculty and students, and assessment methods that preserve human clinical reasoning.**

***Keywords: Artificial intelligence, medical education, educational assessment, ethics, healthcare personnel, clinical competence***

## INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial (IA) ha pasado de ser una tecnología emergente para considerarse uno de los componentes estructurales de los sistemas de salud contemporáneo en la última década, con aplicaciones que van desde el diagnóstico por imagen, por ejemplo, hasta la gestión administrativa de las instituciones sanitarias. En el marco de este proceso, la entrada de los LLM (Language Model) y las herramientas de inteligencia artificial generativa (IAG), que son como los LLM pero que son también capaces de generar texto, imágenes, casos clínicos simulados o retroalimentación personalizada a partir de instrucciones en lenguaje natural, ha supuesto un cambio especialmente profundo en el ámbito de la educación de los profesionales de la salud (1), (2) . Instituciones académicas de todo el mundo han empezado a usar estas herramientas en sus procesos de enseñanza, de evaluación o de formación continuada, planteando a la vez expectativas de los beneficios que pueden traer para mejorar la calidad formativa y plantear interrogantes sobre sus límites y riesgos (1).

Las evidencias acumuladas en los años recientes dan cuenta de la importancia de este fenómeno. Así, en una revisión de amplitud que resumía 278 publicaciones sobre inteligencia artificial en educación médica, se documentó que la mayor parte de los trabajos están focalizados en Norteamérica y Europa, y que sus aplicaciones van desde procesos de admisión, enseñanza, evaluación y razonamiento clínico (1). Una revisión sistemática que se focalizaba concretamente en herramientas bajo el concepto de IAG nos indicaba que la generación de contenido educativo (casos clínicos, planes de cuidado, preguntas de evaluación) representa uno de los usos más comunes que se recogen en la literatura, con beneficios documentados en alfabetización digital y autoeficacia del estudiantado (3), (4) . Todo esto parece evidenciar que la IAG no automatiza únicamente tareas administrativas, sino que interviene en la construcción de competencias profesionales. La transformación de competencias supone, precisamente, uno de los ejes más relevados.

Las clásicas estructuras de las competencias médicas basadas en el razonamiento clínico, la comunicación y el profesionalismo vienen siendo cuestionadas por la necesidad de incorporar una nueva forma de alfabetización, la alfabetización en inteligencia artificial, definida como la capacidad para usar, interpretar y supervisar de manera crítica los productos de tales sistemas (2), (5). Varios autores han documentado que los alumnos de medicina, enfermería, farmacia y odontología utilizan cada vez con más frecuencia asistentes conversacionales para resolver casos clínicos, escribir notas de evolución a modo de simulacros, preparar exámenes de certificación, etc., lo que está llevando a rediseñar los planes de estudio en cuanto a la formación híbrida entre el conocimiento disciplinar y la competencia digital (5) .

En lo que respecta a la evaluación del aprendizaje, la evidencia es muy sólida. En estudios iniciales, se observó que ChatGPT podía lograr el umbral de aprobación o aproximarse a este umbral en el United States Medical Licensing Examination (USMLE), lo que puede generar controversia en el diseño de instrumentos de evaluación (6), (7) , si bien estudios posteriores que utilizaban versiones más completas del modelo reportaron niveles de precisión superiores al 85 % para las preguntas de tipo USMLE Step 1 y una homogeneidad de resultados en las diferentes disciplinas8. Resultados similares se han documentado en especialidades como neurocirugía, donde los modelos de lenguaje de última generación han superado a usuarios humanos en la resolución de bancos de preguntas de preparación para juntas orales (8). Estos resultados dan lugar a una pregunta clave a tener en cuenta desde la pedagogía de las ciencias de la salud: si un sistema de IAG es capaz de superar exámenes que están pensados para certificar la competencia clínica, ¿qué es lo que entonces debe ser evaluado en la formación de un profesional de la salud en el siglo XXI? El cuarto eje central son los desafíos éticos asociados a la forma en la que estas herramientas pueden influir en la formación de los/las profesionales de la salud.

Una serie de estudios advierte sobre los riesgos relacionados con la integridad académica, el plagio o, incluso, aquella dependencia excesiva de estas herramientas que puede mermar el desarrollo del pensamiento crítico y del razonamiento clínico autónomo (9), (10). Otras preocupaciones van relacionadas con el sesgo algorítmico; la protección de datos sensibles de pacientes y estudiantes; la IAG puede llegar a reproducir o multiplicar inequidades estructurales que ya se encuentran en los datos existentes (11) . En la radiología, la dermatología y la medicina

nuclear, diferentes autores han indicado que la falta de marcos regulatorios explicativos y de programas docentes estructurados para la formación del profesorado permite que las tecnologías tengan un uso poco responsable en la incorporación de estas en la formación de los planes de estudio (12), (13).

En el ámbito permitido de Latinoamérica, la evidencia es todavía muy germinal pero creciente. Recientes estudios realizados en Ecuador, en México, El Salvador y en otros países desarrollados de la región han detectado una adopción acelerada de la IAG entre los docentes y estudiantes de ciencias de la salud, así como aún con brechas importantes en lo que respecta la alfabetización digital y a la existencia de línea. Las revisiones del alcance centradas en la formación del profesorado entre las ciencias de la educación latinoamericanas son coincidentes en afirmar que la realidad de Latinoamérica es la integración de herramientas sin marcos éticos y pedagógicos propios, en muchos casos, replicando modos de hacer pedagógicos construidos a partir de los contextos anglosajones (14). Esto cobra especial relevancia en países como Ecuador, que se enfrenta además a retos estructurales para el acceso equitativo a la tecnología en la formación de los profesionales de la salud.

A pesar del aumento en la producción científica relacionada con la inteligencia artificial en la educación de las ciencias de la salud continúa una fragmentación conceptual; una gran parte de la literatura profundiza de manera independiente la dimensión técnica de los modelos, la dimensión pedagógica de la transformación del currículo o la dimensión ética de su implementación sin realizar una síntesis integradora que empodere a los formadores de los profesionales de la salud a tomar decisiones informadas. Esta fragmentación es el problema que guió esta investigación: la necesidad de sistematizar la evidencia de una manera crítica y actualizada sobre cómo la IAG transforma las competencias profesionales, cómo van evaluando estos aprendizajes y cuáles son los principales retos éticos que se enfrentan respecto a la integración curricular.

La pertinencia de este análisis recae en que los procesos de acreditación y de actualización curricular de los programas de ciencias de la salud deben sustentarse en la evidencia consolidada y no en percepciones subjetivas sobre la utilidad de estas tecnologías. La sistematización de esta evidencia es, además, oportuna para guiar la construcción de políticas institucionales, programas de desarrollo docente y orientaciones para un uso responsable de la IAG en universidades y facultades de las ciencias de la salud, principalmente en contextos como el latinoamericano en el que la producción de orientaciones propias es aún bastante escasa.

Por las razones expuestas, el objetivo de este análisis de revisión fue el de examinar la producción científica indexada, publicada entre 2016 y 2026, sobre la transformación de las competencias profesionales, la evaluación del aprendizaje y los retos éticos relacionados e introducidos por el uso de la Inteligencia Artificial Generativa en la formación de los profesionales de la salud.

# MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo en cuestión consiste en una revisión bibliográfica del tipo narrativo, sustentada metodológicamente en las recomendaciones PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta Analyses).

No se realizó metaanálisis estadístico propiamente, dado el carácter cualitativo preponderante y de heterogeneidad en diseño y descriptivo de la mayoría de los estudios primarios disponibles.La unidad de análisis estuvo constituida por artículos científicos publicados en revistas indexadas en bases de datos de alto impacto (Scopus, Web of Science, PubMed/MEDLINE y SciELO) sin restricción de país de publicación, priorizando artículos de estudios originales, de revisiones sistemáticas, de revisiones de alcance y de documentos de posicionamiento institucional (guías AMEE y BEME) relacionados con la inteligencia artificial generativa en la educación de profesionales de la salud del periodo 2016-2026.

La investigación se realizó en un entorno documental a través de la consulta remota de bases de datos bibliográficas académicas y de repositorios institucionales de acceso abierto, sin interacción directa sobre sujetos humanos ni sobre instituciones educativas.Las variables que se consideraron en cada fuente analizada fueron las siguientes: año y país donde se publicó, tipo de diseño metodológico, dominio o competencia profesional descrita en la fuente que se analizó, instrumento o estrategia de evaluación del aprendizaje descrita y resultado científico que resume los desafíos éticos que se identifican.

Todas estas variables se presentaron en matrices de extracción de los temas que sirvieron para la síntesis narrativa de los hallazgos. Dado que la revisión en sí misma respondía a un enfoque cualitativo-descriptivo, el análisis se desarrolló mediante estadística descriptiva simple (frecuencias y porcentajes de aparición temáticas) y análisis de contenido de tipo temático-categorial sin el uso de pruebas inferenciales, lo que es completamente acorde con el diseño bibliográfico narrativo de la revisión.

***Tabla 1. Estrategia metodológica de búsqueda y selección de la evidencia.***

| Componente | Descripción |
|---|---|
| Bases de datos | PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science (Core Collection) y SciELO |
| Palabras clave / operadores | ("generative artificial intelligence" OR "ChatGPT" OR "large language models") AND ("health professions education" OR "medical education" OR "nursing education") AND ("competencies" OR "assessment" OR "ethics") |
| Periodo de búsqueda | Enero de 2016 a septiembre de 2026 |
| Idiomas incluidos | Español, inglés y portugués |
| Criterios de inclusión | Artículos originales, revisiones sistemáticas o de alcance, y guías institucionales (AMEE/BEME) publicados en revistas indexadas, con texto completo disponible y pertinencia temática directa |
| Criterios de exclusión | Resúmenes de congreso, cartas al editor sin datos originales, publicaciones sin revisión por pares y estudios centrados exclusivamente en IA diagnóstica sin componente educativo |
| Registros identificados | ≈ 210 registros en las cuatro bases consultadas |

| | |
|---|---|
| Registros tras eliminación de duplicados y cribado de título/resumen | 68 documentos preseleccionados |
| Fuentes finalmente incluidas | 26 fuentes indexadas con DOI verificado, tras evaluación de calidad, actualidad y pertinencia |
| Guía de reporte | Adaptación de las fases de identificación, cribado, elegibilidad e inclusión propuestas por PRISMA para revisiones bibliográficas |

El proceso de selección siguió un esquema en cuatro fases: identificar los registros en las bases elegidas; eliminar duplicados, proceder al cribado en función de los títulos y los resúmenes; comprobar la elegibilidad mediante la lectura del texto completo en función de criterios de inclusión y exclusión previamente definidos y, finalmente, la inclusión de las fuentes que cumplían los estándares de calidad editorial, actualización (de 2016 a 2026) y correspondencia directa a los tres ejes temáticos que conforman la investigación. Este procedimiento ha permitido reducir el sesgo de selección y garantizar que la síntesis narrativa correspondiente se elaborara únicamente en función de literatura indexada, verificable y por un alto impacto.

## RESULTADOS

Realizada la búsqueda y selección de la evidencia, conforme al enfoque PRISMA adaptado a revisiones bibliográficas narrativas 22, se organizaron los 26 documentos incluidos en tres categorías de resultados coherentes con los objetivos planteados: a) la transformación de las competencias profesionales de; b) la práctica de la IAG en los instrumentos de evaluación del aprendizaje; c) los dilemas éticos que aparecen con su aplicación. Después, se sistematizan los hallazgos en tablas descriptivas, para después continuar el análisis correspondiente.

La tabla 2 recoge los principales dominios de la competencia que, según la literatura revisada, se ven modificados por la inclusión de la IAG en los currículos de ciencias de la salud.

***Tabla 2. Dominios de competencia transformados por la inteligencia artificial generativa.***

| Dominio de competencia | Hallazgo principal reportado | Fuente |
|---|---|---|
| Alfabetización en IA y pensamiento crítico digital | La incorporación de la IAG exige nuevas competencias de supervisión crítica de los productos generados por los modelos, más allá del dominio disciplinar tradicional | (2), (5) |
| Razonamiento clínico y elaboración de casos | Uso extendido de la IAG para generar y resolver casos clínicos simulados, con mejoras reportadas en la autoeficacia y la alfabetización digital del estudiantado | (3), (4) |
| Competencias en farmacia y odontología | La IAG se integra en la elaboración de planes farmacoterapéuticos y en procesos formativos clínicos, generando debates sobre integridad académica y supervisión docente | (15),(12) |
| ompetencias radiológicas y de imagen diagnóstica | Persisten programas de capacitación breves y poco estructurados en IA aplicada a la formación en radiología, con escasa integración curricular longitudinal | (16) (12) |
| Competencias docentes | Necesidad de programas estructurados de desarrollo docente y de marcos de progresión de competencias en IA para el profesorado de ciencias de la salud | (17) |

Un análisis de estos hallazgos pone de manifiesto que la transformación de las competencias no implica únicamente la adquisición de una serie de habilidades técnicas que permitan el manejo de las herramientas de IAG, sino que exige, además, proporcionar una mayor reconfiguración del perfil profesional esperado, el cual contempla que la supervisión crítica de los productos generados por la máquina tiene un peso específico y relevante junto al conocimiento disciplinar de base (2), (5) . También se observa que la mayoría de la evidencia disponible proviene de la formación médica de pregrado, mientras que disciplinas como la formación enfermera, farmacia, odontología y radiología cuentan con un volumen de evidencia pequeño en comparación con la de otros registros, aunque cada vez más amplio (15), (12). Un hallazgo transversal de interés es la insistencia por parte de distintos autores que afirman que la transformación curricular ha de cumplir una transformación docente ordenada, dado que la competencia para enseñar a supervisar críticamente la IAG da por hecho que el propio profesorado tiene esta competencia bajo control (17), (18).

La Tabla 3 evidencia el conjunto de los principales hallazgos reportados sobre la eficacia de los modelos de lenguaje sobre instrumentos de evaluación aplicados de manera habitual en la formación de los profesionales de la salud.

***Tabla 3. Desempeño de modelos de IA generativa en instrumentos de evaluación del aprendizaje.***

| Estudio | Instrumento evaluado | Principal hallazgo reportado |
|---|---|---|
| Kung et al. | USMLE Step 1, 2 y 3 | ChatGPT alcanzó o se aproximó al umbral de aprobación en los tres niveles del examen, sin entrenamiento especializado previo |
| Gilson et al. | USMLE (bancos AMBOSS y NBME) | Desempeño comparable al de un estudiante de tercer año de medicina, con variabilidad relevante entre reactivos e interpretabilidad limitada |
| Garabet et al. | 1300 preguntas de estilo USMLE Step 1 | GPT-4 respondió correctamente el 86 % de las preguntas, superando de forma consistente el umbral estimado de aprobación (60 %) en todas las disciplinas evaluadas |
| Ali et al. | Banco de preparación para juntas orales de neurocirugía | GPT-4 superó el desempeño de ChatGPT y de Google Bard en la resolución de preguntas especializadas de alta complejidad clínica |

Los hallazgos resumidos en la Tabla 3 muestran una tendencia nítidamente determinada: los modelos de lenguaje analizados han alcanzado y, en las versiones más actualizadas, han superado con amplitud el umbral mínimo de aprobación para realizar los exámenes de licenciamiento médico (6), (7) . Este hallazgo, que se repite en preguntas de estilo USMLE Step 1 con un porcentaje de corrección de un 86 %8, y ampliado en especialidades quirúrgicas altamente complejas como la neurocirugía (8), se traduce y tiene consecuencias directas sobre la validez de los instrumentos de evaluación que están esencialmente basados en preguntas de opción múltiple, dado que, por el contrario, podrían estar midiendo un tipo de conocimiento, el que es reproducido por sistemas automatizados, y que no se encuentra necesariamente en el corazón de las competencias clínicas complejas el juicio situacional, la comunicación, el manejo de la incertidumbre que nos imaginamos en los profesionales de la salud.

La Tabla 4 es la que nos permite organizar los principales desafíos éticos documentados con respecto al uso de la IAG en la educación de los profesionales de la salud.

***Tabla 4. Desafíos éticos asociados al uso de la inteligencia artificial generativa.***

| Categoría | Descripción del desafío | Fuente |
|---|---|---|
| Integridad académica | Riesgo de plagio, dependencia excesiva de las respuestas generadas y erosión del pensamiento crítico y del razonamiento clínico autónomo del estudiantado | (9) , (10) |
| Sesgo algorítmico y equidad | Posibilidad de que los modelos reproduzcan o amplifiquen inequidades estructurales presentes en los datos utilizados durante su entrenamiento | (11) |
| Protección de datos y confidencialidad | Preocupaciones relacionadas con el manejo de información sensible de pacientes y estudiantes al utilizar plataformas de IAG de acceso comercial | (19) |
| Preparación docente y vacíos regulatorios | Ausencia de marcos normativos institucionales claros y de programas de formación docente específica en disciplinas como radiología y dermatología | (12) |
| Despersonalización del cuidado | Riesgo de que la mediación tecnológica debilite las competencias comunicacionales y empáticas propias de la práctica clínica centrada en la persona | (20) |

El análisis de esta categoría de resultados califica de manera holística que la clase de desafíos éticos identificados no son excluyentes tal que vayan en diferentes direcciones, sino que se encuentran reforzándose mutuamente: la ausencia de marcos regulatorios institucionales facilita el uso poco supervisado de la IAG por parte del alumnado, y esto contribuye a incrementar el riesgo de dependencia en exceso y hacer un flaco favor al mantenimiento de la integridad académica (1), (12). Precisamente, diferentes autores coinciden en señalar que la preocupación de fondo no es ya la tecnología, sino la falta de preparación institucional y docente para que puedan hacerse cargo de la integración de sus prácticas reflexivamente y en forma crítica (19) , y el riesgo de que la eficiencia que la IAG proporciona empiece a ir desplazando progresivamente competencias de comunicación y relacionales que son constitutivas del cuidado en salud (20) .

Un subconjunto de la evidencia analizada corresponde específicamente al marco latinoamericano. Algunos estudios realizados en Ecuador y otros países de la región darán cuenta de una adopción creciente de la IAG entre docentes y alumnado de ciencias de la salud, que presentan notables brechas entre lo que se manifiesta saber, las actitudes favorables hacia la tecnología y el uso realizado en el marco de la evaluación y durante la práctica clínica (21). Revisiones de alcance centradas en la formación docente latinoamericana indican que la región aún carece de marcos éticos y pedagógicos de forma que permitan regular el uso de este tipo de herramientas, y existen indicios de que algunas características o rasgos individuales y profesionales como el nivel de formación de posgrado y la exposición previa a la tecnología predicen de forma significativa la adopción por parte del profesorado o el personal clínico (14), (22) . Considerando que la evidencia académica a nivel latinoamericano es escasa, estos resultados refuerzan la pertinencia de generar evidencia localizada que oriente la elaboración de políticas institucionales que tengan en cuenta las condiciones estructurales de la región.

# DISCUSIÓN

Los hallazgos de la presente revisión muestran que la inteligencia artificial generativa se ha convertido en un agente de transformación curricular en la formación de profesionales de la salud y se Articula con el hallazgo de la revisión de alcance BEME Guide No. 84; en esta revisión se documentaron 278 publicaciones sobre la materia y se expuso un espectro de aplicaciones que abarca desde los procesos de admisión, pasando por la evaluación, hasta llegar al razonamiento clínico (1). Esta correspondencia indica que la transformación identificada en la presente síntesis no puede considerarse un hallazgo dispar, sino una tendencia consolidada y transversal a varias disciplinas de la salud, tal como también lo hace la guía AMEE No. 158 sobre el uso ético de la inteligencia artificial en la educación de estas profesiones (2).

Con respecto a la transformación de competencias, los resultados de este estudio son coherentes con lo que se reporta en el ámbito de la enfermería, cuyo uso de chat GPT y herramientas afines permite mejorar indicadores de autoeficacia y alfabetización digital, aunque también anticipa el temor docente a que se presente una sustitución del razonamiento clínico propio por la respuesta elaborada de forma automática (9), (10). Esta tensión entre una potencialidad formativa y una dependencia indeseada es, según los autores de esta revisión, el eje del debate contemporáneo en torno a la IA generativa en la educación en salud y coincide con el también observado en el ámbito de la farmacia, pues la generación asistida de planes terapéuticos plantea interrogantes análogos a los del futuro juicio clínico de las y los profesionales (15), (23).

En lo que se refiere a la evaluación del aprendizaje, los resultados aquí sintetizados, que reflejan una precisión de hasta un 86 % en preguntas de estilo USMLE Step 1, presentan una línea de continuidad con el trayecto de estudios precursores que, desde el año 2023, han puesto de manifiesto una mejora progresiva en el rendimiento de los modelos de lenguaje en exámenes de licencias médicas (6), (24) aunque también hay que matizar esta tendencia pues, como advierten Gilson et al., la variablidad entre reactivos y la escasa interpretabilidad de algunas respuestas generadas por el modelo cuestionan la fiabilidad de este respecto de ser una herramienta de apoyo al aprendizaje autónomo y no sólo alcanzar el aprobado en exámenes estandarizados (7). Esta distinción es fundamental: un rendimiento elevado en pruebas de tipo pregunta opción múltiple no es sinónimo de una correcta capacidad de juicio clínico y de empatía, o de capacidad para la gestión de la incertidumbre, dimensiones estas que los instrumentos de evaluación tradicionales apenas logran recoger en el nivel que pudieran/como deberían y que, en un sentido irónico, la irrupción misma de la IAG pasaría a considerarse de nuevo.

Eticamente, en el ámbito de lo ético, los resultados de este estudio expanden lo que también indicaba Currie, que ya en 2023 avisaba del peligro del deterioro de la honestidad académica como producto del uso de estas herramientas, si no son supervis. La ejecución presente sugiere que ese riesgo no pertenece a una disciplina concreta; más bien, se trata de un fenómeno trasversal también registrado en dermatología, por ejemplo, donde la propia disciplina pone de manifiesto la necesidad de definir límites precisos en el uso de la IAG para la construcción de contenido clínico y educativo (13), así como en la más amplia dimensión de la ética de los modelos

de lenguaje orientados a la salud, donde se hace hincapié en la importancia de mantener la supervisión humana como principio para cualquier implementación responsable (11).

Un hallazgo destacado de esta revisión, poco explorado en las síntesis de alcance general, es la brecha regional detectada en América Latina.Por otro lado, la literatura que puede considerarse anglosajona tiende a centrarse en el rendimiento técnico de los modelos y en el diseño de marcos de competencia; toda la evidencia latinoamericana revisada parte de una premisa completamente distinta, desprendiendo un enfoque de problemas tales como una adopción desigual, una formación docente sin apoyos o la carencia de normativas institucionales propias (21), (14). Tal desacuerdo enfatiza que la agenda de investigación en la región debería versar no ya sobre evaluar el rendimiento de la tecnología, sino sobre establecer capacidades institucionales y marcos normativos adaptados a la disponibilidad de recursos y a las necesidades formativas propias de contextos como el ecuatoriano, tal y como han sugerido estudios recientes sobre los predictores individuales y profesionales de la adopción de la IA en el ámbito médico en la región (22).

Finalmente, uno de los aspectos a mencionar de la literatura encontrada es que converge junto a una recomendación válida común: la necesidad de establecer el desarrollo docente estructurado como una entrada de cara a una integración curricular responsable de la IAG y no una inclusión reactiva o y meramente instrumental en cuanto a la incorporación de la tecnología (17) , (18) Subsistiendo un hecho especialmente importante en instituciones formadoras de profesionales de la salud en contextos de escasos recursos, donde la carencia de programas de formación docente propiciaría el ahondamiento de inequidades formativas existentes en lugar de propiciarlas, tal y como también propone de forma muy clara el análisis crítico sobre la incorporación de la IAG en la educación médica continua de la región (25).

Entre las limitaciones de la presente revisión se encuentran las de presentación narrativa que no permiten ofrecer estimaciones del efecto en su agregado, como las que brindaría un metanálisis, o la velocidad dilatante de la que están dotadas las tecnologías analizadas a partir de consideraciones que pueden volver las poblaciones y los hallazgos de rendimiento técnico dentro de un periodo relativamente breve de tiempo. Sin embargo, la triangulación de fuentes de alto impacto publicadas en un periodo de diez años y procedentes de disciplinas y regiones geográficas diferenciadas ofrece un poderoso apoyo para la síntesis conceptual de la que hemos intentado dar cuenta aquí.

## CONCLUSIONES

La evidencia científica indexada en la que se fundamenta este texto escrito entre 2016 y 2026, pone de manifiesto que la inteligencia artificial generativa transforma de manera sustancial las competencias exigidas a la formación del profesional de la salud, al promover la incorporación de la alfabetización crítica en IA como parte del bagaje del profesional de la salud junto con el conocimiento disciplinar tradicional y al transformar la manera en que se configura y se ejercita el razonamiento clínico y las competencias comunicacionales.

En lo que respecta a la evaluación del aprendizaje, los modelos de lenguaje generativo han alcanzado niveles de desempeño iguales o superiores al umbral de aprobación en una batería de exámenes de licenciamiento médico estandarizados, lo que precisa la modificación urgente de los instrumentos de evaluación de tal forma que prioricen los tests de razonamiento clínico situacional junto a la resolución de problemas complejos y las competencias comunicacionales por encima de la memorización o del reconocimiento de patrones que estas mismas herramientas ya reproducen con éxito. La evaluación de los retos éticos concluye que la integridad académica, el sesgo algorítmico, la protección de datos, el riesgo de despersonalización del cuidado son preocupaciones interrelacionadas que requieren marcos regulatorios institucionales explícitos, programas estructurados de formación docente y un seguimiento de los productos generados por estos sistemas bajo la supervisión humana.

Se concluye en que la región latinoamericana en general y el contexto ecuatoriano en particular tienen una brecha específica en la producción de evidencias propias, de lineamientos institucionales y de programas de formación del profesorado en esta materia. Debe por tanto resultar prioritario impulsar líneas de investigación y líneas de política pública educativa local en lugar de capas de marcos de referencia procedentes de otros contextos. Estos hallazgos responden al objetivo planteado y al mismo tiempo ofrecen un marco conceptual integrador para apoyar la toma de decisiones pertinentes en la formación del profesional de la salud conforme a la incorporación creciente de la inteligencia artificial generativa.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gordon M, Daniel M, Ajiboye A, Uraiby H, Xu NY, Bartlett R, et al. A scoping review of artificial intelligence in medical education: BEME Guide No. 84. Med Teach. 2024 Apr 2;46(4):446–70. doi:10.1080/0142159X.2024.2314198
2. Masters K. Ethical use of Artificial Intelligence in Health Professions Education: AMEE Guide No. 158. Med Teach. 2023 Jun 3;45(6):574–84. doi:10.1080/0142159X.2023.2186203
3. Sallam M. ChatGPT Utility in Healthcare Education, Research, and Practice: Systematic Review on the Promising Perspectives and Valid Concerns. Healthcare. 2023 Mar 19;11(6):887. doi:10.3390/healthcare11060887
4. Preiksaitis C, Rose C. Opportunities, Challenges, and Future Directions of Generative Artificial Intelligence in Medical Education: Scoping Review. JMIR Med Educ. 2023 Oct 20;9:e48785. doi:10.2196/48785
5. Hale J, Alexander S, Wright ST, Gilliland K. Generative AI in Undergraduate Medical Education: A Rapid Review. J Med Educ Curric Dev. 2024 Jan 1;11. doi:10.1177/23821205241266697
6. Kung TH, Cheatham M, Medenilla A, Sillos C, De Leon L, Elepaño C, et al. Performance of ChatGPT on USMLE: Potential for AI-assisted medical education using large language models. PLOS Digital Health. 2023 Feb 9;2(2):e0000198. doi:10.1371/journal.pdig.0000198
7. Gilson A, Safranek CW, Huang T, Socrates V, Chi L, Taylor RA, et al. How Does ChatGPT Perform on the United States Medical Licensing Examination (USMLE)? The Implications of Large Language Models for Medical Education and Knowledge Assessment. JMIR Med Educ. 2023 Feb 8;9:e45312. doi:10.2196/45312

8. Ali R, Tang OY, Connolly ID, Fridley JS, Shin JH, Zadnik Sullivan PL, et al. Performance of ChatGPT, GPT-4, and Google Bard on a Neurosurgery Oral Boards Preparation Question Bank. Neurosurgery. 2023 Nov;93(5):1090–8. doi:10.1227/neu.0000000000002551
9. Abdulai A, Hung L. Will ChatGPT undermine ethical values in nursing education, research, and practice? Nurs Inq. 2023 Jul 26;30(3). doi:10.1111/nin.12556
10. Choi EPH, Lee JJ, Ho MH, Kwok JYY, Lok KYW. Chatting or cheating? The impacts of ChatGPT and other artificial intelligence language models on nurse education. Nurse Educ Today. 2023 Jun;125:105796. doi:10.1016/j.nedt.2023.105796
11. Harrer S. Attention is not all you need: the complicated case of ethically using large language models in healthcare and medicine. EBioMedicine. 2023 Apr;90:104512. doi:10.1016/j.ebiom.2023.104512
12. Schuur F, Rezazade Mehrizi MH, Ranschaert E. Training opportunities of artificial intelligence (AI) in radiology: a systematic review. Eur Radiol. 2021 Aug 15;31(8):6021–9. doi:10.1007/s00330-020-07621-y
13. Ferreira AL, Lipoff JB. The complex ethics of applying ChatGPT and language model artificial intelligence in dermatology. J Am Acad Dermatol. 2023 Oct;89(4):e157–8. doi:10.1016/j.jaad.2023.05.054
14. Betti Galasso BJ. Inteligencia artificial generativa y formación docente: Competencias emergentes en América Latina – una revisión de alcance. Actualidades Investigativas en Educación. 2025 Dec 3;26(1):1–43. doi:10.15517/z4mcs052
15. Mortlock R, Lucas C. Generative artificial intelligence (Gen-AI) in pharmacy education: Utilization and implications for academic integrity: A scoping review. Exploratory Research in Clinical and Social Pharmacy. 2024 Sep;15:100481. doi:10.1016/j.rcsop.2024.100481
16. Snoswell CL, Falconer N, Snoswell AJ. Pharmacist vs machine: Pharmacy services in the age of large language models. Research in Social and Administrative Pharmacy. 2023 Jun;19(6):843–4. doi:10.1016/j.sapharm.2023.03.006
17. Khamis N, Ungaretti T, Tackett S, Chen B. From AI Literacy to Leadership: Milestones for Faculty Development in Health Professions Education. Med Sci Educ. 2025 Jun 4;35(6):2681–6. doi:10.1007/s40670-025-02438-0
18. Lopez M. From Novelty to Necessity: Artificial Intelligence in Medical Education. J Med Educ Curric Dev. 2025 Aug 14;12. doi:10.1177/23821205251369656
19. Currie GM. Academic integrity and artificial intelligence: is ChatGPT hype, hero or heresy? Semin Nucl Med. 2023 Sep;53(5):719–30. doi:10.1053/j.semnuclmed.2023.04.008
20. Patino GA, Amiel JM, Brown M, Lypson ML, Chan TM. The Promise and Perils of Artificial Intelligence in Health Professions Education Practice and Scholarship. Academic Medicine. 2024 May 1;99(5):477–81. doi:10.1097/ACM.0000000000005636
21. Ramírez Domínguez CD, Alvarenga Somoza G, Olivares Guzmán NE, Cárcamo Trinidad MM, Salamanca Reyes AG. Avances en el uso de inteligencia artificial en la educación médica latinoamericana. Alerta, Revista científica del Instituto Nacional de Salud. 2025 Jan 22;8(1):88–95. doi:10.5377/alerta.v8i1.19194
22. Nouri Kandany V, Fabián Vásquez L, Valdez P, Jiménez Arias J, Valdez Disla A. Predictores Individuales y Profesionales del Uso de Inteligencia Artificial en Medicina: Un Análisis Multivariado en América Latina. Revista Española de Educación Médica. 2026 Jan 5;7(1). doi:10.6018/edumed.685291

23. Cotton DRE, Cotton PA, Shipway JR. Chatting and cheating: Ensuring academic integrity in the era of ChatGPT. Innovations in Education and Teaching International. 2024 Mar 3;61(2):228–39. doi:10.1080/14703297.2023.2190148
24. Garabet R, Mackey BP, Cross J, Weingarten M. ChatGPT-4 Performance on USMLE Step 1 Style Questions and Its Implications for Medical Education: A Comparative Study Across Systems and Disciplines. Med Sci Educ. 2023 Dec 27;34(1):145–52. doi:10.1007/s40670-023-01956-z
25. Margolis A. Inteligencia artificial en la educación médica continua: ¿aliada inevitable o simplemente una herramienta más? Investigación en Educación Médica. 2025 Oct 1;14(56):146–53. doi:10.22201/fm.20075057e.2025.56.25735

InvestiGO Revista Científica Multidisciplinaria
ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Octubre 2026
Vol. 7 No. 21, PP. 407-420
https://doi.org/10.56519/cv80zj93

# MOTIVACIÓN Y PERCEPCIONES ESTUDIANTILES HACIA EL USO DE VIDEOJUEGOS COMO HERRAMIENTA DE APRENDIZAJE DEL INGLÉS COMO LENGUA EXTRANJERA EN EDUCACIÓN SUPERIOR

# MOTIVATION AND STUDENT PERCEPTIONS TOWARD THE USE OF VIDEO GAMES AS A TOOL FOR ENGLISH AS A FOREIGN LANGUAGE LEARNING IN HIGHER EDUCATION

Jorge Luis Encarnacion Lalangui[1], Tania Lisbeth Chicaiza Zambrano[2], Solange Pamela Cruz Ayala[3], Luis David Conejo Tandioy[4]

{jorgel.encarnacion@espoch.edu.ec[1], lisbeth.chicaiza@espoch.edu.ec[2], solange.cruz@udla.edu.ec[3], luis.conejo@unesum.edu.ec[4]}

Fecha de recepción: 12/09/2026 / Fecha de aceptación: 08/10/2026 / Fecha de publicación: 14/10/2026

**RESUMEN: Jugar videojuegos pone a buena parte del estudiantado en contacto cotidiano con el inglés fuera del aula. Ese potencial se ha estudiado sobre todo en Europa y Asia, y apenas se ha documentado en la educación superior latinoamericana. El presente trabajo analizó qué motivación y qué percepciones manifiesta el alumnado universitario respecto del uso de videojuegos para aprender inglés como lengua extranjera. Se adoptó un enfoque cuantitativo, descriptivo y de corte transversal. El cuestionario, de tipo Likert y 20 ítems, fue respondido por 150 estudiantes de tres carreras de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Morona Santiago: Ingeniería Ambiental (n=54), Zootecnia (n=51) y Contabilidad y Auditoría (n=45). Las cinco dimensiones evaluadas fueron motivación hacia el inglés a través de videojuegos, utilidad percibida, habilidades lingüísticas percibidas, actitudes hacia la integración curricular y patrones de exposición, con una fiabilidad global de α=0,87. Las medias se ubicaron entre 3,42 y 4,01 sobre 5, dentro del rango favorable. La motivación encabezó la valoración (M=4,01; DE=0,85) y los patrones de exposición quedaron al final (M=3,42; DE=1,11). Entre carreras aparecieron diferencias significativas en motivación (F=4,12; p=0,018) y en patrones de exposición (F=5,38; p=0,006). Los estudiantes, en suma, ven en los videojuegos un estímulo para acercarse al inglés; llevarlos al currículo formal exigiría, en cambio, una planificación pedagógica expresa.**

[1]Docente Investigador, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Ecuador, ORCID: http://orcid.org/0009-0007-2420-9334
[2]Docente Investigador, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Ecuador, ORCID: http://orcid.org/0009-0004-6278-7563
[3]Docente Investigador, Universidad de Las Américas (UDLA), Ecuador, ORCID: http://orcid.org/0009-0002-3343-3016
[4]Docente Investigador, Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM), Ecuador, ORCID: http://orcid.org/0009-0006-8850-0107

***Palabras clave: Videojuegos, motivación del estudiante, actitud del estudiante, inglés (segunda lengua), enseñanza superior, aprendizaje de lenguas***

**ABSTRACT: Playing video games brings a good share of the student body into daily contact with English outside the classroom. That potential has been studied mainly in Europe and Asia and has hardly been documented in Latin American higher education. The present work analyzed the motivation and the perceptions that university students express regarding the use of video games for learning English as a foreign language. A quantitative, descriptive, cross-sectional approach was adopted. A 20-item Likert-type questionnaire was answered by 150 students from three programs at Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Morona Santiago: Environmental Engineering (n=54), Animal Science (n=51), and Accounting and Auditing (n=45). The five dimensions assessed were motivation toward English through video games, perceived usefulness, perceived linguistic skills, attitudes toward curricular integration, and exposure patterns, with an overall reliability of α=0.87. Means fell between 3.42 and 4.01 out of 5, within the favorable range. Motivation headed the ranking (M=4.01; SD=0.85) and exposure patterns came last (M=3.42; SD=1.11). Significant differences between programs appeared in motivation (F=4.12; p=0.018) and in exposure patterns (F=5.38; p=0.006). Students, in short, see video games as an incentive to engage with English; bringing them into the formal curriculum, by contrast, would call for explicit pedagogical planning.**

***Keywords: Video games, student motivation, student attitudes, English (second language), higher education, second language learning***

## INTRODUCCIÓN

Video games have evolved from an exclusively entertainment-oriented phenomenon to a focus of growing interest in educational research (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). In the specific domain of foreign language teaching, video games offer an informal linguistic immersion environment where players are exposed to vocabulary, grammatical structures, and communicative patterns in English in a contextualized manner, motivated by the game narrative rather than academic obligation (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). The argument goes back to Gee (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), for whom games embody learning principles formal education would do well to borrow: identity, interaction, production, a willingness to take risks, and problem-solving that means something to the player.

Several theoretical traditions have been brought to bear on the link between gaming and English learning. Self-Determination Theory (SDT), developed by Deci and Ryan (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), offers an explanatory framework for the enjoyment-driven motivation associated with video games, and it occupies a central place in current accounts of L2

motivation (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Games satisfy the needs for autonomy (the player chooses what to do, when, and how), competence (level progression and immediate feedback reinforce a sense of achievement), and relatedness (multiplayer games foster interaction and belonging) (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). From the perspective of language acquisition, Krashen's Input Hypothesis (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) suggests that comprehensible exposure to the language in low-anxiety contexts facilitates acquisition, conditions that video games provide by offering linguistic input in English within a ludic and non-evaluative environment (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Empirical evidence has grown steadily. Reinhardt (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) and Hung et al. (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) conducted comprehensive reviews of digital game-based language learning (DGBLL) and concluded that exposure to video games in English is associated with positive effects on receptive vocabulary and listening comprehension. In Sweden, Sundqvist and Wikström (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) found that the adolescents who played in English most often scored better on vocabulary than classmates who did not play. York (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) and Chen and Yang (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), studying Japanese and Taiwanese university students respectively, found positive perceptions toward video games as English learning tools measured through Likert scales. More recently, Ebrahimzadeh and Alavi (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) observed that students who interacted with commercial video games in English reported greater motivation and higher perceived vocabulary retention than those who only read the game texts.

A further strand of research has examined the moderating role of game type. Peterson (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) documented that massively multiplayer online role-playing games (MMORPGs) generate sustained opportunities for synchronous written and oral interaction in the target language, whereas single-player titles provide predominantly receptive input. Rama et al. (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) similarly observed that collaborative gameplay environments afford conditions associated with second language development, including goal-oriented communication and negotiation of meaning among players. These findings indicate that the linguistic affordances of video games vary considerably across genres and platforms, a distinction frequently overlooked in studies that treat video games as a homogeneous category (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Despite the growing evidence, research on video games and English learning in the Latin American higher education context remains scarce (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Most studies have been conducted in Asia and Europe (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), with student populations whose conditions of technology access, English exposure, and language motivation differ substantially from those characterizing Ecuadorian university contexts (**¡Error! No se**

**encuentra el origen de la referencia.**, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). In Ecuador, the Academic Regime Regulation (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) establishes English proficiency as a graduation requirement in higher education. Students at universities in the Ecuadorian Amazon, such as the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Sede Morona Santiago, come from diverse linguistic backgrounds, and their relationship with video games as a site of extramural English exposure has not been investigated. Sylvén and Sundqvist (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) noted that gaming frequency and game type are key moderating variables that determine learning potential, but these usage patterns have not been documented in Ecuadorian university populations.

The gap identified in the literature justifies the need to generate empirical evidence from underrepresented contexts (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). The objective of this study was to analyze student motivation and perceptions toward the use of video games as a tool for English as a foreign language learning in higher education. The specific objectives were: (a) to identify perceptions across five dimensions: motivation, perceived usefulness, perceived linguistic skills, attitudes toward curricular integration, and exposure patterns; (b) to compare perceptions among students from three non-linguistic university programs; and (c) to explore the association between self-reported exposure to English through video games and perceptions of usefulness and motivation.

## MATERIALES Y MÉTODOS

A quantitative, descriptive, cross-sectional design was employed (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). This approach is suitable for characterizing attitudes and perceptions in specific populations without variable manipulation or longitudinal follow-up, as a preliminary step toward the eventual design of pedagogical interventions integrating video games into English language teaching.

The study was carried out at ESPOCH Sede Morona Santiago, in the city of Macas, Morona Santiago Province, Ecuador. The students enrolled in the regular academic period who were taking English I, English II, English III, or English IV made up the accessible population. Sampling was non-probabilistic and by convenience: the 150 participants were all those who agreed to take part. The distribution by program was: Environmental Engineering (n=54; 36.0%), Animal Science (n=51; 34.0%), and Accounting and Auditing (n=45; 30.0%). Of all participants, 82 (54.7%) were male and 68 (45.3%) were female. Ages ranged from 18 to 26 years, with a mean of 20.8 years (SD=1.74).

A 20-item Likert-type questionnaire was designed, distributed across five dimensions: motivation toward English through video games (5 items), perceived usefulness of video games for learning English (4 items), perceived linguistic skills developed through video games (4 items), attitudes toward curricular integration of video games (4 items), and patterns of English exposure through video games (3 items). Response options were: 1=Strongly disagree, 2=Disagree, 3=Neither agree nor disagree, 4=Agree, 5=Strongly agree. The instrument underwent content validation through

expert judgment by three specialists in foreign language didactics and educational technology. Following the incorporation of their observations, a pilot test was conducted with 30 students not included in the final sample. The overall reliability was high, with a Cronbach's alpha coefficient of 0.87, and individual dimensions obtained values between 0.79 and 0.90. Two caveats attach to the instrument, namely the absence of factor analysis and the limits of an agreement format for capturing how often something is done; both are taken up in the limitations.

No pedagogical intervention with video games took place. What the study gathered were perceptions grounded in the experience students already had with games in English. An informational session preceded the questionnaire: the purpose of the research was explained there, confidentiality was guaranteed, and informed consent was obtained. The questionnaire itself was completed in person during class hours. Authorization came from the academic authorities of ESPOCH Sede Morona Santiago. Because this was not clinical research and no sensitive health data were handled, approval by an institutional ethics committee was not required; even so, the usual principles for research with human participants, namely informed consent, voluntary participation, and confidentiality of the data, were respected throughout.

All processing was carried out in SPSS version 27. Each dimension and each item was summarized through means, standard deviations, frequencies, and percentages. One-way ANOVA served to compare the three programs, once normality (Shapiro-Wilk) and homogeneity of variance (Levene) had been verified. Pearson's correlation coefficient was used to explore how exposure patterns related to the remaining dimensions. The significance threshold was set at $p<0.05$. Several comparisons were run on the same data, so the familywise error rate may be inflated, and these results warrant a cautious reading.

## RESULTADOS

Table 1 presents the sociodemographic characteristics and gaming habits of participants. Of the 150 students, 127 (84.7%) reported playing video games with some frequency. Of these 127 gamers, 98 (77.2% of gamers; 65.3% of the total) indicated that they played video games wholly or partly in English. The most frequent game genres among gamers were action/adventure (42.5%), followed by role-playing games or RPGs (28.3%), sports (18.1%), and strategy (11.0%). The 23 students who reported not playing video games (15.3% of the total) were included in the overall analysis, since the questionnaire permitted responses based on general perceptions rather than direct experience alone.

***Table 1. Sociodemographic characteristics and gaming habits.***

| Variable | n | % |
|---|---|---|
| Environmental Engineering | 54 | 36.0 |
| Animal Science | 51 | 34.0 |
| Accounting and Auditing | 45 | 30.0 |
| Male | 82 | 54.7 |
| Female | 68 | 45.3 |
| Play video games | 127 | 84.7 |

| | | |
|---|---|---|
| Play in English | 98 | 65.3 |
| Action/Adventure | 54 | 42.5 |
| RPG | 36 | 28.3 |
| Sports | 23 | 18.1 |
| Strategy | 14 | 11.0 |

***Note. N=150. Game genre percentages calculated on n=127 gamers.***

The 98 students who reported playing in English were additionally asked about the specific titles they used (Table 2). The most frequently mentioned games were Free Fire (42.9%), Fortnite (38.8%), and Call of Duty in its Mobile and Warzone versions (35.7%). All three belong to the action/adventure genre and share a feature relevant to language exposure: their interfaces, voice commands, and player communication systems operate predominantly in English. Sports games such as FIFA/EA FC (31.6%) were also frequently reported, although their linguistic content is primarily limited to sports terminology. League of Legends (24.5%) and Valorant (19.4%) are notable in that they require real-time strategic communication among players. Minecraft (22.4%) and Genshin Impact (12.2%) offer extensive narratives and descriptive texts. This diversity of titles indicates that English exposure through video games is not homogeneous: each game offers a distinct linguistic profile.

***Table 2. Most played video games in English.***

| Video game | n | % |
|---|---|---|
| Free Fire | 42 | 42.9 |
| Fortnite | 38 | 38.8 |
| Call of Duty (Mobile/Warzone) | 35 | 35.7 |
| FIFA/EA FC | 31 | 31.6 |
| League of Legends | 24 | 24.5 |
| Minecraft | 22 | 22.4 |
| Valorant | 19 | 19.4 |
| GTA V / GTA Online | 18 | 18.4 |
| Genshin Impact | 12 | 12.2 |
| Others | 15 | 15.3 |

***Note. Percentages calculated on n=98 English-language gamers. Multiple response.***

Table 3 presents the descriptive results by dimension. All five dimensions obtained means between 3.42 and 4.01 out of 5. Motivation toward English through video games obtained the highest mean (M=4.01; SD=0.85), followed by attitudes toward curricular integration (M=3.89; SD=0.88) and perceived usefulness (M=3.76; SD=0.93). Perceived linguistic skills obtained a mean of 3.58 (SD=1.02) and exposure patterns registered the lowest mean (M=3.42; SD=1.11).

***Table 3. Student perceptions by dimensión.***

| Dimension | M | SD | α |
|---|---|---|---|
| Motivation | 4.01 | 0.85 | 0.90 |
| Perceived usefulness | 3.76 | 0.93 | 0.86 |
| Perceived linguistic skills | 3.58 | 1.02 | 0.84 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Curricular integration attitudes | 3.89 | 0.88 | 0.85 |
| Exposure patterns | 3.42 | 1.11 | 0.79 |
| Overall | 3.73 | 0.94 | 0.87 |

***Note. M=mean; SD=standard deviation; α=Cronbach's alpha. Scale 1-5. N=150. Dimension means were computed from raw item responses; minor differences with respect to the average of the rounded item means reported in Tables 4-8 are therefore expected.***

In the motivation dimension (Table 4), the highest-rated item was "Video games make me want to learn more English to better understand the game" (M=4.22; SD=0.78). The lowest-rated item was "Video games have motivated me to seek additional English courses or resources" (M=3.62; SD=1.04). This pattern suggests that the motivation reported by students is linked to the enjoyment of the gaming experience and the desire to comprehend game content, with limited reported transfer to the active pursuit of formal language study.

***Table 4. Items of the motivation dimensión.***

| Item | M | SD |
|---|---|---|
| Want to learn more English to understand the game | 4.22 | 0.78 |
| Motivated to learn English through something I enjoy | 4.15 | 0.81 |
| Video games make me want to improve my English | 4.02 | 0.86 |
| More interested in English because of video games | 3.98 | 0.88 |
| Motivated to seek additional English courses | 3.62 | 1.04 |

***Note. Scale 1-5. N=150.***

In the perceived usefulness dimension (Table 5), students reported a favorable perception regarding informal vocabulary learning (M=4.05; SD=0.82) and listening comprehension improvement (M=3.92; SD=0.87). Perceived usefulness for written production was lower (M=3.65; SD=0.99), and grammar learning received the lowest rating in this dimension (M=3.41; SD=1.05). This contrast is consistent with the nature of language input in video games, where oral and lexical exposure predominates over explicit grammatical structures, as documented by Bytheway (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) in research on vocabulary acquisition in MMORPGs.

***Table 5. Items of the perceived usefulness dimensión.***

| Item | M | SD |
|---|---|---|
| Informal vocabulary learning | 4.05 | 0.82 |
| Listening comprehension improvement | 3.92 | 0.87 |
| Written production improvement | 3.65 | 0.99 |
| Grammar learning | 3.41 | 1.05 |

***Note. Scale 1-5. N=150.***

Within the perceived linguistic skills dimension (Table 6), students reported greater perceived development in vocabulary (M=3.95; SD=0.89) and listening comprehension (M=3.82; SD=0.94) than in oral production (M=3.32; SD=1.08) and writing (M=3.22; SD=1.14). The higher standard deviations in oral production and writing indicate considerable dispersion, probably associated with differences in game type: players of multiplayer titles may report a greater perceived development of productive skills than those who play single-player games, although this was not tested directly.

***Table 6. Items of the perceived linguistic skills dimensión.***

| Item | M | SD |
|---|---|---|
| Vocabulary | 3.95 | 0.89 |
| Listening comprehension | 3.82 | 0.94 |
| Oral production | 3.32 | 1.08 |
| Writing | 3.22 | 1.14 |

***Note. Scale 1-5. N=150.***

In the curricular integration attitudes dimension (Table 7), the highest-rated item was "It would be interesting if English teachers used video game elements in their classes" (M=4.12; SD=0.80), while "Video games can be as useful as a textbook for learning English" registered the lowest mean (M=3.68; SD=1.02). The difference between the two items suggests that students perceive video games as a complement to, not a substitute for, formal instructional materials, a pattern consistent with technology acceptance models in which perceived usefulness shapes adoption intentions (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

***Table 7. Items of the curricular integration attitudes dimension***

| Item | M | SD |
|---|---|---|
| Use video game elements in class | 4.12 | 0.80 |
| Complement English class | 3.98 | 0.85 |
| Play video games as English homework | 3.78 | 0.95 |
| As useful as a textbook | 3.68 | 1.02 |

***Note. Scale 1-5. N=150.***

The exposure patterns dimension (Table 8) obtained the lowest overall mean (M=3.42; SD=1.11). The highest-rated item was "I play video games with the language set to English" (M=3.65; SD=1.08). The lowest-rated item was "I intentionally seek video games in English to practice the language" (M=3.22; SD=1.18), indicating that most students who play in English do so out of preference or availability rather than as a deliberate learning strategy, so that whatever acquisition takes place in this context is largely incidental (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

***Table 8. Items of the exposure patterns dimensión.***

| Item | M | SD |
|---|---|---|
| Play with language set to English | 3.65 | 1.08 |
| At least 3 hours weekly in English | 3.38 | 1.15 |
| Intentionally seek video games in English | 3.22 | 1.18 |

***Note. Scale 1-5. N=150.***

Table 9 presents the comparison by program. The ANOVA revealed statistically significant differences in motivation ($F(2,147)=4.12$; $p=0.018$; $\eta^2=0.05$) and exposure patterns ($F(2,147)=5.38$; $p=0.006$; $\eta^2=0.07$). Tukey's post hoc test indicated that in motivation, the difference occurred between Environmental Engineering (M=4.22; SD=0.79) and Accounting and Auditing (M=3.75; SD=0.91) (p=0.014). In exposure patterns, both Environmental Engineering (M=3.68; SD=1.02) and Animal Science (M=3.52; SD=1.08) differed significantly from Accounting and Auditing (M=3.01; SD=1.15) (p=0.004 and p=0.031 respectively). Effect sizes were small according to Cohen's criteria (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**): $\eta^2=0.05$ for motivation and $\eta^2=0.07$ for exposure patterns.

***Table 9. Comparison of means by program (ANOVA).***

| Dimension | Env.Eng.(M) | Anim.Sc.(M) | Acc.Aud.(M) | F | p |
|---|---|---|---|---|---|
| Motivation | 4.22 | 4.01 | 3.75 | 4.12 | 0.018* |
| Perceived usefulness | 3.89 | 3.78 | 3.58 | 1.98 | 0.141 |
| Perceived ling. skills | 3.72 | 3.55 | 3.42 | 1.65 | 0.195 |
| Curricular integration | 4.01 | 3.88 | 3.74 | 1.72 | 0.183 |
| Exposure patterns | 3.68 | 3.52 | 3.01 | 5.38 | 0.006* |

***Note. *p<0.05. Tukey: motivation Env.Eng. vs Acc.Aud. (p=0.014); exposure Env.Eng. and Anim.Sc. vs Acc.Aud. (p=0.004, p=0.031). N=150.***

Perceptions were also analyzed by sex (Table 10). Males scored significantly higher than females in motivation (M=4.18; SD=0.78 vs. M=3.80; SD=0.89; $t(148)=2.82$; $p=0.005$) and exposure patterns (M=3.68; SD=1.02 vs. M=3.11; SD=1.12; $t(148)=3.28$; $p=0.001$). No significant differences were found in the remaining dimensions. This result is consistent with evidence from Sundqvist and Wikström (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) and Sylvén and Sundqvist (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), who documented that males tend to play video games more frequently than females.

***Table 10. Comparison of means by sex (t-test)***

| Dimension | Male(M) | Female(M) | t | p |
|---|---|---|---|---|
| Motivation | 4.18 | 3.80 | 2.82 | 0.005* |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Perceived usefulness | 3.82 | 3.68 | 0.92 | 0.359 |
| Perceived ling. skills | 3.65 | 3.49 | 0.98 | 0.329 |
| Curricular integration | 3.95 | 3.82 | 0.88 | 0.380 |
| Exposure patterns | 3.68 | 3.11 | 3.28 | 0.001* |

***Note. *p<0.05. Male n=82; Female n=68. df=148.***

Correlational analysis (Table 11) revealed positive and significant associations between exposure patterns and the remaining dimensions. The strongest association was observed with motivation (r=0.52; p<0.001), followed by perceived usefulness (r=0.45; p<0.001), perceived linguistic skills (r=0.41; p<0.001), and curricular integration attitudes (r=0.38; p<0.001). These results suggest that students who report greater exposure to English through video games also tend to report greater motivation and perceived usefulness. However, given the cross-sectional design, these associations do not allow causal inference.

***Table 11. Pearson correlations among dimensions.***

| | MOT | PU | PLS | CIA | EP |
|---|---|---|---|---|---|
| Motivation (MOT) | — | 0.49** | 0.43** | 0.58** | 0.52** |
| Perceived usefulness (PU) | | — | 0.56** | 0.47** | 0.45** |
| Perc. ling. skills (PLS) | | | — | 0.40** | 0.41** |
| Curric. integration (CIA) | | | | — | 0.38** |
| Exposure patterns (EP) | | | | | — |

***Note. **p<0.01. N=150.***

Table 12 presents the percentage distribution of responses. Because the dimensions comprise different numbers of items (between three and five), the overall row should be read as a descriptive summary across dimensions rather than as an exact aggregate of individual responses. Overall, 65.8% of responses fell in the agreement category, 19.4% were neutral, and 14.8% expressed disagreement. The dimension with the highest agreement percentage was motivation (74.2%) and the highest disagreement percentage was exposure patterns (21.3%).

***Table 12. Percentage distribution of responses by dimensión.***

| Dimension | Disagree % | Neutral % | Agree % |
|---|---|---|---|
| Motivation | 9.8 | 16.0 | 74.2 |
| Perceived usefulness | 14.2 | 19.5 | 66.3 |
| Perceived ling. skills | 18.5 | 21.2 | 60.3 |
| Curricular integration | 11.8 | 18.7 | 69.5 |
| Exposure patterns | 21.3 | 20.8 | 57.9 |
| Overall | 14.8 | 19.4 | 65.8 |

***Note. Disagree=options 1-2; Neutral=option 3; Agree=options 4-5. N=150.***

Perceptions were compared between students who reported playing video games in English (n=98) and those who played only in Spanish or did not play at all (n=52). That second group is heterogeneous, since 29 students played exclusively in Spanish and 23 did not play at all, and the two profiles could differ from each other; the heterogeneity should be borne in mind when interpreting the comparison. English-language gamers scored significantly higher in motivation (M=4.28; SD=0.72 vs. M=3.51; SD=0.91; t(148)=5.82; p<0.001), perceived usefulness (M=4.02; SD=0.81 vs. M=3.27; SD=0.95; t(148)=5.28; p<0.001), and perceived linguistic skills (M=3.85; SD=0.88 vs. M=3.07; SD=1.05; t(148)=5.01; p<0.001). Differences in curricular integration attitudes, while also favoring English-language gamers (M=4.05 vs. M=3.59), were of smaller magnitude (t(148)=3.24; p=0.002). These results indicate that those who already have gaming experience in English report more favorable perceptions, suggesting that a video-game-based pedagogical strategy would require a familiarization phase for students without prior gaming habits.

As an exploratory analysis, the relationship between predominant video game genre and perceived linguistic skills was examined. RPG players (n=36) reported higher means in perceived vocabulary (M=4.18; SD=0.75) than action/adventure players (n=54; M=3.82; SD=0.92), a difference that was statistically significant (t(88)=2.08; p=0.040). In perceived listening comprehension, action/adventure players reported slightly higher means (M=3.91; SD=0.88 vs. M=3.72; SD=0.95), although this difference was not significant (t(88)=1.02; p=0.311). These patterns are consistent with the linguistic nature of each genre: RPGs include extensive dialogues and descriptive texts, while action games prioritize rapid communication. Both comparisons were exploratory and were run on the same sample as the rest of the analyses, so they call for replication before much weight is placed on them.

Regarding gaming platform, 61.4% of the 127 gamers (n=78) reported playing primarily on mobile devices, 25.2% (n=32) on computers, and 13.4% (n=17) on consoles. Computer gamers scored slightly higher in perceived linguistic skills (M=3.78; SD=0.92) compared to mobile gamers (M=3.52; SD=1.04), although the difference did not reach statistical significance (t(108)=1.32; p=0.189).

## DISCUSIÓN

The results of this study indicate that university students at ESPOCH Sede Morona Santiago reported favorable perceptions toward video games as a resource for English language exposure, with motivation as the highest-rated dimension (M=4.01). This finding is consistent with results reported by York (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) in Japan, Ebrahimzadeh and Alavi (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) in Iran, and Sundqvist and Wikström (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) in Sweden. Within Deci and Ryan's SDT framework (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), the high reported motivation could be explained by the satisfaction of the needs for autonomy, competence, and relatedness that video games offer (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). However, it must be

noted that this study did not operationalize intrinsic motivation through a specific measurement scale (such as the motivational orientations scale by Noels et al. (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**)); therefore, the interpretation is limited to enjoyment-driven motivation as reported by participants.

The hierarchy of perceived linguistic skills, with vocabulary and listening comprehension above oral production and writing, coincides with evidence from Reinhardt (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) and Sundqvist and Wikström (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). What these figures record, it should be stressed, is how students see their own progress, not any measured command of the language. Hours spent playing in English can leave a convincing impression of improvement without that impression showing up in communicative competence that can actually be measured. A further qualification concerns genre: Peterson (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) argued that MMORPGs could offer greater opportunities for language production than single-player games, suggesting that game genre is a moderating variable that future research should control more rigorously.

The significant differences between programs in motivation and exposure patterns, as well as sex differences in these same dimensions, suggest that student profile influences the reported relationship with video games as a learning tool. Mutlu and Çimen (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) cautioned that the relationship between video games and L2 motivation is not automatic and depends on variables such as gaming frequency, game genre, and prior English proficiency. The positive association between self-reported exposure to English through video games and motivation (r=0.52) is among the most notable findings of this study; however, given the cross-sectional correlational design, it is not possible to establish the causal direction of this relationship (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

A number of caveats bound what can be claimed from these findings. The cross-sectional design rules out causal statements about the variables studied, and the convenience sample, taken from a single campus of a single institution, does not support generalization to other Ecuadorian or Latin American universities. All the data are self-reported: no objective test of proficiency was administered, so there is no way of telling whether the perceived development of skills matches real gains in communicative competence. Nor was any pedagogical intervention carried out, which means the study can say that students regard video games as useful, not that video games teach English effectively.

The Likert agreement format, moreover, is a poor instrument for capturing how often something is done, and this weakens the exposure patterns dimension in particular. The analysis by genre was exploratory and covered only two categories, RPG and action/adventure, without controlling for cumulative exposure time in the target language or for the degree of interaction each title demands (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Validation of the instrument went no further than expert judgment and Cronbach's alpha, leaving the proposed dimensional structure untested by factor analysis. Finally, several statistical tests were run without correction, which raises the probability of Type I error. Quasi-experimental designs with a controlled intervention, objective measures of competence,

confirmatory factor analysis, and larger, more varied samples drawn from institutions across different regions of Ecuador would all help to address these gaps.

## CONCLUSIONES

Taken together, the responses of the 150 participants from three non-linguistic programs at ESPOCH Sede Morona Santiago warrant the conclusions set out below, bounded by the context and scope of this study. On the first specific objective, all five dimensions were rated favorably, with means between 3.42 and 4.01 out of 5. Motivation born of enjoyment headed the list, while exposure patterns closed it, with the deliberate search for games in English as its lowest-scoring item. Contact with the language through gaming, then, is for most of these students something that happens rather than something they plan.

Regarding the second specific objective, significant differences between programs were found in motivation and exposure patterns, with small effect sizes ($\eta^2$=0.05 and $\eta^2$=0.07 respectively). Environmental Engineering students reported the highest means, and Accounting and Auditing students the lowest in both dimensions. Significant sex differences were also observed in these same dimensions, with higher means among males.

On the third specific objective, exposure patterns correlated positively and significantly with every other dimension, and most strongly with motivation (r=0.52), though nothing in a correlation of this kind permits a causal reading. Students credit games with more value for vocabulary and listening comprehension than for oral production and writing, which is what one would expect given how receptive the linguistic exposure is in most genres. Taking games into the English curriculum would therefore mean planning deliberately: complementing that receptive exposure with tasks that call for production, and setting aside an initial familiarization phase so that students who do not normally play are not left behind.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gee JP. What Video Games Have to Teach Us About Learning and Literacy. 2nd ed. New York: Palgrave Macmillan; 2007.
2. Prensky M. Digital Game-Based Learning. New York: McGraw-Hill; 2001.
3. Sailer M, Homner L. The gamification of learning: a meta-analysis. Educational Psychology Review. 2020;32(1):77-112. https://doi.org/10.1007/s10648-019-09498-w
4. Wang AI, Tahir R. The effect of using Kahoot! for learning – A literature review. Computers & Education. 2020;149:103818. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103818
5. Reinders H, Wattana S. Affect and willingness to communicate in digital game-based learning. ReCALL. 2015;27(1):38-57. https://doi.org/10.1017/S0958344014000226
6. Godwin-Jones R. Games in language learning: Opportunities and challenges. Language Learning & Technology. 2014;18(2):9-19.
7. Deci EL, Ryan RM. The "what" and "why" of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. Psychological Inquiry. 2000;11(4):227-268. https://doi.org/10.1207/S15327965PLI1104_01

8. Dörnyei Z, Ushioda E. Teaching and Researching Motivation. 3rd ed. London: Routledge; 2021.
9. Ryan RM, Rigby CS, Przybylski A. The motivational pull of video games: A self-determination theory approach. Motivation and Emotion. 2006;30(4):344-360. https://doi.org/10.1007/s11031-006-9051-8
10. Krashen SD. The Input Hypothesis: Issues and Implications. London: Longman; 1985.
11. Bytheway J. A taxonomy of vocabulary learning strategies used in massively multiplayer online role-playing games. CALICO Journal. 2015;32(3):508-527. https://doi.org/10.1558/cj.v32i3.26787
12. Reinhardt J. Gameful Second and Foreign Language Teaching and Learning: Theory, Research, and Practice. London: Palgrave Macmillan; 2019.
13. Hung HT, Yang JC, Hwang GJ, Chu HC, Wang CC. A scoping review of research on digital game-based language learning. Computers & Education. 2018;126:89-104. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.07.001
14. Sundqvist P, Wikström P. Out-of-school digital gameplay and in-school L2 English vocabulary outcomes. System. 2015;51:65-76. https://doi.org/10.1016/j.system.2015.04.001
15. York J. Japanese students' perceptions of digital game use for English-language learning in higher education. Journal of Educational Computing Research. 2015;53(3):384-408. https://doi.org/10.1177/0735633115612785
16. Chen HJH, Yang TYC. The impact of adventure video games on foreign language learning and the perceptions of learners. Interactive Learning Environments. 2013;21(2):129-141. https://doi.org/10.1080/10494820.2012.705851
17. Ebrahimzadeh M, Alavi S. The effect of digital video games on EFL students' language learning motivation. Teaching English with Technology. 2017;17(2):87-112.
18. Peterson M. Learner interaction in a massively multiplayer online role playing game (MMORPG): A sociocultural discourse analysis. ReCALL. 2012;24(3):361-380. https://doi.org/10.1017/S0958344012000195
19. Rama PS, Black RW, van Es E, Warschauer M. Affordances for second language learning in World of Warcraft. ReCALL. 2012;24(3):322-338. https://doi.org/10.1017/S0958344012000171
20. Dehghanzadeh H, Fardanesh H, Hatami J, Talaee E, Noroozi O. Using gamification to support learning English as a second language: a systematic review. Computer Assisted Language Learning. 2021;34(7):934-957. https://doi.org/10.1080/09588221.2019.1648298
21. Chik A. Digital gaming and language learning: Autonomy and community. Language Learning & Technology. 2014;18(2):85-100.
22. Encarnación Lalangui JL. Gamificación y motivación en el aprendizaje del inglés como lengua extranjera en educación superior: una revisión sistemática. Revista Científica Multidisciplinaria InvestiGo. 2026;7(20):86-100. https://doi.org/10.56519/2j0r8659
23. Cronquist K, Fiszbein A. English Language Learning in Latin America. Washington, DC: The Dialogue; 2017.
24. González C, Quiroz B. English language teaching in Latin American higher education. Profile: Issues in Teachers' Professional Development. 2019;21(2):147-161. https://doi.org/10.15446/profile.v21n2.74385
25. Consejo de Educación Superior. Reglamento de Régimen Académico. Quito: CES; 2023.
26. Sylvén LK, Sundqvist P. Gaming as extramural English L2 learning and L2 proficiency among young learners. ReCALL. 2012;24(3):302-321. https://doi.org/10.1017/S095834401200016X

27. Encarnación Lalangui JL. Inteligencia artificial en la enseñanza del inglés para fines específicos en educación superior: una revisión narrativa. Revista Científica Multidisciplinaria InvestiGo. 2026;7(20):121-135. https://doi.org/10.56519/avngvn21
28. Hernández-Sampieri R, Mendoza CP. Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Ciudad de México: McGraw-Hill Education; 2018.
29. Davis FD. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. MIS Quarterly. 1989;13(3):319-340. https://doi.org/10.2307/249008
30. Cohen J. Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. 2nd ed. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum; 1988.
31. Noels KA, Pelletier LG, Clément R, Vallerand RJ. Why are you learning a second language? Motivational orientations and self-determination theory. Language Learning. 2000;50(1):57-85. https://doi.org/10.1111/0023-8333.00111
32. Mutlu E, Çimen SS. The relationship between English language learning motivation and being engaged in video games. Journal of Language Education. 2024;10(4):19-24.

InvestiGO Revista Científica Multidisciplinaria

ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Octubre 2026
Vol. 7 No. 21, PP. 421-435
https://doi.org/10.56519/99gqf538

# PERCEPCIONES ESTUDIANTILES SOBRE EL AULA INVERTIDA MEDIADA POR TECNOLOGÍA EN EL APRENDIZAJE DEL INGLÉS COMO LENGUA EXTRANJERA EN EDUCACIÓN SUPERIOR

# STUDENT PERCEPTIONS OF A TECHNOLOGY-MEDIATED FLIPPED CLASSROOM IN ENGLISH AS A FOREIGN LANGUAGE LEARNING IN HIGHER EDUCATION

Jorge Luis Encarnacion Lalangui[1], Tania Lisbeth Chicaiza Zambrano[2], Solange Pamela Cruz Ayala[3], Luis David Conejo Tandioy[4]

{jorgel.encarnacion@espoch.edu.ec[1], lisbeth.chicaiza@espoch.edu.ec[2], solange.cruz@udla.edu.ec[3], luis.conejo@unesum.edu.ec[4]}

Fecha de recepción: 05/09/2026 / Fecha de aceptación: 08/10/2026 / Fecha de publicación: 10/08/2026

**RESUMEN: En las carreras no lingüísticas de la educación superior ecuatoriana, el inglés suele cursarse como un requisito de titulación, lo que se traduce en escasa participación en clase y en niveles de motivación bajos. Frente a ese escenario, el aula invertida mediada por tecnología desplaza la exposición al contenido hacia el trabajo previo con recursos digitales y libera la hora presencial para la práctica interactiva. El presente trabajo analizó cómo valora el estudiantado una implementación de ese modelo en la asignatura de inglés. Se trabajó con un diseño cuantitativo, descriptivo y de corte transversal. Un cuestionario tipo Likert de 20 ítems fue respondido por 150 estudiantes de tres carreras de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Morona Santiago: Ingeniería Ambiental (n=54), Zootecnia (n=51) y Contabilidad y Auditoría (n=45). Las dimensiones evaluadas fueron utilidad percibida, satisfacción, autonomía, motivación y preferencia frente al modelo tradicional, con una fiabilidad global de α=0,89. Todas se situaron en el rango favorable, entre 3,68 y 3,95 sobre 5. El puntaje más alto correspondió a la satisfacción (M=3,95; DE=0,84) y el más bajo a la autonomía (M=3,68; DE=0,97). Únicamente la utilidad percibida mostró diferencias significativas entre carreras (F=3,84; p=0,023). Los hallazgos indican que este alumnado acoge con buena disposición el aula invertida para aprender inglés, si bien la gestión autónoma del trabajo previo sigue siendo el aspecto que demanda mayor acompañamiento pedagógico.**

***Palabras clave: Aula invertida, actitud del estudiante, inglés (segunda lengua), enseñanza superior, tecnología educativa, aprendizaje mixto***

[1]Docente Investigador, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Ecuador, ORCID: http://orcid.org/0009-0007-2420-9334
[2]Docente Investigador, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Ecuador, ORCID: http://orcid.org/0009-0004-6278-7563
[3]Docente Investigador, Universidad de Las Américas (UDLA), Ecuador, ORCID: http://orcid.org/0009-0002-3343-3016
[4]Docente Investigador, Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM), Ecuador, ORCID: http://orcid.org/0009-0006-8850-0107

**ABSTRACT: In non-linguistic programs within Ecuadorian higher education, English is usually taken as a graduation requirement, which tends to depress classroom participation and motivation. The technology-mediated flipped classroom responds to this by moving content exposure into pre-class work with digital resources and freeing face-to-face time for interactive practice. The present work analyzed how students assess such an implementation in their English course. A quantitative, descriptive, cross-sectional design was used. A 20-item Likert-type questionnaire was completed by 150 students from three programs at Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Morona Santiago: Environmental Engineering (n=54), Animal Science (n=51), and Accounting and Auditing (n=45). The dimensions assessed were perceived usefulness, satisfaction, autonomy, motivation, and preference over traditional instruction, with an overall reliability of α=0.89. All of them fell within the favorable range, between 3.68 and 3.95 out of 5. Satisfaction scored highest (M=3.95; SD=0.84) and autonomy lowest (M=3.68; SD=0.97). Only perceived usefulness differed significantly across programs (F=3.84; p=0.023). The findings indicate that these students receive the flipped classroom favorably as a way of learning English, although the autonomous management of pre-class work remains the aspect requiring the most pedagogical support.**

***Keywords: Flipped classroom, student attitudes, English (second language), higher education, educational technology, blended learning***

## INTRODUCCIÓN

English as a foreign language (EFL) teaching in higher education remains a persistent pedagogical challenge in the Latin American context, where student demotivation, limited exposure to the language outside the classroom, and heterogeneous proficiency levels hinder the development of effective communicative competence (1,2). In non-linguistic university programs, students tend to perceive English as a mandatory academic requirement rather than a relevant tool for their professional development, which negatively affects their motivation and active participation (3, 4). In Ecuador, the Academic Regime Regulation (5) establishes English proficiency as a graduation requirement; however, implementation conditions vary substantially across institutions, particularly in university campuses located in regions far from major urban centers.

Bergmann and Sams (6) described the flipped classroom as an inversion of the usual sequence of instruction: what would normally be delivered in the lecture moves to digital materials studied beforehand, and the session itself is given over to practice, collaboration, and application. Research on the model has accumulated steadily over the past decade (7, 8, 9). Its underlying premise is that class time becomes available for the higher-order cognitive work that genuinely requires teacher mediation: solving problems, practicing communication, receiving individualized feedback, and working together (10). Designs of this kind frequently incorporate digital quiz and response tools to sustain engagement and support formative self-assessment (11).

From a theoretical standpoint, the effectiveness of the flipped classroom has been explained primarily through two conceptual frameworks. Self-Determination Theory (SDT), developed by Deci and Ryan (12), posits that motivation depends on the satisfaction of three basic psychological

needs: autonomy, competence, and relatedness. The flipped classroom, by allowing students to manage their content exposure at their own pace and by fostering interaction during class, has the potential to satisfy these needs (13). Additionally, the Technology Acceptance Model (TAM), developed by Davis (14), proposes that the adoption of an educational technology depends on perceived usefulness and perceived ease of use. In the context of the technology-mediated flipped classroom, these variables largely determine students' willingness to engage with pre-class materials (15).

Empirical evidence on the flipped classroom in English language teaching has grown considerably. The meta-analysis by Vitta and Al-Hoorie (16), based on 56 reports and 4,220 participants, reported a large overall effect in favor of the flipped model over traditional instruction in language teaching (g=0.99), which shrank to a moderate effect (g=0.58) once the Trim and Fill procedure was applied to adjust for publication bias. Systematic reviews by Arslan (17) and Hava (18) found that most EFL studies report positive student perceptions, although they noted the scarcity of studies in Latin American contexts. Tran and Verezub (19) and Pongpanich et al. (20) confirmed positive effects on academic achievement, motivation, and satisfaction, but cautioned about the heterogeneity of research designs and the need to investigate diverse contexts. Aguayo et al. (21) explored student perspectives at a Chilean university and found that students valued scheduling flexibility and increased in-class interaction, but expressed difficulties with autonomous management of pre-class preparation time.

In Ecuador, studies on the flipped classroom in English language teaching remain limited. González-Urgilés et al. (22) implemented the model at a university in Cuenca with positive outcomes in speaking skill development, and Cantuña and Cañar (23) conducted a systematic review that revealed the scarcity of empirical studies and the geographic concentration of research in universities in the central-northern Sierra region. No studies have been identified that analyze student perceptions of the technology-mediated flipped classroom in higher education institutions in the Ecuadorian Amazon region. There the graduation requirement applies in the same terms as elsewhere in the country (5), yet connectivity conditions, linguistic diversity, and student profiles make it a distinctive setting for a model that already places considerable demands on university teaching (24).

The objective of this study was to analyze student perceptions of the implementation of a technology-mediated flipped classroom in EFL learning in higher education. The specific objectives were: (a) to identify perceptions across five dimensions: perceived usefulness, satisfaction, autonomy, motivation, and preference over traditional instruction; (b) to compare perceptions among students from three non-linguistic university programs; and (c) to determine which dimensions of the flipped classroom are most and least favorably rated by students.

# MATERIALES Y MÉTODOS

A quantitative, descriptive, cross-sectional design was employed (25), suitable for characterizing perceptions without variable manipulation.

The study took place at Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Sede Morona Santiago, in the Ecuadorian Amazon region. The accessible population consisted of the students taking English I through English IV in three non-linguistic programs. To be included, a student had to be enrolled in one of those courses, to have followed the eight-week implementation, and to have given consent. Every student who met those conditions was invited, so the sample was non-probabilistic and of the convenience type. No one was paid, penalized, or identified for taking part, and anyone could decline. By program, the distribution was as follows: Environmental Engineering (n=54; 36.0%), Animal Science (n=51; 34.0%), and Accounting and Auditing (n=45; 30.0%). There were 82 men (54.7%) and 68 women (45.3%). The age range was 18 to 26 years, with a mean of 20.8 (SD=1.74).

Items were drafted from the Technology Acceptance Model (14) and Self-Determination Theory (12), together with dimensions reported in previous flipped classroom research in EFL settings (17,19,21). Content validity was examined through expert judgment: three specialists in foreign language didactics and educational technology rated every item independently on a four-point scale (1 = not relevant to 4 = highly relevant) for relevance, clarity, and coherence with the construct. For each item the I-CVI was obtained by dividing the number of experts who rated it 3 or 4 by the total number of experts; averaging those values across the instrument yielded the S-CVI/Ave. Because the panel comprised only three experts, the acceptance threshold was set at an I-CVI of 1.00, so that only items with full agreement were retained: no item was discarded, five were reworded, and the final version reached S-CVI/Ave = 1.00. A pilot with 30 students from the same programs, none of whom entered the final sample, served to check that the wording was clear and the administration time reasonable; two items needed small adjustments afterwards.

The implementation lasted eight consecutive weeks and followed a fixed weekly cycle. Before each face-to-face session the materials for that week were posted on Moodle: a short explanatory video on the week's grammar and vocabulary, recorded by the instructor and hosted on YouTube; an interactive reading or a Genially presentation reinforcing the same content; and a Moodle self-assessment questionnaire. Students worked through this package on their own and could return to it as often as they wished. The classroom session then opened with a brief check of that preparatory work and with clarification of whatever difficulties had recurred. What remained of the period went to communicative tasks, collaborative activities, and problem-solving exercises framed within the subject matter of each program, with individual feedback along the way; the instructor no longer delivered content but acted as a facilitator. Once the eight weeks were over, the questionnaire was administered in person during class time.

The academic authorities of ESPOCH Sede Morona Santiago authorized the study. Every participant signed an informed consent form and was told that neither refusing nor withdrawing would carry academic consequences, and the ethical principles governing research with human

participants were observed throughout. One circumstance deserves explicit mention: the instructor who taught the implementation was also the researcher. To limit the pressure this created, questionnaires were anonymous, were completed with the instructor out of the room and were deposited in a sealed box, and students were assured that their answers could not be traced back to them and would not affect their grades. Such precautions reduce social desirability bias without eliminating it, a point taken up again in the limitations.

The data were processed in SPSS version 27. Means, standard deviations, and frequency distributions were obtained for every dimension and every item. Differences between the three programs were examined with one-way ANOVA, after checking normality with Shapiro-Wilk and homogeneity of variance with Levene's test; Tukey's HSD was used for post hoc contrasts and eta squared as the effect-size index. Course level and age group were likewise contrasted with one-way ANOVA, and sex with independent-samples t-tests. Associations among dimensions were examined with Pearson's r. Significance was set at $p<0.05$ throughout. Only the comparison between programs, which corresponds to the second specific objective, was planned as confirmatory. The contrasts by course level, sex, and age group, together with the correlation matrix, are exploratory; since no correction for multiple testing was applied, the familywise error rate exceeds the nominal 0.05 and those results are best read as generating hypotheses rather than testing them.

## RESULTADOS

Table 1 summarizes the structure of the questionnaire, and Table 2 presents the sociodemographic characteristics of the participants. The distribution by program was relatively balanced, with a slight predominance of Environmental Engineering (36.0%). Regarding the distribution by English course level, 38.0% were enrolled in English I, 28.7% in English II, 20.0% in English III, and 13.3% in English IV.

***Table 1. Structure of the questionnaire by dimensión.***

| Dimension | Items | Sample item | α |
|---|---|---|---|
| Perceived usefulness | 5 | "The flipped classroom allows me to review the material as many times as I need before class" | 0.87 |
| Satisfaction | 4 | "I feel more comfortable participating in class activities with the flipped classroom" | 0.91 |
| Learner autonomy | 4 | "I find it easy to organize my time to review material before class" | 0.83 |
| Motivation | 4 | "Interactive class activities motivate me to participate more" | 0.85 |
| Preference over traditional instruction | 3 | "I prefer class time to be devoted to practicing rather than just listening to explanations" | 0.81 |

***Note. α = Cronbach's alpha. N=150.***

***Table 2. Sociodemographic characteristics of participants.***

| Variable | n | % |
|---|---|---|
| Environmental Engineering | 54 | 36.0 |
| Animal Science | 51 | 34.0 |
| Accounting and Auditing | 45 | 30.0 |
| Male | 82 | 54.7 |
| Female | 68 | 45.3 |
| 18-20 years | 71 | 47.3 |
| 21-23 years | 58 | 38.7 |
| 24-26 years | 21 | 14.0 |
| English I | 57 | 38.0 |
| English II | 43 | 28.7 |
| English III | 30 | 20.0 |
| English IV | 20 | 13.3 |

***Note. N=150.***

Student satisfaction with each type of digital resource used in the pre-class phase was also analyzed (Table 3). Instructor-created explanatory videos uploaded to YouTube received the highest satisfaction rating (M=4.15; SD=0.78). Moodle self-assessment quizzes also scored well (M=3.92; SD=0.85). Interactive Genially presentations (M=3.88; SD=0.89), used by 86.7% of students, drew favorable ratings. Resources with the lowest satisfaction were English-language podcasts (M=3.48; SD=1.02), used by fewer than half of the students, and Moodle discussion forums (M=3.55; SD=0.98). A possible explanation for the lower satisfaction with podcasts is the listening demand they place on students in introductory course levels, although this hypothesis would require verification through additional data.

***Table 3. Digital resources used and satisfaction level.***

| Digital resource | Use (%) | M satisf. | SD |
|---|---|---|---|
| Instructor videos (YouTube) | 100.0 | 4.15 | 0.78 |
| Moodle quizzes | 100.0 | 3.92 | 0.85 |
| Genially presentations | 86.7 | 3.88 | 0.89 |
| Digital readings | 78.0 | 3.62 | 0.96 |
| Moodle forums | 72.0 | 3.55 | 0.98 |
| English podcasts | 45.3 | 3.48 | 1.02 |

***Note. N=150. Scale 1-5. Use (%) = percentage of students who reported using the resource. Satisfaction means were calculated only among students who reported using each resource; therefore, the denominator varies by resource.***

Table 4 presents the descriptive results by questionnaire dimension. Mean scores across all five dimensions exceeded 3.50 out of 5, indicating favorable perceptions. The dimension with the highest mean was satisfaction with the methodology (M=3.95; SD=0.84), followed by preference over traditional instruction (M=3.91; SD=0.93). Learner autonomy registered the lowest mean (M=3.68; SD=0.97).

***Table 4. Student perceptions by dimensión.***

| Dimension | M | SD | α |
|---|---|---|---|
| Perceived usefulness | 3.82 | 0.91 | 0.87 |
| Satisfaction | 3.95 | 0.84 | 0.91 |
| Autonomy | 3.68 | 0.97 | 0.83 |
| Motivation | 3.74 | 0.89 | 0.85 |
| Preference | 3.91 | 0.93 | 0.81 |
| Overall | 3.82 | 0.88 | 0.89 |

***Note. M=mean; SD=standard deviation; α=Cronbach's alpha. Scale 1-5. N=150. Dimension means were computed from raw item responses.***

In the perceived usefulness dimension (Table 5), the highest-rated item was "The flipped classroom allows me to review the material as many times as I need before class" (M=4.12; SD=0.83). The lowest-rated item was "I consider that the flipped classroom better prepares me for real-life English use situations" (M=3.52; SD=1.01). Flexible access to the materials, then, was what students valued most, while they were more reserved about whether that learning carried over into authentic communicative situations.

***Table 5. Items of the perceived usefulness dimensión.***

| Item | M | SD |
|---|---|---|
| Review material as many times as needed | 4.12 | 0.83 |
| Videos and resources facilitate comprehension | 3.98 | 0.87 |
| Greater preparation for face-to-face class | 3.85 | 0.92 |
| Better grammar and vocabulary comprehension | 3.62 | 0.95 |
| Preparation for real-life use situations | 3.52 | 1.01 |

***Note. Scale 1-5. N=150.***

In the satisfaction dimension (Table 6), the highest-rated item was "I feel more comfortable participating in class activities with the flipped classroom" (M=4.08; SD=0.79). This is consistent with the rationale of the flipped model, under which class time spent on practice rather than exposition lowers the evaluative pressure students perceive; the instrument, however, did not measure that construct directly. Items on class organization (M=3.89) and clarity of instructions (M=3.85) scored slightly lower, which may point to some initial difficulty in adjusting to the new classroom format, a difficulty already documented elsewhere (7, 19).

***Table 6. Items of the satisfaction dimensión.***

| Item | M | SD |
|---|---|---|
| I feel more comfortable participating | 4.08 | 0.79 |
| Satisfied with variety of resources | 3.97 | 0.86 |
| Good class organization | 3.89 | 0.84 |
| Clear instructions | 3.85 | 0.88 |

***Note. Scale 1-5. N=150.***

Autonomy was the dimension with the lowest overall mean (M=3.68; SD=0.97). Among its items (Table 7), "I find it easy to organize my time to review material before class" received the lowest rating of the whole questionnaire (M=3.38; SD=1.12). This finding is consistent with a widely reported difficulty of the flipped classroom: managing pre-class preparation time autonomously is hard for students who have not developed self-regulation skills (7, 19). The high standard deviation of this dimension (SD=0.97), the highest in the instrument, indicates considerable response dispersion.

***Table 7. Items of the autonomy dimensión.***

| Item | M | SD |
|---|---|---|
| Proceed at my own pace | 3.92 | 0.88 |
| Identify difficulties before class | 3.78 | 0.93 |
| Make decisions about my learning | 3.65 | 0.95 |
| Organize my pre-class review time | 3.38 | 1.12 |

***Note. Scale 1-5. N=150.***

In the motivation dimension (Table 8), the item with the highest mean was "Interactive class activities motivate me to participate more" (M=3.95; SD=0.82). The lowest score corresponded to "I feel that the flipped classroom has increased my interest in learning English outside of class hours" (M=3.45; SD=1.06). The gap between the two items is telling: motivation was reported within the academic setting, but the transfer students perceived toward independent study of English outside class was more limited.

***Table 8. Items of the motivation dimensión.***

| Item | M | SD |
|---|---|---|
| Interactive activities motivate participation | 3.95 | 0.82 |
| Technology makes English more interesting | 3.86 | 0.88 |
| Greater confidence to express myself | 3.71 | 0.91 |
| Greater interest in English outside class | 3.45 | 1.06 |

***Note. Scale 1-5. N=150.***

The preference over traditional instruction dimension (Table 9) obtained an overall mean of 3.91 (SD=0.93). The item "I prefer class time to be devoted to practicing rather than just listening to explanations" obtained the highest mean of the entire questionnaire (M=4.18; SD=0.76). The item that scored lowest in this dimension was "I would recommend the flipped classroom for other courses" (M=3.72; SD=1.05), which suggests a degree of caution: valuing the model in their English course did not lead all students to assume it would work equally well in other subjects.

***Table 9. Items of the preference dimension***

| Item | M | SD |
|---|---|---|
| Prefer practicing over listening | 4.18 | 0.76 |
| Learn more with flipped classroom | 3.82 | 0.98 |
| Would recommend for other courses | 3.72 | 1.05 |

***Note. Scale 1-5. N=150.***

Table 10 presents the comparison by program. The ANOVA revealed statistically significant differences only in perceived usefulness ($F(2,147)=3.84$; $p=0.023$; $\eta^2=0.05$). Tukey's post hoc test indicated that the difference occurred between Environmental Engineering (M=4.02; SD=0.85) and Accounting and Auditing (M=3.58; SD=0.94) (p=0.019). The effect size was small according to Cohen's criterio (26), indicating that the program accounts for approximately 5% of the variance in this dimension. In the remaining dimensions, differences did not reach statistical significance ($p>0.05$).

***Table 10. Comparison of means by program (ANOVA).***

| Dimension | Env.Eng.(M) | Anim.Sc.(M) | Acc.Aud.(M) | F | p |
|---|---|---|---|---|---|
| Perceived usefulness | 4.02 | 3.81 | 3.58 | 3.84 | 0.023* |
| Satisfaction | 4.05 | 3.94 | 3.82 | 1.52 | 0.222 |
| Autonomy | 3.78 | 3.68 | 3.55 | 1.18 | 0.310 |
| Motivation | 3.85 | 3.72 | 3.62 | 1.34 | 0.265 |
| Preference | 4.01 | 3.90 | 3.78 | 1.21 | 0.301 |

***Note. *p<0.05. Tukey post hoc: Env.Eng. vs Acc.Aud. (p=0.019). $\eta^2=0.05$. N=150.***

Perceptions were also analyzed by English course level (Table 11). Students enrolled in higher course levels (English III-IV, n=50) obtained slightly higher overall means (M=3.94; SD=0.82) than those in introductory courses (English I-II, n=100; M=3.76; SD=0.91), although this difference did not reach statistical significance ($F(1,148)=2.14$; $p=0.146$). The dimension where this trend was most evident was autonomy (M=3.85 vs. M=3.60), a difference that, while not significant, is consistent with the hypothesis that students further along in their studies may have had more opportunity to develop self-regulatory skills.

***Table 11. Comparison of means by English course level.***

| Dimension | English I-II(M) | English III-IV(M) | F | p |
|---|---|---|---|---|
| Perceived usefulness | 3.75 | 3.96 | 2.31 | 0.131 |
| Satisfaction | 3.90 | 4.05 | 1.28 | 0.260 |
| Autonomy | 3.60 | 3.85 | 2.89 | 0.091 |
| Motivation | 3.68 | 3.86 | 1.85 | 0.176 |
| Preference | 3.86 | 4.01 | 1.22 | 0.271 |
| Overall | 3.76 | 3.94 | 2.14 | 0.146 |

***Note. English I-II: n=100; English III-IV: n=50. No significant differences at p<0.05.***

Perceptions by sex (Table 12) showed no statistically significant differences in any dimension ($p>0.05$). The absence of detected differences does not establish that sex is irrelevant to these perceptions, but it is consistent with what was reported by Tran and Verezub (19).

*Table 12. Comparison of means by sex (t-test).*

| Dimension | Male(M) | Female(M) | t | p |
|---|---|---|---|---|
| Perceived usefulness | 3.79 | 3.86 | 0.45 | 0.654 |
| Satisfaction | 3.89 | 4.02 | 0.92 | 0.359 |
| Autonomy | 3.65 | 3.72 | 0.41 | 0.682 |
| Motivation | 3.67 | 3.82 | 1.01 | 0.314 |
| Preference | 3.96 | 3.85 | 0.68 | 0.498 |
| Overall | 3.79 | 3.85 | 0.52 | 0.604 |

*Note. Male n=82; Female n=68. df=148. No significant differences.*

Table 13 displays the percentage distribution of responses. Overall, 68.4% of responses fell in the agreement category, 18.7% were neutral, and 12.9% expressed disagreement. The dimension with the highest agreement percentage was satisfaction (72.3%). The dimension with the highest disagreement percentage was autonomy (17.2%), consistent with the lowest mean observed in this dimension.

*Table 13. Percentage distribution of responses by dimensión.*

| Dimension | Disagree % | Neutral % | Agree % |
|---|---|---|---|
| Perceived usefulness | 12.4 | 19.2 | 68.4 |
| Satisfaction | 10.1 | 17.6 | 72.3 |
| Autonomy | 17.2 | 20.5 | 62.3 |
| Motivation | 13.8 | 19.4 | 66.8 |
| Preference | 11.5 | 17.7 | 70.8 |
| Overall | 12.9 | 18.7 | 68.4 |

***Note. Disagree=options 1-2; Neutral=option 3; Agree=options 4-5. N=150. Because the dimensions comprise different numbers of items (between three and five), the overall row is a descriptive summary across dimensions rather than an exact aggregate of individual responses.***

Pearson correlations were calculated among the five dimensions (Table 14). All correlations were positive and significant ($p<0.01$). The strongest associations were observed between satisfaction and preference ($r=0.68$; $p<0.001$) and between motivation and satisfaction ($r=0.62$; $p<0.001$). The weakest correlation occurred between autonomy and perceived usefulness ($r=0.34$; $p<0.001$). These positive associations indicate that the five dimensions form part of a coherent overall assessment of the flipped classroom; however, inter-dimensional correlations do not in themselves constitute evidence of construct validity, which would require factor analysis.

*Table 14. Pearson correlations among dimensions.*

| | PU | SAT | AUT | MOT | PREF |
|---|---|---|---|---|---|
| Usefulness (PU) | — | 0.55** | 0.34** | 0.48** | 0.52** |
| Satisfaction (SAT) | | — | 0.41** | 0.62** | 0.68** |
| Autonomy (AUT) | | | — | 0.39** | 0.36** |
| Motivation (MOT) | | | | — | 0.57** |

| | |
|---|---|
| Preference (PREF) | — |

***Note. **p<0.01. N=150.***

An analysis by age group was also conducted (Table 15). Differences were not significant (F(2,147)=0.42; p=0.659). A slight trend was observed: older students reported marginally higher means in autonomy (M=3.81 vs. M=3.62), a difference that could hypothetically be associated with greater experience in time management, a variable that was not measured in this study.

***Table 15. Comparison of means by age group.***

| Age group | n | Overall M | SD | Autonomy M |
|---|---|---|---|---|
| 18-20 years | 71 | 3.78 | 0.90 | 3.62 |
| 21-23 years | 58 | 3.85 | 0.86 | 3.72 |
| 24-26 years | 21 | 3.88 | 0.84 | 3.81 |

***Note. F(2,147)=0.42; p=0.659. N=150.***

# DISCUSIÓN

The results of this study indicate that university students in non-linguistic programs at ESPOCH Sede Morona Santiago reported favorable perceptions toward the technology-mediated flipped classroom for English learning, with means ranging from 3.68 to 3.95 out of 5. These findings are consistent with evidence reported by Vitta and Al-Hoorie (16) and with the results of Arslan (17), who documented predominantly positive perceptions in university EFL contexts. It is important to emphasize that the present study did not include a control group, pretest, or posttest of language proficiency; therefore, the results reflect student perceptions and do not allow conclusions about the model's effectiveness in terms of learning outcomes.

Satisfaction was the highest-rated dimension (M=3.95), converging with Hung (27), who reported high satisfaction among Taiwanese EFL learners, and with the pattern described by Tran and Verezub (19). The convergence is notable because those studies were conducted in settings with reliable connectivity and established blended-learning cultures, whereas the present sample operated under less favorable infrastructural conditions. A tentative reading is that a favorable reception of the model does not require an optimal technological context, although infrastructure was not measured here and the point remains a conjecture. Within the SDT framework of Deci and Ryan (12), a possible explanation is that the flipped classroom, by devoting class time to interactive practice, may facilitate the satisfaction of the need for relatedness through collaborative work. However, this interpretation is an explanatory hypothesis that was not directly measured in the present study, as the instrument did not operationalize intrinsic motivation through a specific scale such as that of Noels et al. (28). The item with the highest mean in the entire instrument ("I prefer class time to be devoted to practicing," M=4.18) reinforces this trend and is consistent with findings reported by Aguayo et al. (21) in the Chilean context.

Autonomy was the dimension with the lowest mean (M=3.68). The item regarding time organization obtained the lowest score in the questionnaire (M=3.38). This result coincides with one of the most documented challenges of the flipped classroom: Akçayır and Akçayır (7) identified lack of prior preparation as a recurrent obstacle across disciplines, and Chen Hsieh et al. (29) found that students with lower self-regulation tend not to complete pre-class activities. The present data diverge from these studies in one respect: whereas they attribute the difficulty primarily to motivational factors, the lowest-scoring item here concerned time organization specifically rather than willingness, which points to a problem of study-management skills rather than engagement. At ESPOCH Sede Morona Santiago, the connectivity limitations affecting some students from rural areas of the Ecuadorian Amazon could contribute to this difficulty, but that circumstance was not measured here and the possibility therefore remains untested.

The significant differences in perceived usefulness between Environmental Engineering and Accounting and Auditing ($p=0.023$) may be interpreted through the TAM framework of Davis (14): a possible explanation, which would require empirical verification, is that Environmental Engineering students, whose training includes a technical-scientific component in English, may perceive a more direct utility of English for their professional practice. This hypothesis is consistent with evidence on English for Specific Purposes (30, 31, 32), although testing it would require a dedicated research design.

Several limitations should temper the reading of these results. Being cross-sectional, the design cannot establish causal relationships or trace how perceptions evolve over time. The sample was drawn by convenience from a single campus of a single institution, so the findings do not generalize beyond it. Perceptions were captured by self-report alone, with no qualitative triangulation and no objective measure of language proficiency. Neither a control group nor a pretest-posttest of proficiency was included, so there is no way of knowing whether the flipped classroom produced real gains in students' communicative competence. The evidence behind the instrument also has limits: the five-dimension structure rests on theoretical grounds and on the I-CVI and S-CVI values obtained from expert judgment, which document agreement among judges rather than construct validity, while Cronbach's alpha speaks only to internal consistency. No factor analysis was performed, and a confirmatory analysis on an independent sample would be the natural next step for testing the proposed structure. A further caveat concerns the evaluation itself: it followed an implementation delivered by the teacher-researcher, which leaves room for social desirability in the responses. Finally, running several statistical tests without correction raises the probability of Type I error. Work along these lines would benefit from quasi-experimental designs with control groups, objective proficiency measures, confirmatory factor analysis, mixed methods, and samples drawn from more than one institution.

## CONCLUSIONES

The perceptions of 150 students from three non-linguistic programs at ESPOCH Sede Morona Santiago support the conclusions set out below, which hold for the context and scope of this study. On the first specific objective, the five dimensions were all rated favorably, with an overall mean of 3.82 out of 5. Satisfaction with the methodology and preference over traditional

instruction stood at the top, a sign that students welcomed having class time reallocated to practical work. Learner autonomy came last, and its weakest item was the organization of time for reviewing material before class; this is where accompanying the flipped classroom with explicit support for self-regulation appears most worthwhile.

On the second specific objective, the programs differed significantly only in perceived usefulness ($F(2,147)=3.84$; $p=0.023$; $\eta^2=0.05$), with Environmental Engineering above Accounting and Auditing. As argued in the discussion, a plausible reading is that students whose field makes more direct professional use of English perceive greater utility in the model; the effect size was small, so the finding should be read as suggestive rather than conclusive.

On the third specific objective, satisfaction and preference over traditional instruction were the best-rated dimensions and learner autonomy the weakest; within motivation, the lowest-scoring item was the one on interest in English outside class hours. Students thus valued the face-to-face experience more highly than the components they had to manage on their own, which points to the pre-class phase as the element most in need of pedagogical scaffolding. None of this licenses claims about the causal efficacy of the flipped classroom. What it does offer is descriptive evidence on student perceptions from a higher education setting in the Ecuadorian Amazon, a context largely absent from the flipped learning literature and one whose infrastructural and sociolinguistic conditions differ from those in which the model was developed and has been most extensively tested. It also provides a reasonable basis for pedagogical decisions in universities of that region.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. González C, Quiroz B. English language teaching in Latin American higher education: challenges and opportunities. Profile: Issues in Teachers' Professional Development. 2019;21(2):147-161. https://doi.org/10.15446/profile.v21n2.74385
2. Cronquist K, Fiszbein A. English Language Learning in Latin America. Washington, DC: The Dialogue; 2017.
3. Dörnyei Z, Ushioda E. Teaching and Researching Motivation. 3rd ed. London: Routledge; 2021.
4. Lamb M. Motivational Dimensions of Language Teaching. Language Teaching. 2017;50(3):301-346. https://doi.org/10.1017/S0261444817000088
5. Consejo de Educación Superior. Reglamento de Régimen Académico. Quito: CES; 2023.
6. Bergmann J, Sams A. Flip Your Classroom: Reach Every Student in Every Class Every Day. Washington, DC: ISTE; 2012.
7. Akçayır G, Akçayır M. The flipped classroom: A review of its advantages and challenges. Computers & Education. 2018;126:334-345. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.07.021
8. Bener E. Flipping EFL classes in higher education: A systematic review. Language Education and Technology. 2021;1(2):90-109.

9. Zainuddin Z, Halili SH. Flipped classroom research and trends from different fields of study. International Review of Research in Open and Distributed Learning. 2016;17(3):313-340. https://doi.org/10.19173/irrodl.v17i3.2274
10. Hamdan N, McKnight P, McKnight K, Arfstrom KM. A Review of Flipped Learning. Arlington, VA: Flipped Learning Network; 2013.
11. Wang AI, Tahir R. The effect of using Kahoot! for learning – A literature review. Computers & Education. 2020;149:103818. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103818
12. Deci EL, Ryan RM. The "what" and "why" of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. Psychological Inquiry. 2000;11(4):227-268. https://doi.org/10.1207/S15327965PLI1104_01
13. Abeysekera L, Dawson P. Motivation and cognitive load in the flipped classroom: definition, rationale and a call for research. Higher Education Research & Development. 2015;34(1):1-14. https://doi.org/10.1080/07294360.2014.934336
14. Davis FD. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. MIS Quarterly. 1989;13(3):319-340. https://doi.org/10.2307/249008
15. Lai CL, Hwang GJ. A self-regulated flipped classroom approach to improving students' learning performance in a mathematics course. Computers & Education. 2016;100:126-140. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.05.006
16. Vitta JP, Al-Hoorie AH. The flipped classroom in second language learning: A meta-analysis. Language Teaching Research. 2023;27(5):1268-1292. https://doi.org/10.1177/1362168820981403
17. Arslan A. A systematic review on flipped learning in teaching English as a foreign or second language. Journal of Language and Linguistic Studies. 2020;16(2):775-797. https://doi.org/10.17263/jlls.759297
18. Hava K. A systematic review of flipped learning in EFL education. Malaysian Online Journal of Educational Technology. 2024;12(4):175-192.
19. Tran Q, Verezub E. Teaching English as a Foreign Language in Higher Education using flipped learning: A literature review. Innovation in Language Learning and Teaching. 2024;18(4):332-351. https://doi.org/10.1080/17501229.2024.2302984
20. Pongpanich W, Chomthong W, Choeykhunthot A, Tammati K, Rangkharat P, Jantakoon T. Exploring flipped classrooms in EFL teaching: A comprehensive systematic review. Higher Education Studies. 2025;15(2):23. https://doi.org/10.5539/hes.v15n2p23
21. Aguayo M, Bravo M, Nocetti A, Concha L, Aburto R. Perspectiva estudiantil del modelo pedagógico flipped classroom o aula invertida en el aprendizaje del inglés como lengua extranjera. Revista Educación. 2019;43(1):97-112. https://doi.org/10.15517/revedu.v43i1.31529
22. González-Urgilés MC, García-Herrera DG, Cárdenas-Cordero NM, Erazo-Álvarez JC. Aula invertida para el desarrollo del speaking en la enseñanza del inglés. Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía. 2020;5(1):242-268.
23. Cantuña A, Cañar C. Revisión sistemática del aula invertida en el Ecuador: aproximación al estado del arte. Estudios Pedagógicos. 2020;46(3):45-58. https://doi.org/10.4067/S0718-07052020000300045
24. González Zamar MD, Abad Segura E. El aula invertida: un desafío para la enseñanza universitaria. Virtualidad, Educación y Ciencia. 2020;11(20):75-91.

25. Hernández-Sampieri R, Mendoza CP. Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Ciudad de México: McGraw-Hill Education; 2018.
26. Cohen J. Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. 2nd ed. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum; 1988.
27. Hung HT. Flipping the classroom for English language learners to foster active learning. Computer Assisted Language Learning. 2015;28(1):81-96. https://doi.org/10.1080/09588221.2014.967701
28. Noels KA, Pelletier LG, Clément R, Vallerand RJ. Why are you learning a second language? Motivational orientations and self-determination theory. Language Learning. 2000;50(1):57-85. https://doi.org/10.1111/0023-8333.00111
29. Chen Hsieh JS, Wu WCV, Marek MW. Using the flipped classroom to enhance EFL learning. Computer Assisted Language Learning. 2017;30(1-2):1-21. https://doi.org/10.1080/09588221.2015.1111910
30. Basturkmen H. Developing Courses in English for Specific Purposes. 2nd ed. London: Palgrave Macmillan; 2010.
31. Hyland K. English for Academic Purposes: An Advanced Resource Book. London: Routledge; 2006.
32. Encarnación Lalangui JL. Inteligencia artificial en la enseñanza del inglés para fines específicos en educación superior: una revisión narrativa. Revista Científica Multidisciplinaria InvestiGo. 2026;7ttps://doi.org/10.56519/avngvn21

ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Octubre 2026
Vol. 7 No. 21, PP. 436-465
https://doi.org/10.56519/aewee134

# IMPORTANCIA DE LA TINCIÓN CHRISTMAS TREE EN LA IDENTIFICACIÓN DE ESPERMATOZOIDES: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA

# IMPORTANCE OF CHRISTMAS TREE STAINING IN SPERM IDENTIFICATION: A SYSTEMATIC REVIEW OF THE LITERATURE

Madelyn Liset Martínez Cevallos[1], Verónica Paulina Cáceres Manzano[2]

{madelynl.martinez@unach.edu.ec[1], vcaceres@unach.edu.ec[2]}

Fecha de recepción: 02/10/2026 / Fecha de aceptación: 08/10/2026 / Fecha de publicación: 14/10/2026

**RESUMEN: La identificación microscópica de espermatozoides es un tipo de análisis aplicado a evidencias asociadas con agresiones sexuales, especialmente cuando las muestras contienen mezclas celulares, poca carga espermática o signos de degradación. Entre los métodos disponibles, la tinción Kernechtrot–picroindigocarmine (KPIC), también conocida como Christmas Tree, facilita la distinción morfológica de la cabeza y la cola del espermatozoide mediante una coloración contrastante. Esta revisión tuvo como objetivo evaluar y sintetizar la evidencia científica existente sobre la utilidad analítica y operativa de la tinción KPIC para la detección microscópica de espermatozoides. Se llevó a cabo una revisión sistemática siguiendo el protocolo PRISMA 2020 y al marco PICOS. Se consultó las bases de datos Scopus, PubMed, Web of Science y Google Scholar, sin restricción de año o idioma. Se recuperó 95 registros iniciales, se eliminó 38 duplicados, se examinó 57 publicaciones y se incluyeron 13 estudios después de la evaluación a texto completo. Los resultados indicaron que KPIC es eficaz para reconocer espermatozoides, ya sean escasos, diluidos, fragmentados, presentes en fondos celulares complejos. No obstante, la heterogeneidad metodológica impidió estimar métricas combinadas de sensibilidad, especificidad y exactitud. La cantidad y calidad de las células observables se vieron afectadas por factores como el tiempo, el tipo de sustrato, la eficiencia de recuperación y la presencia de contaminantes. En comparación con otros métodos, KPIC mostró ventajas de costo, accesibilidad, contraste morfológico y compatibilidad con análisis genéticos posteriores, mientras que su dependencia del observador y la menor automatización fueron limitaciones. En conclusión, KPIC sigue siendo útil para identificar células espermáticas, pero debe complementarse con marcadores seminales, medidas de control de calidad y análisis genéticos para fundamentar una interpretación forense contextualizada.**

[1]Posgradista Universidad Nacional Chimborazo (UNACH), maestría en criminalística y ciencias forenses, , https://orcid.org/0009-0001-1635-4562
[2]Universidad Nacional Chimborazo (UNACH), https://orcid.org/0000-0001-5710-5661

***Palabras clave: Agresión sexual; espermatozoides; identificación forense; Kernechtrot-picroindigocarmín; semen; árbol de navidad tinción***

**ABSTRACT: Microscopic sperm identification is a type of analysis applied to evidence associated with sexual assault, especially when samples contain cell mixtures, low sperm load, or signs of degradation. Among the available methods, Kernechtrot–picroindigocarmine (KPIC) staining, also known as Christmas Tree, facilitates the morphological distinction of the sperm head and tail by contrasting coloration. This review aimed to evaluate and synthesize the existing scientific evidence on the analytical and operational utility of KPIC staining for microscopic sperm detection. A systematic review was conducted following the PRISMA 2020 protocol and the PICOS framework. Scopus, PubMed, Web of Science, and Google Scholar databases were consulted, with no year or language restriction. 95 initial records were retrieved, 38 duplicates were removed, 57 publications were examined, and 13 studies were included after full-text evaluation. The results indicated that KPIC is effective in recognizing sperm, whether scarce, diluted, fragmented, present in complex cell backgrounds. However, methodological heterogeneity prevented estimating combined metrics of sensitivity, specificity, and accuracy. The quantity and quality of observable cells were affected by factors such as time, substrate type, recovery efficiency, and the presence of contaminants. Compared to other methods, KPIC showed advantages in cost, accessibility, morphological contrast, and compatibility with subsequent genetic analyses, while its observer dependence and reduced automation were limitations. In conclusion, KPIC is still useful for identifying sperm cells, but it should be complemented with seminal markers, quality control measures, and genetic analyses to support contextualized forensic interpretation.**

***Keywords: Sexual Assault; sperm; forensic identification; Kernechtrot picroindigocarmine; semen; christmas tree stain***

## INTRODUCCIÓN

La biología forense es un campo interdisciplinario que utiliza conocimientos celulares, bioquímicos y moleculares en el análisis de pruebas biológicas vinculados con hechos investigativos. A partir de esta información se puede establecer la naturaleza y el tejido procedente de una evidencia. Así que, se debe elegir el método analítico más adecuado para asegurar unos resultados fiables (1,2). Mientras que el análisis de ADN puede vincular una muestra con un individuo, determinar su naturaleza biológica posibilita establecer si el material analizado es compatible con sangre, saliva, semen u otro tejido (3,4). Este dato es particularmente relevante en la investigación de delitos sexuales, donde las muestras suelen contener mezclas de células del presunto agresor y de la víctima (5).

La detección de semen o espermatozoides contribuye a corroborar la existencia de contacto sexual, seleccionar las muestras con mayor potencial probatorio y definir la estrategia de separación celular y análisis genético más apropiada (6,7). El semen es una matriz biológica heterogénea integrada por una fracción celular, constituida principalmente por

espermatozoides y otras células presentes en el tracto reproductor, y una fracción acelular o plasma seminal, que contiene proteínas, enzimas y otros componentes secretados por las glándulas sexuales accesorias. Esta distinción es analíticamente relevante, dado que las pruebas forenses pueden dirigirse a componentes diferentes: la microscopía busca espermatozoides, mientras que los ensayos bioquímicos, inmunológicos o moleculares detectan sustancias del plasma seminal o marcadores cuya expresión se asocia con células espermáticas o tejido prostático (6,8).

Las muestras procedentes de delitos sexuales rara vez presentan condiciones ideales (recolectada oportunamente, procedimiento adecuado, cantidad suficiente, sustrato de fácil recuperación), pues pueden contener pocos espermatozoides, abundantes células epiteliales, microorganismos, lubricantes, sangre menstrual, residuos del soporte y otros materiales capaces de interferir en su examen (5,9). A ello se suman la dilución, el lavado, la degradación, el tiempo transcurrido desde la deposición y las variaciones biológicas del donante, como oligospermia, azoospermia, infertilidad o vasectomía. Se ha demostrado que la condición de infertilidad puede interferir en el funcionamiento de los paneles de ARN mensajero dirigidos a los marcadores seminales o espermáticos, por lo que ningún marcador aislado representa de forma uniforme todas las condiciones biológicas del semen (8).

La evaluación forense del semen normalmente se lleva a cabo como un proceso secuencial y complementario que incluye la exposición de posibles manchas, la aplicación de pruebas de orientación, la identificación de componentes seminales o espermatozoides y, por último, el análisis genético. Las fuentes de luz, como UV-A y bandas visibles violeta, azul o azul-verde, pueden facilitar la localización inicial de áreas sospechosas, aunque la fluorescencia no es exclusiva del semen y depende del sustrato, de la antigüedad y de las condiciones de la muestra (10). La prueba de fosfatasa ácida se utiliza como ensayo presuntivo porque esta enzima se encuentra en concentraciones elevadas en el plasma seminal, sin embargo, también puede estar presente en otros materiales biológicos y su actividad puede disminuir por degradación, lavado o exposición química, por lo que un resultado positivo requiere evaluación posterior y uno negativo no excluye semen (11,12).

Los ensayos inmunocromatográficos y la tinción Christmas Tree responden a preguntas analíticas diferentes dentro del examen forense. En el esquema operativo del Servicio Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, la detección de P30 o antígeno prostático específico se emplea para determinar cualitativamente la presencia de líquido seminal, incluso en muestras procedentes de individuos azoospérmicos o vasectomizados; se considera positivo un resultado con concentraciones superiores a 4 ng/mL. No obstante, un resultado negativo puede deberse a una concentración inferior al umbral de detección o al efecto prozona ocasionado por concentraciones elevadas de P30, mientras que la orina masculina, especialmente la obtenida después de la eyaculación, puede producir resultados positivos (3,6).

En contraste, la tinción Christmas Tree es un método para demostrar la presencia de espermatozoides a través de la identificación de sus particularidades morfológicas: núcleo rojo

intenso, acrosoma rosado pálido y cola verde. No obstante, el procesamiento y la degradación de las muestras pueden ocasionar morfologías atípicas o la pérdida de la cola, por lo que su interpretación debe ser realizada por personal calificado y experimentado. Así, un resultado positivo para P30 junto con microscopía negativa no siempre constituye una discordancia, sino que puede reflejar la presencia de plasma seminal sin espermatozoides detectables. La interpretación forense, primero, debe reunir las observaciones de ambos ensayos junto con las características y las condiciones de la muestra antes de que se lleve a cabo un análisis genético que ofrezca evidencia de los posibles orígenes de dicho material biológico (4,13).

Se destaca la tinción de Kernechtrot–picroindigocarmine, conocida también como KPIC o tinción Christmas Tree, entre los métodos citológicos empleados para facilitar la visualización de espermatozoides. Este procedimiento se realiza a través del uso de Nuclear Fast Red, que también se le llama Kernechtrot y picroindigocarmine: el primer reactivo tiñe de rojo el material nuclear, mientras que el segundo genera tonalidades verdes o azul-verdosas en el citoplasma, las membranas celulares y la cola espermática (14). La identificación no depende únicamente del color, sino de la valoración conjunta del tamaño, la forma ovalada y aplanada de la cabeza, la diferenciación acrosómica, el punto de inserción del cuello y la presencia eventual de la pieza intermedia y la cola (7,15).

La principal utilidad forense de KPIC reside en que permite observar directamente estructuras celulares compatibles con espermatozoides y estimar su abundancia antes de seleccionar procedimientos posteriores. Los primeros estudios de dilución demostraron que la tinción podía facilitar la detección de espermatozoides presentes en concentraciones reducidas cuando se realizaba una búsqueda microscópica sistemática, mientras que su comparación con hematoxilina-eosina y fucsina alcalina mostró un mejor desempeño relativo durante las primeras 72 horas posteriores al contacto sexual (14,15). En los flujos analíticos actuales, el número de espermatozoides observados puede orientar la decisión entre extracción diferencial, procesamiento conjunto de la muestra o priorización de marcadores del cromosoma Y, con el propósito de reducir la pérdida de ADN masculino y mejorar la resolución de mezclas (7,16).

La microscopía también ha conservado utilidad en materiales sometidos a condiciones adversas. Se han observado espermatozoides después del lavado repetido de tejidos y tras la desinfección con ozono, incluso cuando algunas pruebas presuntivas o inmunológicas redujeron su respuesta (11,12). Asimismo, se ha recuperado ADN de portaobjetos históricos previamente teñidos, lo que muestra que estos preparados pueden mantener valor probatorio en investigaciones retrospectivas (17). Sin embargo, un resultado microscópico positivo identifica material espermático, no individualiza al donante, en sentido inverso, un resultado negativo no descarta plasma seminal ni la posible recuperación de ADN masculino (13).

El desempeño de la tinción está condicionado por variables biológicas, ambientales y operativas. La probabilidad de encontrar espermatozoides disminuye cuando existe una concentración celular baja, ha transcurrido un periodo prolongado desde el contacto o las células han sufrido degradación y separación de la cabeza y la cola. Además, la presencia abundante de células

epiteliales, bacterias, levaduras, detritos y precipitados de tinción puede dificultar la discriminación visual (9,15). La coloración tampoco es específica de especie: los espermatozoides caninos, por ejemplo, pueden captar KPIC y mostrar un patrón parcialmente semejante al humano, aunque existan diferencias morfológicas y cromáticas que permitan su diferenciación por un examinador competente (18).

El soporte y las condiciones posteriores a la deposición también modifican la recuperación, pues el tipo de tejido, la densidad de la trama, el detergente, la temperatura y el número de ciclos de lavado influyen en la retención de espermatozoides y pueden originar muestras microscópicamente positivas pese a resultados negativos de fosfatasa ácida o PSA (12,19). A estas limitaciones se añaden el tiempo requerido para examinar todo el portaobjetos, la fatiga visual y la variabilidad asociada con la experiencia del observador, especialmente cuando existen entre uno y cinco espermatozoides en toda la preparación (7).

La investigación reciente se ha orientado a complementar la tinción convencional mediante métodos más sensibles, objetivos y automatizables. En el campo de la microscopía, se han desarrollado plataformas capaces de escanear portaobjetos teñidos con Christmas Tree y clasificar imágenes mediante redes neuronales profundas, una validación reciente del sistema Metafer informó una sensibilidad de 0.99, una especificidad de 0.99 y una exactitud de 0.99 dentro del conjunto evaluado, aunque todavía se observaron clasificaciones falsas positivas y falsas negativas que justifican la revisión experta (7). De manera similar, el sistema Spitz empleó un modelo YOLO entrenado con imágenes de casos forenses teñidas con KPIC e incorporó reconstrucción espacial y verificación humana de las células detectadas (20).

Paralelamente, se investigan técnicas dirigidas a componentes del plasma seminal o a su expresión molecular, entre ellas la espectrometría de masas de péptidos de semenogelina, los paneles de ARN mensajero y microARN y los sistemas avanzados de separación celular (5,6,8,21). Estos enfoques buscan aumentar la especificidad, reducir el tiempo de análisis y preservar una mayor cantidad de material para la elaboración de perfiles genéticos.

A pesar del uso continuo de la tinción KPIC en los protocolos de biología forense, la evidencia disponible sobre su rendimiento presenta limitaciones importantes. Son escasos los estudios recientes dedicados específicamente a validar KPIC y existe una marcada heterogeneidad en los tipos de muestras, procedimientos de tinción, criterios morfológicos, escalas de cuantificación y métodos de referencia empleados, lo que dificulta comparar resultados y establecer estimaciones consistentes de sensibilidad, especificidad y reproducibilidad (4,7). Aunque algunas investigaciones han examinado su comportamiento frente al lavado, la degradación o la exposición química, todavía no se conoce con suficiente precisión cómo interactúan el tiempo transcurrido, el método de recolección, el almacenamiento, el transporte, el sustrato y las condiciones ambientales en situaciones representativas de la práctica forense (11,12,19).

Esta incertidumbre adquiere especial relevancia en laboratorios con recursos limitados, donde las condiciones logísticas, la disponibilidad de personal especializado y el acceso a tecnologías

complementarias pueden ser diferentes de aquellos en los que se han llevado a cabo las principales verificaciones. También, son insuficientes las comparaciones integrales entre KPIC y pruebas inmunológicos, moleculares, fluorescentes o automatizados en términos de desempeño analítico, tiempo de procesamiento, costo, conservación de la muestra y posible análisis subsiguiente a ADN (5–7).

El presente estudio tiene como objetivo general evaluar y sintetizar la evidencia científica disponible sobre la utilidad analítica y operativa de la tinción Kernechtrot–picroindigocarmine para la detección microscópica de espermatozoides en muestras relacionadas con investigaciones de agresiones sexuales..

Para ello, se plantean las siguientes preguntas de investigación: (1) ¿Qué desempeño analítico ha demostrado la tinción KPIC en muestras forenses o experimentalmente representativas?; (2) ¿Cómo influyen el tiempo transcurrido desde la deposición o recolección, el procedimiento de toma de muestra, el almacenamiento, el transporte, el tipo de sustrato y la exposición ambiental en sus resultados?; (3) ¿Qué ventajas y desventajas presenta frente a otras técnicas microscópicas, inmunológicas, moleculares, fluorescentes o automatizadas?

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión sistemática de la literatura sobre la utilidad de la tinción KPIC siguiendo las recomendaciones de la declaración Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA 2020), con el propósito de asegurar la transparencia y reproducibilidad de los procesos de identificación, selección, evaluación y síntesis de la evidencia (22). La formulación de los criterios de elegibilidad y la organización de las preguntas de investigación se realizaron mediante el marco PICOS, cuyos criterios se presentan en la tabla 1.

***Tabla 1. Criterios PICOS.***

| Ejes temáticos | Criterios |
|---|---|
| P: Población o muestra | Muestras biológicas humanas analizadas en contexto forense o en condiciones experimentales representativas para la identificación de espermatozoides. Se admitieron también muestras seminales procedentes de estudios andrológicos sobre criptozoospermia, oligozoospermia severa o diagnóstico inicial de azoospermia, cuando aportaron datos sobre la detección de espermatozoides escasos mediante la tinción Christmas Tree. |
| I: Intervención o prueba índice | Aplicación de la tinción Christmas Tree, Kernechtrot–picroindigocarmine, KPIC, Nuclear Fast Red/Picroindigocarmine o denominaciones equivalentes para la identificación microscópica de espermatozoides. |
| C: Comparador | Otras técnicas microscópicas utilizadas para detectar espermatozoides |
| O: Resultados | Desempeño de la tinción Christmas Tree en la identificación y diferenciación morfológica de espermatozoides, incluyendo su capacidad de detección en |

| | |
|---|---|
| | muestras con baja concentración espermática. Se consideraron los límites de detección cuando fueron expresamente cuantificados y, en los estudios andrológicos, la identificación de espermatozoides escasos mediante procedimientos de concentración de la muestra combinados con tinción. |
| S: Diseños de estudio | Estudios primarios que evalúen el desempeño, utilidad, reproducibilidad, aplicación o factores modificadores de KPIC. |

*Criterios de elegibilidad*

Se incluyeron investigaciones primarias a la fecha de búsqueda (21/09/2026), las cuales evaluaron la aplicación de la tinción Christmas Tree o alguna de sus denominaciones equivalentes para la identificación de espermatozoides en muestras forenses humanas. Los estudios deben describir el procedimiento de tinción y comunicar al menos un resultado relacionado con su desempeño analítico, capacidad de detección, interpretación morfológica, reproducibilidad, condiciones preanalíticas, exposición ambiental, limitaciones técnicas o comparación con otra técnica microscópica. No se aplicó restricciones por año de publicación ni por idioma.

Se excluyeron revisiones narrativas, sistemáticas, metaanálisis, editoriales, cartas, comentarios, protocolos, capítulos de libro o libros completos, resúmenes de congresos y documentos que no presenten resultados empíricos originales. También se descartaron los estudios que no evalúen la tinción KPIC desde una perspectiva forense o analítica, las investigaciones efectuadas únicamente con muestras animales y los estudios sobre otras tinciones o pruebas de semen que no incorporen KPIC. Así mismo, no se contaron las publicaciones que no tenían información suficiente para determinar las características de las muestras, el procedimiento aplicado o los resultados obtenidos, además de las publicaciones sin acceso al texto completo.

*Fuentes de información y estrategia de búsqueda*

La búsqueda bibliográfica se llevó a cabo en Scopus, PubMed, Web of Science y Google Scholar, bases de datos seleccionadas por su amplia cobertura de literatura biomédica, forense y multidisciplinaria. La estrategia se estructuró en base a dos categorías conceptuales relevantes: “Christmas Tree” y “sperm”. Los términos se combinaron mediante el operador booleano OR dentro de cada categoría y mediante AND entre ambas categorías.

En Scopus, PubMed y Web of Science, la búsqueda se aplicó a los campos de título, resumen y palabras clave o a sus equivalentes. En Google Scholar, la revisión se limitó a los primeros 50 resultados recuperados, que se incorporaron al proceso de cribado y evaluación de elegibilidad. Las estrategias que se utilizaron en las cuatro fuentes de información se detallan en la tabla 2.

***Tabla 2. Estrategias de búsqueda.***

| Base de datos | Cadena de búsqueda | Nro. de estudios |
|---|---|---|
| Scopus | ( TITLE-ABS-KEY ( "Christmas Tree" OR "Christmas Tree stain*" OR "Christmas-tree stain*" OR "Kernechtrot-picroindigocarmine" OR "Kernechtrot picroindigocarmine" OR "KPIC*" OR "picroindigocarmine nuclear fast red" OR "PIC/NF" OR "PIC-NF" OR "PIC NF" OR "NF/PIC" OR "NF-PIC" OR "NF PIC" ) AND TITLE-ABS-KEY ( sperm* OR semen OR seminal OR "seminal fluid*" ) ) | 20 |
| PubMed | ("Christmas Tree"[Title/Abstract] OR "Christmas Tree stain*"[Title/Abstract] OR "Christmas-tree stain*"[Title/Abstract] OR "Kernechtrot-picroindigocarmine"[Title/Abstract] OR "Kernechtrot picroindigocarmine"[Title/Abstract] OR "KPIC*"[Title/Abstract] OR "picroindigocarmine nuclear fast red"[Title/Abstract] OR "PIC/NF"[Title/Abstract] OR "PIC-NF"[Title/Abstract] OR "PIC NF"[Title/Abstract] OR "NF/PIC"[Title/Abstract] OR "NF-PIC"[Title/Abstract] OR "NF PIC"[Title/Abstract]) AND (sperm*[Title/Abstract] OR semen[Title/Abstract] OR seminal[Title/Abstract] OR "seminal fluid*"[Title/Abstract]) | 13 |
| Web of Science | (TS=("Christmas Tree" OR "Christmas Tree stain*" OR "Christmas-tree stain*" OR "Kernechtrot-picroindigocarmine" OR "Kernechtrot picroindigocarmine" OR "KPIC*" OR "picroindigocarmine nuclear fast red" OR "PIC/NF" OR "PIC-NF" OR "PIC NF" OR "NF/PIC" OR "NF-PIC" OR "NF PIC") AND TS=(sperm* OR semen OR seminal OR "seminal fluid*")) | 12 |
| Scholar | ("Christmas Tree" OR KPIC OR Kernechtrot) (sperm OR semen) | 50 |
| | Total | 95 |

*Proceso de selección de estudios*

El desarrollo de la búsqueda y selección se realizó en fases consecutivas de acuerdo al flujo de PRISMA 2020. En la fase de identificación, se recogieron y exportaron todas las referencias recuperadas en las bases de datos seleccionadas. Posteriormente, se identificaron y eliminaron los registros duplicados. En el cribado, se revisó los títulos y resúmenes, aplicando los criterios de inclusión y exclusión. En la fase de elegibilidad, se evaluó de manera independiente el texto completo de las publicaciones, seleccionando aquellas que se consideren pertinentes. Las discrepancias se resolvieron con el consenso de las partes.

*Evaluación del riesgo de sesgo*

La calidad metodológica de los estudios se evalúo mediante herramientas estandarizadas seleccionadas de acuerdo con el diseño de cada investigación. Los estudios de precisión o

exactitud diagnóstica fueron valorados mediante la herramienta QUADAS-2. Los estudios observacionales retrospectivos y observacionales analíticos se evaluaron con la Newcastle–Ottawa Scale (NOS). Para los estudios experimentales de laboratorio in vitro orientados al análisis de variables experimentales, se utilizó la herramienta JBI para estudios analíticos de laboratorio. Por último, los estudios experimentales metodológicos y comparativos de laboratorio enfocados en la evaluación de la exactitud diagnóstica fueron examinados mediante el JBI for Diagnostic Test Accuracy Studies. La selección de cada instrumento se realizó según el propósito, diseño y tipo de resultados reportados por cada estudio.

*Extracción y síntesis de la información*

La información fue extraída mediante una matriz estandarizada en Excel. Para cada uno de los estudios se registró autor, año de publicación, país, contexto (forense o experimental), diseño, tamaño y procedencia de la muestra, tipo de muestra biológica, composición, sustrato utilizado, tiempo transcurrido, procedimiento de toma de muestra, condiciones y duración del almacenamiento, transporte, exposición ambiental y otras condiciones de degradación, reactivos, fijación, protocolo de tinción, tiempos de procesamiento, criterios de positividad, controles positivos y negativos, resultados de desempeño, sensibilidad, especificidad, exactitud, límite de detección, concordancia y reproducibilidad, dificultades interpretativas, tiempo, costo, requerimientos técnicos, consumo de muestra, compatibilidad con pruebas genéticas posteriores, conclusiones y limitaciones.

Como consecuencia de la variedad de los diseños, muestras, condiciones experimentales, comparadores y medidas de resultado, se llevó a cabo una síntesis narrativa y temática de los hallazgos. Inicialmente, las características y resultados de los estudios se organizaron a través de tablas descriptivas. Posteriormente, la evidencia se organizó en cuatro temas relacionados con las preguntas de investigación: desempeño analítico de KPIC; influencia de las condiciones preanalíticas y ambientales; limitaciones, fuentes de error y dificultades de interpretación; y ventajas y desventajas frente a otras técnicas microscópicas.

## RESULTADOS

*Selección de estudios*

La búsqueda bibliográfica permitió identificar 95 registros procedentes de cuatro fuentes de información: Scopus 20, PubMed 13, Web of Science 12 y Google Scholar 50. Después de eliminar 37 registros duplicados, se sometieron a cribado 58 publicaciones mediante la revisión de sus títulos, resúmenes y palabras clave. En esta fase se excluyeron 43 registros por no cumplir los criterios de elegibilidad, no aportar información pertinente sobre la tinción Christmas Tree o no contribuir a responder las preguntas de investigación. En consecuencia, se solicitaron para recuperación 14 publicaciones potencialmente relevantes, de las cuales 1 no pudo obtenerse a texto completo.

Los 13 artículos recuperados fueron evaluados íntegramente para determinar su elegibilidad, constituyéndose en el corpus primario para la síntesis. El proceso de identificación, cribado, elegibilidad e inclusión de los estudios se presenta en el diagrama de flujo PRISMA 2020 (Figura 1).

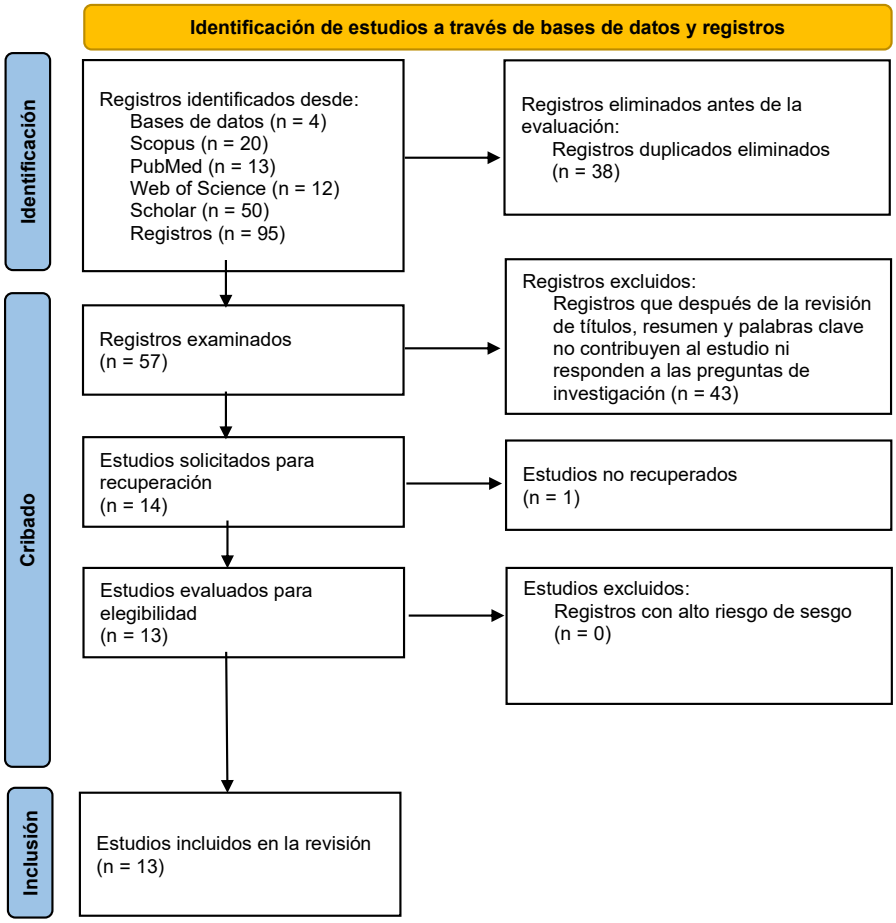



***Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA 2020***

*Riesgo de sesgo*

La figura 2 presenta la síntesis de la evaluación del riesgo de sesgo de los 13 estudios incluidos, realizada mediante QUADAS-2, NOS y las herramientas de evaluación crítica del Joanna Briggs Institute (JBI), según el diseño de cada investigación.

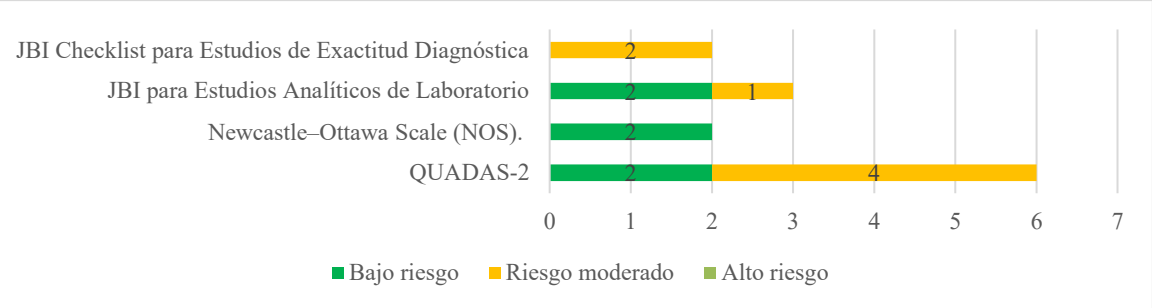



***Figura 2. Síntesis de la evaluación del riesgo de sesgo***

## *Características de los estudios*

Las características generales de los estudios incluidos se presentan en la Tabla 3. Para cada investigación se presenta el autor y año de publicación, el país de procedencia, el contexto de aplicación, el diseño metodológico, el tamaño y origen de la muestra, el tipo de material biológico examinado y el sustrato utilizado.

***Tabla 3. Características de los estudios.***

| Autor(es) | País | Contexto | Diseño del Estudio | Tamaño y Procedencia de la Muestra | Tipo de Muestra Biológica | Sustrato Utilizado |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Athira et al.( 23) | India | Forense / Experimental | Experimental in vitro | 1 donante sano (consentimiento informado) | Semen eyaculado con contaminantes | Tela de algodón blanca |
| Monteiro et al. (24) | Brasil | Andrológico / Clínico | Observacional retrospectivo | 148 pacientes con azoospermia no obstructiva | Semen eyaculado (sedimento) | Portaobjetos de vidrio (área 2-4 $cm^2$) |
| Allery et al. (15) | Francia | Forense / Clínico | Experimental de precisión diagnóstica comparativa | 174 mujeres en centro de infertilidad | Muestras/hisopos cervicovaginales | Hisopos / portaobjetos de vidrio |
| Panicker et al. (25) | India | Forense / Experimental | Experimental in vitro | 1 donante voluntario (48 muestras de tela) | Semen humano depositado (200 µL) | Algodón, Nylon y Denim (8x8 cm) |
| Simons & Vintiner (26) | Nueva Zelanda | Forense / Experimental | Experimental in vitro | 1 donante femenina (6 láminas por grupo) | Células epiteliales vaginales | Portaobjetos de vidrio y Poly-L-lisina |
| Fejes et al. (11) | Hungría | Forense / Experimental | Experimental in vitro | Donantes sanos | Semen, sangre y saliva (puros y diluidos) | Portaobjetos de vidrio y sábana algodón |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Hendin et al. (27) | Estados Unidos | Andrológico / Clínico | Observacional analítico | 20 hombres con falla espermatogénica; 10 controles CBAVD | Semen eyaculado (falla espermatogénica) | Portaobjetos en citocentrífuga Cytospin |
| Sharma et al. (28) | Estados Unidos | Andrológico / Clínico | Observacional retrospectivo de precisión diagnóstica | 251 hombres con azoospermia; 46 a mTESE | Semen eyaculado (pellet resuspendido) | Portaobjetos esmerilados Cytospin 4 (32 $mm^2$) |
| Leubitz & Savage (14) | Estados Unidos | Forense / Experimental | Experimental de dilución | 6 ejaculados frescos; 6 oligospérmicos y 3 azoospérmicos | Semen humano fresco (<4 h) | Portaobjetos (frotis directo e hisopo) |
| Humanes et al. (20) | Brasil | Forense | Estudio comparativo de precisión diagnóstica | 399 parches (IA); 30 casos reales (3 peritos) | Extractos de hisopos/ropa de agresión sexual | Portaobjetos de vidrio montados |
| Mitchell (29) | Estados Unidos | Forense | Experimental de validación | Hisopos orales, vaginales, rectales, postcoitales y 10 casos reales | Semen puro/diluido y muestras animales | Portaobjetos de vidrio (raspado en agua) |
| Alger et al. (30) | Estados Unidos | Forense | Experimental metodológico | 376 láminas de casos reales de agresión sexual | Extractos de hisopos/cortes de tela reales | Portaobjetos con anillo de enfoque blanco |
| Grosjean & Castella (31) | Suiza | Forense | Experimental comparativo | Hisopos Copan FLOQSwabs (voluntarias y casos reales) | Semen diluido (1:20-1:1000) y mezclas biológicas | Hisopos Copan; láminas IFI vs SuperFrost |

Los hallazgos muestran estudios publicados entre 1984 y 2026 y procedentes de 7 países, con una mayor representación de Estados Unidos (n = 5), seguido de India y Brasil (n = 2 cada uno). Predominó las investigaciones desarrolladas en un contexto forense (n = 10), mientras que 3 correspondieron al ámbito andrológico o clínico. Asimismo, 10 estudios emplearon diseños experimentales, comparativos o de validación y tres utilizaron diseños observacionales.

Las muestras fueron heterogéneas, las cuales comprendieron desde experimentos con un único donante hasta evaluaciones de 251 pacientes, 376 láminas de casos reales y 399 parches de imagen. Aunque el portaobjetos de vidrio fue el soporte más utilizado, también se analizaron hisopos y diferentes tejidos. Los materiales biológicos incluyeron semen fresco, diluido, contaminado o procedente de pacientes con alteraciones espermatogénicas, muestras cervicovaginales, células epiteliales, mezclas con sangre y saliva, y evidencia recuperada de agresiones sexuales.

La Tabla 4 sintetiza el desempeño analítico de la tinción KPIC, considerando las características

de las muestras y las unidades de análisis, las condiciones de aplicación y los criterios de positividad, los estándares de referencia y controles, los resultados primarios, las medidas de sensibilidad, especificidad y exactitud, los límites empíricos de detección y la reproducibilidad. Debido a la heterogeneidad de los diseños y desenlaces, se diferenciaron las medidas formales de exactitud diagnóstica de las proporciones de detección, los incrementos respecto de otros procedimientos y los resultados de sistemas automatizados, evitando interpretar estos indicadores como métricas equivalentes.

***Tabla 4. Desempeño analítico de la tinción KPIC en las muestras evaluadas.***

| Autor(es) | Aplicación de KPIC y criterio de positividad | Estándar de referencia y controles | Datos primarios de desempeño | Sensibilidad, especificidad y exactitud | Límite de detección y otros resultados analíticos |
|---|---|---|---|---|---|
| Athira et al. (23) | Secado al aire/calor; Nuclear Fast Red durante 20 min y picroindigocarmine durante 15 - 20 s. Lectura a 1000×; Positivo: cabeza roja/rosa y cola verde. | DAPI como comparador principal; luminiscencia UV y prueba de Florence. Control positivo: semen sin contaminantes. Controles negativos: tejidos tratados solo con agua o detergentes. | KPIC permitió observar espermatozoides en todas las condiciones contaminadas evaluadas, aunque la densidad celular disminuyó con el tiempo. DAPI mantuvo una detección más constante en las muestras con mayor contaminación. | Sensibilidad, especificidad y exactitud: NR. | Se observaron células dispersas después de 30 días; no se determinó un límite de detección cuantitativo. |
| Monteiro et al. (24) | Microcentrifugación del sedimento; fijación con etanol durante 15 min; Nuclear Fast Red durante 15 min y picroindigocarmine durante 15 s. Positivo: región postacrosómica roja, acrosoma rosa claro y cola verde-azulada. | Análisis seminal conforme a OMS 2010. No se reportó controles positivos o negativos específicos. | KPIC después de la microcentrifugación detectó espermatozoides en 21/148 muestras (14,2%) previamente clasificadas como azoospérmicas, que fueron reclasificadas como criptozoospérmicas. | Sensibilidad, especificidad y exactitud: NE. | Detección de un espermatozoide aislado en el sedimento procesado. No se estableció una concentración mínima. |
| Allery et al. (15) | Secado al aire y fijación en alcohol-éter. Positivo: presencia de espermatozoides a 400×; recuento medio en 100 campos. | Comparación directa con hematoxilina-eosina y fucsina alcalina. Lectura ciega de las láminas. | Detección: KPIC 61/174 (35,1 %), H&E 60/174 (34,7 %) y fucsina alcalina 49/174 (28,4 %). Media de espermatozoides/campo: 8,3 con KPIC, 4,6 con H&E (p = 0,023) y 4,2 con fucsina (p = 0,017). Entre 12–72 h: 9,1 espermatozoides/campo con KPIC frente a 2,6 con H&E. | Sensibilidad, especificidad y exactitud diagnóstica: NR. | Ningún método detectó espermatozoides después de 72 h postcoito; este resultado corresponde a una ventana temporal observada, no a un límite analítico de concentración. |

| Autor(es) | Aplicación de KPIC y criterio de positividad | Estándar de referencia y controles | Datos primarios de desempeño | Sensibilidad, especificidad y exactitud | Límite de detección y otros resultados analíticos |
|---|---|---|---|---|---|
| Panicker et al. (25) | Fijación por calor; rojo neutro durante 15 min y picroindigocarmine durante 15s. Lectura a 400x. Positivo: espermatozoides completos o cabezas y colas separadas; escala de densidad de +1 a +4. | Fluorescencia mediante VSC-6000/HS y prueba de Barberio. Un control negativo y tres réplicas por tejido y tiempo. | La densidad espermática disminuyó con la antigüedad de la mancha: algodón r = −0,94; nailon r = −0,77; mezclilla r = −0,77. La recuperación fue mayor en algodón. | Sensibilidad, especificidad y exactitud diagnóstica: NR. | Se mantuvo positividad microscópica hasta 7 días en los tres tejidos, con menor proporción de espermatozoides intactos. |
| Simons & Vintiner (26) | Fijación en acetona durante 90 s; Nuclear Fast Red durante 15 min y picroindigocarmine durante 15 s. El desenlace fue recuperación de ADN y obtención de perfiles STR, no identificación espermática. | H&E, inmunohistoquímica DAB, tinción de Danes modificada y láminas no teñidas. Control interno de amplificación mediante Quantifiler. | KPIC y H&E produjeron la mayor recuperación de ADN por célula, sin diferencia estadísticamente significativa entre ambas (ANOVA: F = 1,79; p = 0,186). KPIC permitió obtener perfiles STR completos o altamente informativos después de 10 semanas. | Sensibilidad, especificidad y exactitud para identificación espermática: NA. | Límite de detección de KPIC: NE. Para el análisis genético posterior se utilizaron aproximadamente 1,5 ng con Identifiler y 0,1 ng con SGM Plus. |
| Fejes et al. (11) | Secado al aire y tinción según Hendin et al.; lectura morfológica a 100–400×. Positivo: espermatozoide con morfología y patrón cromático característicos. | H&E, prueba de fosfatasa ácida, inmunoensayo de PSA, RT-qPCR y perfiles STR. Controles pareados no tratados con ozono. | La exposición a ozono no produjo cambios visibles en la morfología ni en la calidad de KPIC en las diluciones examinadas. Se recuperaron todos los alelos STR; las pruebas de PSA y fosfatasa ácida perdieron capacidad de detección en diluciones altas. | Se detectó espermatozoides en todas las diluciones con semen examinadas, pero sensibilidad, especificidad o exactitud no se estimó. | Detección microscópica hasta la dilución 1:1000 después del tratamiento con ozono. |
| Hendin et al. (27) | Fijación con etanol durante 15 min; Nuclear Fast Red durante 15 min y picroindigocarmine durante 15 s. Positivo: espermátidas redondas o espermatozoides | Tinción de Wright y biopsia testicular. Control blanco de Cytospin y 10 controles CBAVD. | Se identificaron células germinales maduras en 15/20 pacientes (75 %) y espermatozoides completamente formados en 9/20 (45 %). Ninguno de los 10 controles CBAVD fue positivo. | Sensibilidad comunicada para detección de células germinales maduras: 75 %. Especificidad: 100 % en 10 controles. Exactitud global: NR. | Detección de espermatozoides y espermátidas raros o aislados en muestras inicialmente consideradas azoospérmicas. |

| Autor(es) | Aplicación de KPIC y criterio de positividad | Estándar de referencia y controles | Datos primarios de desempeño | Sensibilidad, especificidad y exactitud | Límite de detección y otros resultados analíticos |
|---|---|---|---|---|---|
| | completos con cabeza roja y cola verde. | | | | |
| Sharma et al. (28) | Fijación con etanol durante 15 min; Nuclear Fast Red durante 15 min y picroindigocarmine durante 30 s. Lectura a 1000×. Positivo: cabeza roja o rosa y cola verde. | Examen en fresco y pellet conforme a OMS; mTESE como resultado clínico complementario. Control de calidad de donante sano y blanco de solución salina. | NF-PIC detectó espermatozoides en 60/251 pacientes (23,9 %) previamente clasificados como azoospérmicos. Entre 13 pacientes NF-PIC positivos sometidos a mTESE, se recuperaron espermatozoides en 9 (69,2 %). | Sensibilidad, especificidad y exactitud diagnóstica: NR. | Detección de espermatozoides aislados concentrados en un área de 32 mm². No se informó concentración mínima. |
| Leubitz & Savage (14) | Frotis secado al aire y tinción PIC/NF. Positivo: cabeza roja y cola verde a 400×. Se examinó 10 campos y, si eran negativos, otros 10 antes de emitir el resultado. | Hemocitómetro de Neubauer y examen en fresco. Tres muestras azoospérmicas como controles negativos. Evaluación ciega de diluciones. | Se observó espermatozoides a 0,10 y 0,15 × $10^6$/mL. KPIC detectó espermatozoides en 5/6 muestras oligospérmicas; las tres muestras azoospérmicas fueron correctamente negativas. | Sensibilidad diagnóstica convencional: NR; detección en muestras oligospérmicas: 5/6 (83,3 %). Especificidad observada: 3/3 (100 %), con tamaño muestral limitado. | Umbral empírico aproximado: 0,12 × $10^6$ espermatozoides/ mL; a 0,09 × $10^6$/mL no se observaron espermatozoides en 20 campos. |
| Humanes et al. (20) | KPIC según protocolo forense estandarizado; adquisición de imágenes a 20×. Detección con YOLOv10-L y confirmación por el perito. Clasificación: ausente, raro (1–10) u ocasional (>10). | Examen microscópico manual por tres peritos independientes. Parches con y sin espermatozoides para desarrollo/evaluación del algoritmo. | Modelo: *precision* 94 %, *recall* 72,3 % y mAP50 = 0,842. En 30 casos, la lectura asistida detectó 4,50 ± 1,60 espermatozoides/muestra frente a 3,14 ± 1,44 manualmente ($p < 0,001$; $r = 0,78$), incremento aproximado del 43 %. | Sensibilidad/*recall*: 72,3 % a nivel de objeto. Especificidad: NR. Exactitud global: NR; | Detección de espermatozoides aislados en la lámina; no se estableció una concentración mínima. |
| Mitchell (29) | Secado al aire; Kernechtrot durante 15 min y picroindigocarmine durante 15 s. Algoritmo basado en color, contraste acrosómico y tamaño, seguido | Microscopía manual de campo claro y contraste de fase. Muestras negativas y muestras de donantes como controles. | El sistema encontró 106,28 % ± 115,37 % más espermatozoides que los analistas en los ensayos de sensibilidad. En casos reales detectó 214,10 % más que la lectura manual de campo claro y 1770,68 % más que el contraste | Sensibilidad formal: NR; no se registraron falsos negativos en la clasificación de láminas. Especificidad reportada: 100 %, sin denominador completo. | Detección en diluciones de hasta 1:100 000 y en muestras postcoitales de 90 h o más. |

| Autor(es) | Aplicación de KPIC y criterio de positividad | Estándar de referencia y controles | Datos primarios de desempeño | Sensibilidad, especificidad y exactitud | Límite de detección y otros resultados analíticos |
|---|---|---|---|---|---|
| | de confirmación pericial. | | de fase. En 92,73 % de las láminas encontró un número igual o mayor que el analista. | Exactitud global: NR. | |
| Alger et al. (30) | Fijación por calor; Nuclear Fast Red durante 15 min y picroindigocarmine durante menos de 10 s. Clasificación por tamaño, forma y color, seguida de revisión de la galería por el analista. | Comparación de plataformas automatizadas y tinciones de campo claro y fluorescentes. Láminas de control estándar para calibración. | Se registraron tres falsos negativos en 376 láminas, asociados con exceso de detritos o tinción deficiente; proporción global comunicada <1 % (aproximadamente 0,8 %). | Sensibilidad formal: NR, porque no se informó el número total de láminas verdaderamente positivas. Especificidad y exactitud: NR. | Capacidad de localizar un espermatozoide aislado en una lámina completa. |
| Grosjean & Castella (31) | KPIC convencional, aproximadamente 20 min; positividad basada en observación morfológica. | Comparación directa con Sperm Hy-Liter; muestras puras, mezclas y blancos. | KPIC no fue afectada por la autofluorescencia del sustrato, pero presentó dificultades en agregados celulares densos. Hy-Liter mostró desprendimiento celular, tinción heterogénea, efecto de anillo y variación asociada con DTT. | Sensibilidad, especificidad y exactitud de KPIC: NR. La comparación fue predominantemente cualitativa. | Se evaluaron diluciones hasta 1:1000, pero no se determinó un límite de detección para KPIC. |

***Nota. KPIC: Kernechtrot-picroindigocarmín; H&E: hematoxilina-eosina; NR: no reportado; NE: no evaluado; NA: no aplicable; HPF: campo de gran aumento; CBAVD: ausencia bilateral congénita de los conductos diferentes; mTESE: extracción microquirúrgica de espermatozoides testiculares; CV: coeficiente de variación; mAP50: precisión media promedio con umbral de intersección sobre unión de 0,50.***

De acuerdo con los hallazgos, KPIC es una herramienta que logró detectar espermatozoides en muestras diluidas, envejecidas, contaminadas y previamente clasificadas como azoospérmicas, con incrementos de detección del 14,2 % y 23,9 % en dos estudios clínicos. El umbral cuantitativo más claramente definido fue de aproximadamente 0,12 × $10^6$ espermatozoides/mL, aunque otros trabajos informaron detección en diluciones de hasta 1:1000 o 1:100 000 y de células aisladas en una lámina completa.

Se demostró que los sistemas automatizados no solo incrementaron el recuento, sino también la concordancia entre examinadores. El modelo más reciente alcanzó un recall del 72,3 %, una precision del 94 %, una mAP50 de 0,842 y un κ de Fleiss de 0,858. Sin embargo, solo unos pocos estudios proporcionaron denominadores y estándares de referencia suficientes para de manera formal estimar sensibilidad, especificidad y exactitud, lo que limita la comparación cuantitativa

directa del desempeño de KPIC.

La Tabla 5 resume la influencia de los factores preanalíticos y ambientales sobre los resultados de la tinción KPIC en los estudios incluidos. Se describen el tiempo transcurrido desde la deposición, recolección o preparación de las muestras; los procedimientos de toma, recuperación y concentración celular; las condiciones de almacenamiento y transporte; la composición y el sustrato; y las exposiciones ambientales o procesos de degradación evaluados.

***Tabla 5. Influencia de los factores preanalíticos y ambientales en los resultados de la tinción KPIC***

| Autor(es) | Tiempo desde la deposición, recolección o preparación | Toma, recuperación y preparación de la muestra | Almacenamiento y transporte | Composición de la muestra y sustrato | Exposición ambiental o degradación | Efecto observado sobre KPIC |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Athira et al. (23) | Evaluación a las 24 h, 1 semana, 2 semanas y 1 mes después de la deposición. | Extracción de la mancha en agua acidulada durante 2 h; centrifugación a 3000 rpm durante 20 min y preparación del frotis con el pellet celular. | Semen original conservado a 4 °C. Manchas dobladas y almacenadas a temperatura ambiente simulada durante un mes. | Semen de un donante depositado en algodón blanco, con detergentes, lubricantes de preservativos, tierra o saliva. | Exposición química y biológica, junto con envejecimiento durante 30 días. | La contaminación no impidió la detección, aunque la densidad espermática disminuyó con el tiempo. Se observaron células hasta los 30 días; DAPI mostró mayor constancia ante contaminación intensa. |
| Monteiro et al. (24) | Procesamiento después de la licuefacción de muestras obtenidas tras 48–72 h de abstinencia. | Recolección por masturbación; centrifugación inicial a 3000g durante 15 min, evaluación del pellet y, si era negativo, microcentrifugación a 2000g durante 15 min antes de extender el sedimento completo. | Procesamiento inmediato en un laboratorio andrológico; transporte no descrito. | Sedimento de semen de pacientes inicialmente clasificados como azoospérmicos, extendido sobre portaobjetos. | No se evaluó exposición ambiental; las muestras procedían de pacientes con alteraciones espermatogénicas. | La concentración del sedimento permitió detectar espermatozoides en 21/148 muestras (14,2 %) previamente negativas. |
| Allery et al. (15) | Intervalos postcoitales <12 h, 12–72 h y >72 h. | Hisopado cervicovaginal realizado con espéculo; preparación directa de tres | Condiciones y duración del almacenamiento no reportadas. | Muestras cervicovaginales sobre portaobjetos de vidrio. | Degradación en la cavidad vaginal asociada con el tiempo postcoital y la | La detección disminuyó con el tiempo. KPIC identificó 9,1 espermatozoides/campo frente a 2,6 con |

| Autor(es) | Tiempo desde la deposición, recolección o preparación | Toma, recuperación y preparación de la muestra | Almacenamiento y transporte | Composición de la muestra y sustrato | Exposición ambiental o degradación | Efecto observado sobre KPIC |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | frotis paralelos por muestra. | | | carga espermática inicial. No se realizaron duchas vaginales. | H&E entre 12–72 h; ninguna tinción detectó células después de 72 h. |
| Panicker et al. (25) | Envejecimiento durante 1, 3, 5 y 7 días. | Corte de 1 × 1 cm del centro de la tela; inmersión en 500 µL de agua destilada, agitación durante 2 min, reposo nocturno y preparación del frotis con 5 µL del extracto. | Incubación controlada a 25 °C durante un máximo de 7 días. | Semen depositado en algodón, nailon y mezclilla. | Secado y envejecimiento; absorción de la muestra en fibras naturales, sintéticas y teñidas. | La densidad espermática disminuyó con la antigüedad de la mancha (r = −0,77 a −0,94). KPIC mantuvo resultados positivos hasta los 7 días, con mayor recuperación en algodón. |
| Simons & Vintiner (26) | Láminas evaluadas después de 0, 2, 4 y 10 semanas de almacenamiento. | Frotis directo de células vaginales; fijación en acetona y, para la recuperación de ADN, retirada del cubreobjetos, raspado y extracción con proteinasa K y fenol-cloroformo. | Láminas montadas con DPX y almacenadas a temperatura ambiente durante un máximo de 10 semanas. | Células epiteliales vaginales sobre portaobjetos convencionales o recubiertos con poli-L-lisina. | Almacenamiento prolongado y exposición a reactivos de tinción. | KPIC y H&E presentaron mayor recuperación de ADN, sin interacción significativa entre tinción y almacenamiento (p = 0,42). Se obtuvieron perfiles STR informativos tras 10 semanas; no se evaluó el efecto sobre la detección espermática. |
| Fejes et al. (11) | Secado de las muestras durante al menos 3 h antes del tratamiento. | Se depositaron 10 µL de muestra sobre portaobjetos; las preparaciones se asignaron a un grupo tratado con ozono y a un grupo control. | Secado a temperatura ambiente y posterior tratamiento en una cámara de ozono; transporte no aplicable. | Semen puro y diluido hasta 1:1000, junto con sangre y saliva, sobre portaobjetos y algodón. | Exposición a ozono, un agente oxidante utilizado para desinfección. | El ozono no alteró visiblemente la morfología ni la tinción KPIC. Se detectaron espermatozoides hasta una dilución 1:1000 y se recuperaron todos los alelos STR. |
| Hendin | Procesamient | Después de tres | Procesamient | Semen de | No hubo | La concentración |

| Autor(es) | Tiempo desde la deposición, recolección o preparación | Toma, recuperación y preparación de la muestra | Almacenamiento y transporte | Composición de la muestra y sustrato | Exposición ambiental o degradación | Efecto observado sobre KPIC |
|---|---|---|---|---|---|---|
| et al. (27) | o inmediato durante la evaluación clínica; no se informó un intervalo específico desde la eyaculación. | frotis húmedos negativos, se prepararon dos frotis largos, dos láminas Cytospin a 310g durante 10 min y una lámina en blanco. | o rutinario inmediato a temperatura ambiente. | pacientes con falla espermatogénica, concentrado mediante Cytospin sobre portaobjetos. | exposición ambiental; la escasez celular se relacionó con alteraciones graves de la espermatogénesis. | celular permitió identificar células germinales maduras en 15/20 pacientes (75 %) y espermatozoides completos en 9/20 (45 %). |
| Sharma et al. (28) | Análisis después de la licuefacción completa y procesamiento inmediato. | Examen en fresco con 6 µL; centrifugación OMS a 3000g durante 15 min; reevaluación del pellet y, si era negativo, concentración mediante Cytospin a 500g durante 10 min en un área de 32 mm². | Procesamiento inmediato a temperatura ambiente; transporte no descrito. | Pellet de semen de pacientes con azoospermia o criptozoospermia, concentrado sobre portaobjetos. | No se evaluaron condiciones ambientales; la dificultad analítica fue la baja concentración espermática asociada con falla espermatogénica. | La concentración mediante Cytospin con NF-PIC permitió detectar espermatozoides en 60/251 pacientes (23,9 %) previamente clasificados como azoospérmicos. |
| Leubitz & Savage (14) | Muestras frescas procesadas dentro de las 4 h posteriores a la eyaculación. | Recuento en hemocitómetro, dilución seriada con solución salina y preparación de frotis mediante gota directa o hisopo de algodón. | Procesamiento inmediato; no se evaluó almacenamiento prolongado. | Semen fresco, muestras oligospérmicas y azoospérmicas, y diluciones sobre portaobjetos. | Dilución extrema para simular la dispersión del semen en secreciones o lavados. | La detección disminuyó con la concentración espermática. KPIC identificó células a ≈0,12 × $10^6$/mL, pero no a 0,09 × $10^6$/mL tras examinar 20 campos; detectó 5/6 muestras oligospérmicas. |
| Humanes et al. (20) | Muestras procedentes de casos forenses cerrados y archivados; antigüedad no especificada. | Extracción con Tris-EDTA, SDS y proteinasa K; incubación a 42 °C durante 30 min, centrifugación a 10 000 rpm durante 5 min, | Conservación conforme al protocolo del laboratorio forense; duración y transporte no reportados. | Extractos de hisopos y prendas de casos de agresión sexual, con carga variable de células epiteliales, | Degradación y composición heterogénea propias de casos reales archivados. | En muestras de casos reales, la lectura asistida identificó aproximadamente un 43 % más de espermatozoides que la manual; no se cuantificó el efecto |

| Autor(es) | Tiempo desde la deposición, recolección o preparación | Toma, recuperación y preparación de la muestra | Almacenamiento y transporte | Composición de la muestra y sustrato | Exposición ambiental o degradación | Efecto observado sobre KPIC |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | resuspensión del pellet, depósito en lámina y secado al aire. | | moco y detritos. | | individual de las condiciones de conservación y degradación. |
| Mitchell (29) | Muestras postcoitales obtenidas entre 0 y más de 90 h después del coito. | Recuperación del material del hisopo con una pequeña cantidad de agua desionizada y preparación del frotis; secado al aire durante 1 h. | Secado y procesamiento, temperatura ambiente. | Semen puro o diluido; hisopos vaginales, orales, rectales y postcoitales; muestras con lubricantes, jabones o levaduras. | Degradación en la cavidad vaginal, dilución y presencia de contaminantes biológicos o químicos. | El sistema detectó espermatozoides hasta una dilución 1:100 000 y en muestras postcoitales de ≥90 h. Igualó o superó la lectura manual en el 92,73 % de las láminas, sin falsos negativos entre las positivas. |
| Alger et al. (30) | Láminas de casos activos y archivados; duración del archivo no especificada. | Incubación de recortes o hisopos en aproximadamente 200 µL de HBS durante 30 min a 4 °C, centrifugación y transferencia del pellet a la lámina; secado y fijación por calor. | Conservación conforme a los procedimientos del laboratorio forense. | Extractos de hisopos y recortes de tela con mezclas celulares y abundantes detritos. | Degradación de la tinción durante el archivo y fondos complejos con detritos. | Se registraron 3 falsos negativos en 376 láminas (0,8 %), asociados con detritos o tinción deficiente. El almacenamiento prolongado redujo la intensidad cromática y ocasionalmente exigió reteñido. |
| Grosjean & Castella (31) | Muestras simuladas y casos reales; tiempo desde la deposición no especificado. | Recuperación de células de FLOQSwabs en Universal Buffer o PBS; preparación sobre láminas y aplicación de KPIC o Sperm Hy-Liter. | Procesamiento según protocolo del laboratorio; duración y transporte no reportados. | Semen diluido entre 1:20 y 1:1000, mezclas biológicas, bacterias, levaduras y muestras sobre sustratos autofluorescentes. | Mezclas celulares densas, microorganismos y autofluorescencia del sustrato. | La autofluorescencia del sustrato no afectó a KPIC, pero los agregados celulares densos dificultaron la identificación. Se evaluaron diluciones hasta 1:1000, sin determinar un límite formal de detección. |

*Nota.* KPIC: Kernechtrot-picroindigocarmine; H&E: hematoxilina-eosina; DAPI: 4’,6-diamidino-2-fenilindol; OMS: Organización Mundial de la Salud; HBS: solución salina tamponada con HEPES; NR: no reportado; NE: no evaluado.

Los resultados mostraron que el tiempo, la concentración celular, el sustrato y la complejidad de la muestra modificaron la capacidad de detección con KPIC. La microcentrifugación y Cytospin incrementaron la detección en un 14,2 % y 23,9 %, respectivamente, en muestras previamente clasificadas como azoospérmicas. La antigüedad redujo la densidad espermática de manera progresiva: no se detectaron espermatozoides después de 72 h en muestras cervicovaginales, aunque en tejidos sí se mantuvieron hasta 7 días. A las células que estaban en la materia residual se les pudo ubicar dispersas a los 30 días en el algodón contaminado. Estas diferencias corresponden a matrices y protocolos distintos y no representan límites temporales directamente comparables.

El algodón mostró una recuperación mucho más alta que la de nailon y la mezclilla, mientras que la exposición a ozono no alteró la morfología ni el patrón de tinción hasta una dilución de 1:1000. En muestras forenses complejas, los detritos, los agregados celulares densos, la mala tinción y la pérdida de intensidad durante el almacenamiento por largo tiempo, dificultaron la identificación, en tanto que la autofluorescencia del sustrato no afectó la lectura de KPIC.

KPIC mostró un rendimiento global similar al de H&E, pero fue más fácil de leer y permitió observar un número de espermatozoides más alto por campo. Aparte de esto, mostró una mejor confirmación morfológica que las pruebas presuntivas y tuvo menos interferencia por autofluorescencia que los métodos fluorescentes. En comparación, Sperm Hy-Liter estuvo disponible con un tiempo de preparación menor y un costo estimado entre 40 y 50 veces inferior, aunque su rendimiento fue limitado en el reconocimiento de espermatozoides en agregados celulares densos. DAPI fue más veloz y mantuvo una tasa de detección más constante en algunas muestras muy contaminadas, mientras que KPIC requirió mayor tiempo y una búsqueda microscópica dependiente del observador.

La Tabla 6 presenta las ventajas y desventajas de la tinción KPIC frente a las principales técnicas empleadas para la identificación y el análisis de espermatozoides.

***Tabla 6. Ventajas y desventajas de KPIC frente a otras técnicas de identificación y análisis de espermatozoides.***

| Técnica comparadora | Clase de técnica | Principales hallazgos comparativos | Ventajas de KPIC | Desventajas de KPIC | Aspectos operativos | Autor(es) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Hematoxilina-eosina (H&E) y fucsina alcalina | Microscópica/ citológica | Detección similar a H&E (35,1 % frente a 34,7 %), pero mayor número de espermatozoides por campo (8,3 frente a 4,6 y 4,2, respectivamente; p = 0,023 y p = | Mayor contraste y diferenciación morfológica; compatible con perfiles STR. | No evita la pérdida de espermatozoides en muestras cervicovaginales después de 72 h; requiere manipulación segura del | Microscopio óptico convencional; preparación aproximada de 15–20 min, además de fijación y montaje. Las láminas pueden | (11,15,26) |

| Técnica comparadora | Clase de técnica | Principales hallazgos comparativos | Ventajas de KPIC | Desventajas de KPIC | Aspectos operativos | Autor(es) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0,017). Recuperación de ADN comparable a H&E. | | ácido pícrico. | conservarse para revisión posterior. | |
| Tinción de Wright | Microscópica/ citológica | KPIC identifica células germinales maduras, pero Wright permite diferenciar estructuras redondas morfológicamente ambiguas. | Identificación de espermatozoides completos y células germinales escasas. | Posible confusión entre espermátidas redondas y leucocitos; requiere tinción complementaria. | Requiere preparación de láminas adicionales y lectura microscópica complementaria, lo que incrementa el tiempo y el consumo de muestra. | (27) |
| Examen en fresco, microscopía de contraste de fase y procedimientos convencionales de la OMS | Microscópica | Tras la concentración, KPIC detectó espermatozoides en el 14,2 % y 23,9 % de muestras previamente clasificadas como azoospérmicas. Detección aproximada de $0,12 \times 10^6$ espermatozoides/mL en diluciones seriadas. | Mayor contraste, detección de células escasas y conservación de preparaciones permanentes. | Rendimiento dependiente de concentración previa, extensión de la búsqueda y experiencia del observador; posible consumo del sedimento. | Microscopio óptico de 400–1000× y, según el protocolo, microcentrífuga o Cytospin. En muestras muy diluidas se requieren al menos 20 campos de gran aumento o una búsqueda extendida. | (14,24,28,29) |
| Pruebas de Florence, Barberio, luminiscencia UV y evaluación mediante VSC | Presuntiva/ microquímica | Las pruebas presuntivas permiten localizar manchas, pero pueden presentar interferencias. KPIC aporta confirmación morfológica mediante visualización directa de | Mayor especificidad morfológica frente a señales presuntivas inespecíficas. | Mayor tiempo de procesamiento (15–25 min de tinción, más lectura); rendimiento condicionado por la degradación celular. | Las pruebas preliminares son rápidas, mientras que KPIC requiere aproximadamente 15–25 min de tinción más la lectura. El VSC necesita instrumentación específica. | (23,25) |

| Técnica comparadora | Clase de técnica | Principales hallazgos comparativos | Ventajas de KPIC | Desventajas de KPIC | Aspectos operativos | Autor(es) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | espermatozoides. | | | | |
| Fosfatasa ácida y PSA | Presuntiva e inmunológica | Tras exposición a ozono, KPIC permitió identificar espermatozoides hasta una dilución 1:1000, mientras que las pruebas basadas en marcadores seminales perdieron capacidad de detección en diluciones altas. | Identificación morfológica pese al tratamiento oxidativo y menor dependencia de marcadores solubles. | Requiere células reconocibles; no se dispone de estimaciones comparativas formales de sensibilidad y especificidad. | Microscopio óptico y protocolo de tinción convencional. Las pruebas inmunológicas o enzimáticas son más sencillas para el cribado, pero no proporcionan confirmación morfológica. | (11) |
| DAPI, SYBR Green y naranja de acridina | Fluorescente | DAPI presentó mayor rapidez y detección más constante en algunas muestras contaminadas. Los métodos fluorescentes mostraron interferencias de fondo o tinción inespecífica, mientras que KPIC conservó el detalle morfológico. | Microscopía convencional, menor costo de reactivos y ausencia de interferencia por autofluorescencia del sustrato. | Procesamiento más lento; menor rendimiento visual con abundantes detritos o degradación severa. | KPIC utiliza un microscopio óptico convencional. Las técnicas fluorescentes requieren microscopio o sistema espectral, filtros, reactivos específicos y control de fondo; DAPI implica además consideraciones de toxicidad. | (23,30,31) |
| Sperm Hy-Liter | Inmunológica/ fluorescente | Hy-Liter presentó fluorescencia en agregados celulares, desprendimiento celular y variabilidad de tinción. KPIC evitó interferencias por autofluorescencia, con menor | Menor costo y complejidad operativa; identificación morfológica en campo claro. | Menor capacidad para localizar espermatozoides en agregados densos; carece de selectividad inmunológica. | KPIC: aproximadamente 0,5 € y 20 min de preparación por muestra. Hy-Liter: aproximadamente 20–25 €, 60 min de preparación y | (30,31) |

| Técnica comparadora | Clase de técnica | Principales hallazgos comparativos | Ventajas de KPIC | Desventajas de KPIC | Aspectos operativos | Autor(es) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | tiempo y costo de preparación (0,5 € y 20 min frente a 20–25 € y 60 min). | | | microscopio de fluorescencia. El costo estimado de Hy-Liter fue 40–50 veces mayor. | |
| Inmunohistoquímica DAB y tinción de Danes modificada | Inmunológica/ histoquímica | KPIC permitió recuperar más ADN por célula y no presentó inhibición de PCR, a diferencia de DAB y Danes. Conservó ADN utilizable al menos 10 semanas en las condiciones estudiadas. | Mejor compatibilidad con extracción de ADN, PCR y perfiles STR; permite reexaminar preparaciones. | Recuperación celular mediante desmontaje y raspado; precauciones por el uso de ácido pícrico. | Para el procesamiento posterior se requieren procedimientos de extracción, PCR y electroforesis capilar. KPIC conserva material genético utilizable hasta por lo menos 10 semanas en las condiciones evaluadas. | (26) |

***Nota. KPIC: Kernechtrot-picroindigocarmine; H&E: hematoxilina-eosina; DAPI: 4',6-diamidino-2-fenilindol; PSA: antígeno prostático específico; VSC: comparador espectral de video; DAB: 3,3'-diaminobencidina; RT-qPCR: reacción en cadena de la polimerasa cuantitativa con transcripción inversa; STR: repeticiones cortas en tándem; DTT: ditiotreitol;***

# DISCUSIÓN

Los resultados han demostrado que la tinción KPIC sigue siendo una metodología importante para la identificación de espermatozoides en muestras forenses y en muestras experimentales. Su principal fortaleza es el contraste diferencial entre la cabeza roja o rosada y la cola verde, que facilita reconocer células escasas, fragmentadas o inmersas en fondos con células epiteliales. La detección de espermatozoides aislados en muestras inicialmente clasificadas como azoospérmicas, diluciones elevadas y manchas envejecidas respalda su sensibilidad práctica (14,24,27,28).

La evidencia cuantitativa no es uniforme. Leubitz y Savage (14) situaron el límite de detección alrededor de 0,10–0,15 × $10^6$ espermatozoides/mL, mientras que Monteiro et al. (24) y Sharma et al. (28) reclasificaron como criptozoospérmicas el 14,2 % y el 23,9 % de muestras consideradas azoospérmicas mediante procedimientos convencionales. Allery et al. (15) encontraron una tasa

global similar entre KPIC y hematoxilina-eosina, aunque KPIC permitió visualizar más espermatozoides por campo. Estos resultados no corresponden a una sensibilidad clínica o forense generalizable, pues son de diferentes poblaciones, preparaciones y referencias.

Asimismo, la ausencia de espermatozoides después de 72 horas en muestras cervicovaginales (15) debe interpretarse considerando los procesos de degradación y eliminación propios del medio intravaginal. La actividad ezimática y la respuesta inmunitaria, incluida la fagocitosis de espermatozoides por leucocitos, constituyen mecanismos que pueden contribuir a la reducción progresiva de las células disponibles para su identificación microscópica (32,33). Por el contrario, la detección de hasta 7 días en telas y hasta 30 días en manchas contaminadas (23,25), corresponde a la persistencia de estructuras espermáticas en soportes externos, donde no actúan los mecanismos de eliminación del tracto genital y la desecación puede favorecer su conservación durante semanas.

Por tanto, los resultados son compatibles y reflejan la influencia de la matriz y de las condiciones de conservación sobre la detectabilidad espermática. El intervalo de 72 horas observado no debe extrapolarse a manchas secas ni interpretarse como un límite universal para muestras intravaginales. Por consiguiente, el rendimiento de la tinción Christmas Tree debe evaluarse teniendo en cuenta el lugar de recogida, el tiempo transcurrido y la eficiencia en la recuperación celular. El algodón permitió una mejor recuperación que la tela vaquera, mientras que la presencia de tierra, hongos, lubricantes y residuos dificultó la interpretación. En cambio, el ozono no alteró la morfología ni la capacidad de detección hasta una dilución de 1:1000. (11).

Los hallazgos coinciden con revisiones que mantienen la microscopía como referencia para demostrar espermatozoides, pero advierten su dependencia del observador y su incapacidad ante azoospermia o ausencia celular (34,35). Las innovaciones recientes buscan resolver esos límites sin demostrar todavía una sustitución universal de KPIC. Una red convolucional aplicada a imágenes microscópicas alcanzó una exactitud del 95%(36), en consonancia con el aumento de detección y concordancia interobservador observado mediante KPICS, MetaSystems y Spitz (20,29,30).

No obstante, los candidatos falsos positivos y los fallos en frotis densos o mal teñidos mantienen necesaria la verificación humana. En paralelo, un sistema microfluídico con análisis de imágenes procesó muestras simuladas en menos de 15 minutos y superó el 95 % de exactitud frente al recuento manual (37), mientras que un ensayo 3-plex MSRE-PCR produjo resultados concordantes en seis laboratorios (38). La nueva tinción fluorescente CPM/AO también mostró capacidad para detectar espermatozoides en muestras envejecidas (39), pero requiere validación comparativa en casuística real.

En la práctica, KPIC resulta adecuado para laboratorios con recursos limitados por su bajo costo, disponibilidad y compatibilidad con microscopía de campo claro. La comparación económica disponible estima un costo de reactivos por muestra de aproximadamente 40 o 50 veces menor que Sperm Hy-Liter. Esto, sumado a un procedimiento más sencillo y a la ausencia de

interferencia por autoflorescencia, favorece su implementación cuando el presupuesto y el equipamiento son limitados. Las técnicas fluorescentes o DAPI pueden facilitar el trabajo incluso en muestras contaminadas (23,31).

Por otra parte, Simons y Vintiner (26) lograron recuperar los perfiles STR informativos de las muestras KPIC que fueron almacenadas, aun cuando usaron células epiteliales vaginales como modelo. Su implementación debe incorporar controles positivos, negativos y de contaminación; criterios mínimos para la toma de muestras mediante frotis y para determinar la positividad; capacitación y pruebas de competencia; documentación fotográfica; y protocolos diferenciados según el sustrato, la antigüedad y la carga de residuos. Un resultado negativo debe interpretarse junto con las pruebas de fosfatasa ácida, PSA/P30 o semenogelina, los antecedentes de la muestra y los resultados genéticos.

El número limitado de investigaciones, la heterogeneidad que presentan en su diseño, así como la combinación de muestras clínicas, simuladas y forenses, constituyen las limitaciones de esta revisión. Se observó principalmente tamaños pequeños, investigaciones de un solo centro o donante y resultados cualitativos. Además, rara vez se calculan la sensibilidad, la especificidad, la exactitud y la reproducibilidad frente a un estándar independiente. Las discrepancias en cuanto a la extracción, la fijación, la formulación, el aumento microscópico y la definición de positividad impidieron realizar un metaanálisis. La inclusión de estudios técnicos y antiguos amplió la cobertura operativa, pero a la vez aumentó la variabilidad metodológica y el riesgo de sesgo de publicación.

Los futuros estudios deben llevar a cabo verificaciones prospectivas, multicéntricas y ciegas, utilizando muestras reales y simuladas estandarizadas, incluir condiciones ambientales y sustratos locales, y reportar matrices completas de exactitud, límites de detección e incertidumbre inter-observador. Asimismo, se debe evaluar el consumo de muestra, la recuperación posterior de ADN, el costo por caso y el tiempo activo de procesamiento. Aunque la automatización es prometedora, requiere principalmente conjuntos externos representativos, criterios auditables y supervisión pericial.

## CONCLUSIONES

La evidencia disponible corrobora la utilidad analítica de KPIC para confirmar microscópicamente la presencia de espermatozoides, aun cuando estos son escasos, se encuentran diluidos o presentan pérdida parcial de su estructura. El contraste diferencial de sus componentes facilita la identificación morfológica frente a células epiteliales y detritos. pesar de eso, el diseño heterogéneo y la falta de datos sobre sensibilidad, especificidad y exactitud, impiden la posibilidad de definir una técnica universal para el diagnóstico. Así, Christmas Tree constituye una técnica muy certera para identificar células espermáticas cuando están presentes.

El rendimiento de la técnica KPIC se ve influido considerablemente por variables preanalíticas.

El paso del tiempo reduce progresivamente el número de espermatozoides recuperables y favorece la fragmentación celular, si bien la velocidad de degradación difiere entre las muestras cervicovaginales y las manchas secas. Además, el tipo de sustrato, la eficiencia del procedimiento de recuperación y la presencia de suciedad, microorganismos, lubricantes o detritos pueden reducir la visibilidad y dificultar la interpretación. Los datos relativos al almacenamiento y transporte carecían de una base científica suficiente para establecer límites generales de tiempo o condiciones ambientales.

En comparación con otras técnicas, KPIC ofrece un equilibrio favorable entre capacidad de confirmación morfológica, coste, disponibilidad equipo requerido, además de ser compatible con análisis genéticos posteriores. La tinción con hematoxilina-eosina tuvo un rendimiento global que fue similar, aunque de manera general se observó un menor contraste. Las técnicas fluorescentes, moleculares y automatizadas no solo pueden aumentar la detección de las células escasas, sino que también, en consecuencia, reducir la búsqueda manual, o, incluso, garantizar la identificación de direcciones seminales en la ausencia de espermatozoides. Sin embargo, su aplicación va acompañada de una mayor inversión, a la vez de la necesidad de una infraestructura especializada, y aun así requieren verificación humana o una validación adicional sobre muestras reales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Moreira N, Faria D, Fernandes J, Lourenço H, Santos N, Pinto CA, et al. Biotechnology Applied to Forensic Sciences. Applied Sciences. enero de 2026;16(12):5899. doi:10.3390/app16125899
2. Kayser M. Forensic genetics in the omics era. Nat Rev Genet. febrero de 2026;27(2):170–86. doi:10.1038/s41576-025-00896-1
3. Basset P, Blandin P, Grini A, Delemont S, Samie L, Castella V. A simplified protocol for the detection of blood, saliva, and semen from a single biological trace using immunochromatographic tests. Forensic Sci Med Pathol. el 1 de junio de 2022;18(2):141–8. doi:10.1007/s12024-021-00453-2
4. Samie L, Champod C, Delémont S, Basset P, Hicks T, Castella V. Use of Bayesian Networks for the investigation of the nature of biological material in casework. Forensic Science International. el 1 de febrero de 2022;331:111174. doi:10.1016/j.forsciint.2022.111174
5. Schulte J, Egger S, Kron S, Scheurer E, Schulz I. Evaluating novel and conventional cell-separation techniques for sexual assault investigations. Journal of Forensic Sciences. 2025;70(5):1704–20. doi:10.1111/1556-4029.70131
6. Davidovics R, Saw YL, Brown CO, Prinz M, McKiernan HE, Danielson PB, et al. High-throughput seminal fluid identification by automated immunoaffinity mass spectrometry. J Forensic Sci. mayo de 2022;67(3):1184–90. doi:10.1111/1556-4029.14975 PubMed PMID: 35023573.
7. Topping DC, Tran T, Hymus CM, Mountford NS, Liew YC, Egan SE, et al. Automated microscopy in forensic biology: Validating the use of deep neural networks for the detection of human spermatozoa in Christmas Tree stained slides. Science & Justice. el 1 de enero de

2026;66(1):101370. doi:10.1016/j.scijus.2025.101370
8. Tian H, Huang S, Bai P, Xiao X, Peng D, Zhao H, et al. The effect of infertile semen on the mRNA-based body fluid identification. ELECTROPHORESIS. 2021;42(16):1614–22. doi:10.1002/elps.202000238
9. Westring CG, Wiuf M, Nielsen SJ, Fogleman JC, Old JB, Lenz C, et al. SPERM HY-LITER™ for the identification of spermatozoa from sexual assault evidence. Forensic Science International: Genetics. el 1 de septiembre de 2014;12:161–7. doi:10.1016/j.fsigen.2014.06.003 PubMed PMID: 24997321.
10. Medina-Paz F, Kuba B, Kryvorutsky E, Roca G, Zapico SC. Assessment of Blood and Semen Detection and DNA Collection from Swabs up to Three Months after Deposition on Five Different Cloth Materials. International Journal of Molecular Sciences. enero de 2024;25(6):3522. doi:10.3390/ijms25063522
11. Fejes V, Simon G, Makszin L, Sipos K, Poor VS. Evaluation of the effect of ozone disinfection on forensic identification of blood, saliva, and semen stains. Science & Justice. el 1 de marzo de 2024;64(2):151–8. doi:10.1016/j.scijus.2023.12.005
12. Nolan A, Speers SJ, Murakami J, Chapman B. A pilot study: The effects of repeat washing and fabric type on the detection of seminal fluid and spermatozoa. Forensic Science International. el 1 de agosto de 2018;289:51–6. doi:10.1016/j.forsciint.2018.05.021
13. Nogueira TLS, Alem L, Santos OCL, Gonçalves ABR, Dias AS, Silva DA. Human semen stain analysis in casework sample by HRM-qPCR. Forensic Science International: Genetics Supplement Series. el 1 de diciembre de 2022;8:191–2. doi:10.1016/j.fsigss.2022.10.031
14. Leubitz SS, Savage RA. Sensitivity of Picroindigocarmine /Nuclear Fast Red (PIC/NF) Stain for Detection of Spermatozoa: A Serial Dilution Study of Human Ejaculate. Am J Clin Pathol. el 1 de enero de 1984;81(1):90–3. doi:10.1093/ajcp/81.1.90
15. Allery JP, Telmon N, Mieusset R, Blanc A, Rougé D. Cytological Detection of Spermatozoa: Comparison of Three Staining Methods. J Forensic Sci. el 1 de marzo de 2001;46(2):349–51. doi:10.1520/JFS14970J
16. Schellhammer SK, Hudson BC, Cox JO, Dawson Green T. Alternative direct-to-amplification sperm cell lysis techniques for sexual assault sample processing. Journal of Forensic Sciences. 2022;67(4):1668–78. doi:10.1111/1556-4029.15027
17. Hymus CM, Egan SE, Tay JW. Development of a Simple Cell Harvesting Method to Maximise DNA Recovery from Historic Microscope Slides for Sexual Assault Investigations. Forensic Sciences. diciembre de 2022;2(4):795–807. doi:10.3390/forensicsci2040057
18. Stern A. Sperm cytology: Kernechtrot–picroindigocarmine stain and dog semen. Journal of Veterinary Forensic Sciences. 2020;1(1):23–5. doi:10.32473/jvfs.v1i1.128311
19. Saeed A, Rasool N, Basel ME. Detection of Seminal Material on Hand-Washed Textile Evidence. BioScientific Review. el 14 de marzo de 2025;7(2):12–20. doi:10.32350/bsr.72.02
20. Humanes AC, Calil ALA, Wawruk HD, Carneiro LD, Silveira KB, Yen WC, et al. Spitz: a YOLO-based deep learning system for automated spermatozoa detection in forensic genetic analysis. Int J Legal Med. el 15 de septiembre de 2026. doi:10.1007/s00414-026-04013-7
21. Altmeyer L, Baumer K, Hall D. Differentiation of five forensically relevant body fluids using a small set of microRNA markers. ELECTROPHORESIS. 2024;45(19–20):1785–95.

doi:10.1002/elps.202400089
22. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ. el 29 de marzo de 2021;372:n71. doi:10.1136/bmj.n71 PubMed PMID: 33782057.
23. Athira P, Anjana C, Sona A, Prabha S, Prasad M. ADVANCING SPERM CELL DETECTION: REDUCING ANALYSIS TIME WITH DAPI STAINING IN CONTAMINATED ENVIRONMENTS. RJLM. 2025;33(3):251–5. doi:10.4323/rjlm.2025.251
24. Monteiro RAC, Pariz JR, Pieri P de C, Hallak J. An easy, reproducible and cost-effective method for andrologists to improve the laboratory diagnosis of non-obstructive azoospermia: a novel microcentrifugation technique. Int Braz J Urol. 2016;42(1):132–8. doi:10.1590/S1677-5538.IBJU.2015.0090 PubMed PMID: 27136479; PubMed Central PMCID: PMC4811238.
25. Panicker L, D'Silva F, Surve S. Effect of Ageing of Seminal Stains on Their Detection on Fabrics In Criminal Investigations. Arab Journal of Forensic Sciences & Forensic Medicine. el 14 de diciembre de 2022;4(2):89–102. Located at: We confirm that we do not have any conflict of interest related to publishing the scientific paper. doi:10.26735/NHYE4338
26. Simons JL, Vintiner SK. Effects of Histological Staining on the Analysis of Human DNA from Archived Slides. Journal of Forensic Sciences. 2011;56(s1):S223–8. doi:10.1111/j.1556-4029.2010.01595.x
27. Hendin BN, Patel B, Levin HS, Thomas AJ, Agarwal A. Identification of Spermatozoa and Round Spermatids in the Ejaculates of Men with Spermatogenic Failure. Urology. el 1 de mayo de 1998;51(5):816–9. doi:10.1016/S0090-4295(98)00007-7
28. Sharma RK, Gupta S, Agarwal A, Finelli R, Kuroda S, Saleh R, et al. Role of Cytocentrifugation Combined with Nuclear Fast Picroindigocarmine Staining in Detecting Cryptozoospermia in Men Diagnosed with Azoospermia. World J Mens Health. octubre de 2022;40(4):627–35. doi:10.5534/wjmh.210210 PubMed PMID: 35118836; PubMed Central PMCID: PMC9482851.
29. Mitchell A. Validation study of KPICS SpermFinder™ by NicheVision Forensics, LLC for the identification of human spermatozoa. J Forensic Sci. julio de 2012;57(4):1042–50. doi:10.1111/j.1556-4029.2012.02081.x PubMed PMID: 22372428.
30. Alger P, Conti T, Buel E. Development of an Automated System to Detect Spermatozoa on Laboratory Slides to Increase Productivity in the Analysis of Sexual Assault Cases. US Department of Justice [Internet]. 2011. Disponible en: https://www.ojp.gov/pdffiles1/nij/grants/236473.pdf
31. Grosjean F, Castella V. Test of the Hy-liter system for the identification of spermatozoa in sexual assault cases [Internet]. el 9 de septiembre de 2025 [citado el 1 de octubre de 2026];411–6. Disponible en: https://iris.unil.ch/handle/iris/281967
32. Iswara RAFW, Gizela BA, Rohmah IN, Dhanardhono T. Association between menstruation and spermatozoa persistence in sexual assault victims: a medicolegal case–control study in Southeast Sulawesi, Indonesia. Legal Medicine. el 1 de mayo de 2026;83:102856. doi:10.1016/j.legalmed.2026.102856
33. Oren-Benaroya R, Kipnis J, Eisenbach M. Phagocytosis of human post-capacitated

spermatozoa by macrophages. Hum Reprod. noviembre de 2007;22(11):2947–55. doi:10.1093/humrep/dem273 PubMed PMID: 17766922.

34. Gamblin AP, Morgan-Smith RK. The characteristics of seminal fluid and the forensic tests available to identify it. WIREs Forensic Science. 2020;2(3):e1363. doi:10.1002/wfs2.1363
35. Sakurada K, Watanabe K, Akutsu T. Current Methods for Body Fluid Identification Related to Sexual Crime: Focusing on Saliva, Semen, and Vaginal Fluid. Diagnostics. septiembre de 2020;10(9):693. doi:10.3390/diagnostics10090693
36. Golomingi R, Haas C, Dobay A, Kottner S, Ebert L. Sperm hunting on optical microscope slides for forensic analysis with deep convolutional networks – a feasibility study. Forensic Science International: Genetics. el 1 de enero de 2022;56. doi:10.1016/j.fsigen.2021.102602 PubMed PMID: 34700216.
37. Deshmukh S, Inci F, Karaaslan MG, Ogut MG, Duncan D, Klevan L, et al. A confirmatory test for sperm in sexual assault samples using a microfluidic-integrated cell phone imaging system. Forensic Sci Int Genet. septiembre de 2020;48:102313. doi:10.1016/j.fsigen.2020.102313 PubMed PMID: 32570000.
38. Liu KL, Tsai LC, Lin YC, Chang YH, Huang NE, Wu FC, et al. Spermatozoa identification by the 3-plex MSRE-PCR assay: a collaborative exercise. Int J Legal Med. marzo de 2022;136(2):397–404. doi:10.1007/s00414-021-02737-2 PubMed PMID: 34718845.

InvestiGO Revista Científica Multidisciplinaria
ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Octubre 2026
Vol. 7 No. 21, PP. 466-474
https://doi.org/10.56519/20dsmb47

# INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA CARACTERIZACIÓN DE MASAS MAMARIAS BENIGNAS Y MALIGNAS MEDIANTE MAMOGRAFÍA Y ECOGRAFÍA

# ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR THE CHARACTERIZATION OF BENIGN AND MALIGNANT BREAST MASSES USING MAMMOGRAPHY AND ULTRASOUND

Juliana del Rocio Carrasco Lascano[1], Elida Maria Hidalgo Gualan[2], Raúl Eduardo Chávez Robalino [3], Abraham Oliver Balderas[4]

{rocio19914.4@gmail.com[1], correo elyta66@yahoo.es[2], rolyraul22@gmail.com[3], droliver.radiologiacyc@gmail.com[4]}

Fecha de recepción: 13/09/2026 / Fecha de aceptación: 08/10/2026 / Fecha de publicación: 14/10/2026

**RESUMEN: El cáncer de mama es la neoplasia maligna más frecuente en mujeres a nivel mundial, con aproximadamente 2,3 millones de casos nuevos anuales. La capacidad para diferenciar con precisión entre las masas benignas y las malignas en la mamografía y la ecografía es una cuestión de diagnóstico clínico que presenta una considerable variabilidad entre observadores. En este artículo se analizan los estudios publicados entre 2023 y 2026 que evalúan el rendimiento de los sistemas de inteligencia artificial (IA), con su complejo de «aprendizaje profundo», para ayudar a diferenciar entre masa benigna y masa maligna. Se realizó una búsqueda estructurada en PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, ScienceDirect e IEEE Xplore. La evidencia disponible indica que los sistemas de deep learning alcanzan sensibilidades combinadas cercanas a 0,92–0,93 y especificidades de 0,88–0,91 en ecografía mamaria, mientras que en mamografía los valores de AUC en estudios de lectura se sitúan entre 0,87 y 0,90. Las técnicas multimodales que combinan información procedente de diferentes fuentes parecen tener mejor capacidad discriminativa en términos técnicos, aunque esto depende por completo del diseño del estudio y del grupo de pacientes estudiado. La mayoría de los estudios son retrospectivos, de un único centro y carecen de una validación externa prospectiva. Por lo tanto, parece que la inteligencia artificial podría resultar útil como apoyo en la práctica radiológica, pero aún se necesitan estudios prospectivos y multicéntricos para demostrar su precisión, así como un análisis detallado de sus implicaciones éticas y legales.**

[1]Hospital General Latacunga, Ecuador, Pelileo, https://orcid.org/0000-0003-3635-8955.
[2]Universidad Central del Ecuador, Ecuador, Quito, https://orcid.org/0000-0002-7978-6864
[3]Universidad Central del Ecuador, Ecuador, Quito, https://orcid.org/0009-0006-2075-5699
[4]IMSS, Star médica, México, Mérida, Yucatán, https://0000-0001-9312-2346

***Palabras clave: Inteligencia artificial; Mamografía; Ecografía mamaria; Neoplasias de la mama; Diagnóstico asistido por computadora***

**ABSTRACT: Breast cancer is the most frequent malignant neoplasm in women worldwide, with approximately 2.3 million new cases annually. The ability to accurately differentiate between benign and malignant masses on mammography and ultrasound is a clinical diagnostic challenge that shows considerable interobserver variability. This article reviews studies published between 2023 and 2026 that evaluate the performance of artificial intelligence (AI) systems, particularly those based on deep learning, to assist in distinguishing between benign and malignant masses. A structured search was conducted in PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, ScienceDirect, and IEEE Xplore. Available evidence indicates that deep-learning systems achieve combined sensitivities of approximately 0.92–0.93 and specificities of 0.88–0.91 in breast ultrasound, while in mammography the AUC values in reader studies range from 0.87 to 0.90. Multimodal techniques that combine information from different sources appear to have better technical discriminatory capacity, although this depends entirely on study design and the patient population examined. Most studies are retrospective, single-center, and lack prospective external validation. Therefore, artificial intelligence may prove useful as a support tool in radiological practice, but prospective multicenter studies are still needed to demonstrate its accuracy, along with a detailed analysis of its ethical and legal implications.**

***Keywords: Artificial intelligence; Mammography; Breast ultrasound; Breast neoplasms; Computer-assisted diagnosis***

## INTRODUCCIÓN

El cáncer de mama es la neoplasia maligna más frecuente en mujeres, con 2,3 millones de nuevos casos diagnosticados en todo el mundo en 2020 (1). Es una de las principales causas de mortalidad en la población femenina, lo que hace que el desarrollo de métodos de evaluación y detección de lesiones mamarias sea una prioridad absoluta.

La mamografía digital y la tomografía digital de mama (DBT) se consideran los métodos «gold standard» para el cribado mamario; sin embargo, tienen una sensibilidad limitada cuando las mamas presentan tejido denso. Dado que esta es la principal limitación de la mamografía convencional, la ecografía se ha sugerido como complemento de la mamografía para detectar y caracterizar lesiones, así como para evaluar aquellas detectadas mediante mamografía. La interpretación subjetiva de los exámenes mamarios ecográficos es un importante «bucle de retroalimentación» de la ecografía, que se practica habitualmente en todo el mundo, lo que plantea la necesidad de encontrar una solución innovadora y rentable.

Todas las soluciones anteriores requieren que el usuario identifique el tipo de tarea: detección, caracterización, triaje o cribado. Las tareas pueden diferenciarse en función de que la imagen de la mama se utilice para detectar una lesión (detección), caracterizar si una lesión detectada es benigna o maligna (caracterización), seleccionar la lesión de mayor probabilidad para la biopsia (triaje) o determinar si una mujer presenta una neoplasia mamaria (cribado). Este artículo aborda

únicamente la segunda tarea, el problema de clasificación de distinguir entre masa benigna y masa maligna.

Las primeras soluciones informáticas se basaban generalmente en métodos de gran escala, en los que los autores extrajeron ellos mismos las características radiómicas pertinentes para detectar un tumor mamario maligno y construyeron modelos de CAD. Sin embargo, estos métodos no lograron hacer frente al «dilema de los falsos positivos», lo que dio lugar a elevados costes de evaluación. En comparación con la ingeniería de características, el enfoque de la CNN (red neuronal convolucional) obtiene características de las imágenes de forma automática, sencilla y eficiente.

Metaanálisis recientes han reportado valores de área bajo la curva (AUC) de aproximadamente 0,87 para sistemas de IA autónoma en estudios de lectura de mamografía, comparables o superiores a los de radiólogos, así como sensibilidades combinadas cercanas a 0,93 y especificidades de 0,90 en ecografía mamaria (2,3). Existe una serie de cuestiones en este sentido, entre ellas, en primer lugar, la variedad de estudios, los diseños, la prevalencia de estudios retrospectivos unicéntricos, la falta, en general, de estudios de validación externa prospectiva con resultados clínicamente relevantes y la aplicabilidad de un algoritmo a una población diferente.

La pregunta de investigación es la siguiente: ¿cuál es el rendimiento de los sistemas de información artificial en la caracterización de lesiones mamarias benignas y malignas en mamografías y ecografías, según la evidencia publicada entre 2023 y 2026. Se trata de una investigación destinada a comprender y explicar el valor diagnosticador de los algoritmos de inteligencia artificial para la detección de lesiones mamarias en imágenes de ecografía y mamografía. El objetivo es tener una idea clara del valor de dichos algoritmos para distinguir entre lesiones benignas y malignas. Por lo tanto, se plantean los siguientes objetivos: determinar qué algoritmos se utilizan, en resumen, comparar su rendimiento en términos de precisión, especificidad y precisión, y comprender qué limitaciones tienen, así como cómo pueden aplicarse en la práctica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevó a cabo una revisión narrativa estructurada con síntesis temática de la bibliografía científica. Este tipo de estudio permite la incorporación de información procedente de diversas fuentes, ya que integra un conjunto de literatura heterogéneo que abarca diferentes modalidades de imágenes y algoritmos de inteligencia artificial (IA). La revisión siguió las recomendaciones generales de la escala SANRA para revisiones narrativas, que no requieren un proceso sistemático de detección ni el registro en la base de datos de registros de revisiones, como PROSPERO (6).

La búsqueda se realizó en las bases de datos PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, ScienceDirect y IEEE Xplore, y se limitó al período comprendido entre enero de 2023 y marzo de 2026. La búsqueda se realizó utilizando conceptos relacionados con la inteligencia artificial (inteligencia artificial, aprendizaje profundo, aprendizaje automático, redes neuronales convolucionales, diagnóstico asistido por computadora) y las modalidades de imagen

(mamografía, mamografía digital, ultrasonido mamario, tomosíntesis mamaria, imágenes mamarias por ultrasonido), junto con la entidad principal (neoplasmas mamarios, masa mamaria, benigno, maligno, BI-RADS). El operador lógico «Y/OR» se aplicó en los diferentes aspectos de la búsqueda. Para acceder a la lista completa de términos de búsqueda, consulte los autores.

Se incluyeron estudios que evalúan sistemas de IA en mamografía y/o ultrasonido mamario para la caracterización de masas (adjudicación de riesgo), publicados entre enero de 2023 y marzo de 2026, y que informen de al menos una medida de rendimiento (sensibilidad, especificidad, área bajo la curva (AUC) o precisión), junto con diagnósticos de referencia (histología o seguimiento clínico), escritos en inglés o español y que aporten datos suficientes. Se excluyeron los estudios de investigación que utilizan únicamente imágenes de detección, los estudios de predicción y de riesgo, las actas de congresos que carecen de datos suficientes, los artículos que no aportan datos sobre ninguna de las medidas de rendimiento requeridas y los estudios que no informan de la validación interna o externa.

La selección de estudios se realizó de forma iterativa mediante tamizaje de títulos y resúmenes, seguido de la revisión de texto completo de los artículos potencialmente elegibles. No se empleó doble revisor independiente ni se elaboró un diagrama PRISMA formal, coherente con el carácter narrativo de la revisión. La extracción de datos incluyó información bibliográfica, diseño del estudio (prospectivo o retrospectivo), características de la población, modalidad de imagen, tipo de algoritmo de IA, referencia estándar empleada y métricas de rendimiento diagnóstico.

La calidad metodológica se evaluó cualitativamente siguiendo los dominios de QUADAS-2 y los principios de QUADAS-AI (selección de pacientes, prueba índice, referencia estándar, flujo y tiempos, independencia de conjuntos de entrenamiento y prueba, validación externa y reproducibilidad) (5). Se diferenciaron explícitamente las herramientas de evaluación del riesgo de sesgo de las guías de reporte como CLAIM y TRIPOD+AI. Los resultados de esta evaluación se presentan de forma narrativa en la sección de Resultados, sin una tabla numérica exhaustiva por estudio debido a la heterogeneidad de los diseños y al carácter narrativo de la revisión.

## RESULTADOS

De las bibliografías revisadas, se desprende que la mayor parte de los estudios utilizan redes neuronales profundas (CNN) para la clasificación y la segmentación, en comparación con los demás enfoques. Además, se han implementado arquitecturas de tipo U-Net para la segmentación de lesiones, modelos híbridos que combinan convoluciones con características radiómicas manuales, máquinas de vector soporte (SVM), árboles extremos y XGBoost, así como vision transformers o atención.

La terminología se mantiene en inglés en cursiva cuando no existe una traducción consolidada en la literatura de habla hispana (deep learning, machine learning, Vision Transformers).

En el ámbito de la ecografía mamaria, el metaanálisis de Li et al., que incluyó 20 estudios y un total de 14.955 casos (de los cuales 4.197 se utilizaron para prueba de modelos), reportó una

sensibilidad combinada de 0,93, una especificidad de 0,90 y un AUC de 0,732. En el análisis de subgrupos, los modelos multimodales (que integran B-mode con Doppler color, elastografía o ecografía volumétrica automatizada) alcanzaron un AUC de 0,787, superior al de los modelos basados únicamente en B-mode (AUC 0,642) (3). Una revisión sistemática posterior de Dan et al., que analizó 16 estudios con 9.238 participantes, concluyó que la evidencia disponible es insuficiente para afirmar que el deep learning supera de forma consistente a los lectores humanos o mejora de manera significativa su rendimiento en entornos clínicos reales (4).

Estudios primarios multicéntricos han mostrado resultados más favorables. Gu et al. desarrollaron un modelo de atención dual basado en CNN que, mediante la combinación de las imágenes en modo B y de Doppler color, logró un AUC de entre 0,91 y 0,96 en los conjuntos de prueba externos procedentes de diferentes hospitales y equipos de fabricantes distintos. El uso de la IA como asistencia mejoró el rendimiento de radiólogos noveles y redujo la tasa de falsos positivos (7,8). Otros trabajos recientes que integran radiómica intratumoral y peritumoral, deep learning y variables clínicas han reportado AUC superiores a 0,86–0,93 en la caracterización de lesiones BI-RADS 4A, con potencial para reducir el número de biopsias innecesarias manteniendo una alta sensibilidad (12-15).

En mamografía, el metaanálisis de Yoon et al., que analizó 16 estudios con más de 1,1 millones de exámenes en casi 500.000 mujeres, encontró un AUC de 0,87 para la IA autónoma frente a 0,81 de los radiólogos en estudios de lectura de mamografía digital (diferencia estadísticamente significativa). En tomosíntesis digital de mama el AUC de la IA fue 0,90 frente a 0,79 de los radiólogos. La IA tendió a mostrar mayor sensibilidad y menor especificidad, lo que se traduce en tasas de recuerdo más elevadas cuando se utiliza como lector único (2,9).

La integración de múltiples fuentes de información (características radiómicas de distintas regiones, datos clínicos y modalidades de imagen complementarias) muestra de forma consistente una mejor discriminación técnica en entornos controlados de evaluación. Sin embargo, esta superioridad no es universal, ya que depende del diseño del estudio, del tipo de pacientes incluidos y de las condiciones de la validación (interna o externa). Existe también un sesgo relacionado con el abanico de pacientes que podría propiciar una sobreestimación de la precisión de los modelos (16-20).

Las limitaciones más comunes que determinaron la calidad de los modelos y de las predicciones fueron el diseño de estudios de tipo retrospectivo y unicéntrico; la falta de análisis de modelos de validación externa (en cuyo caso el rendimiento se veía reducido); las diferencias en los procedimientos de imagen y los umbrales de clasificación; las distribuciones desiguales de casos; y las características demográficas de determinados grupos de pacientes. Estas características suponen una limitación a la hora de aplicar los modelos en otras situaciones clínicas y explotar su verdadero potencial.

*Tabla 1. Resumen de rendimiento diagnóstico reportado en metaanálisis principales.*

| Modalidad | Tipo de evidencia | Sensibilidad | Especificidad | AUC | Referencia |
|---|---|---|---|---|---|
| Ecografía | Metaanálisis (20 estudios) | 0,93 | 0,90 | 0,732 | (3) |
| Ecografía multimodal | Subgrupo del metaanálisis | 0,93 | 0,88 | 0,787 | (3) |
| Mamografía | Estudios de lectura | — | — | 0,87 | (2) |
| DBT | Estudios de lectura | — | — | 0,90 | (2) |

# DISCUSIÓN

Los hallazgos de esta revisión indican que la inteligencia artificial basada en deep learning ha alcanzado un nivel de desarrollo técnico que permite considerarla una herramienta complementaria en la caracterización de masas mamarias. Los valores de sensibilidad y especificidad reportados en metaanálisis de ecografía, así como los AUC de estudios de lectura en mamografía, sugieren un potencial clínico significativo, particularmente en escenarios donde la disponibilidad de radiólogos especializados es limitada o donde se busca reducir la variabilidad interobservador (2,3).

Sin embargo, hay que tener en cuenta que se ha constatado una discrepancia entre los resultados experimentales y el rendimiento de estas herramientas en el ámbito clínico real. El éxito técnico de las soluciones multimodales debe evaluarse en contextos específicos, teniendo en cuenta las características de los pacientes, las lesiones analizadas y el diseño del estudio. En mi opinión, basada en los resultados experimentales presentados y en las declaraciones de las sociedades europeas de referencia, la mejor opción es considerar a la IA como una herramienta de apoyo o una segunda opinión, más que como un sustituto de la opinión humana profesional real (7,10,11).

Los estudios mencionados anteriormente presentan ciertas limitaciones que deben tenerse en cuenta a la hora de aplicar las mismas tecnologías en la práctica clínica. Entre ellas, cabe destacar que son retrospectivos, de carácter monocéntrico, carecen de validación externa y están formados por un grupo de población limitado. Es evidente que las aplicaciones prácticas de estos sistemas requieren una investigación adicional, en la que se estudien sus efectos reales sobre parámetros clínicos importantes, como la tasa de detección de tumores, las tasas de cáncer entre los que fueron pasados por alto, la tasa de detección y la necesidad de biopsia.

También es necesario considerar la implementación de decisiones similares en entornos clínicos reales, con sus múltiples dilemas éticos, legales y políticos, algunos de los cuales pueden tener repercusiones catastróficas para todos los implicados.

## CONCLUSIONES

Los sistemas de inteligencia artificial basados en deep learning demuestran un rendimiento diagnóstico prometedor para la caracterización de masas mamarias benignas y malignas en mamografía y ecografía, con sensibilidades combinadas cercanas a 0,92–0,93 y especificidades de 0,88–0,91 en ecografía, y AUC de aproximadamente 0,87–0,90 en estudios de lectura de mamografía. Por otro lado, hay que reconocer que los estudios son principalmente retrospectivos y de un solo centro, y que se necesitan investigaciones prospectivas y multicéntricas para confirmar estos resultados.

Los modelos que combinan diversas fuentes de información suelen ofrecer mejor discriminación que aquellos que solo utilizan una, pero dicha discriminación no está exenta de reactividad. Habría que llevar a cabo estudios prospectivos y multicéntricos para evaluar las aplicaciones clínicas de la inteligencia artificial (IA) en materia de imagenología mamaria, con el fin de establecer si la tecnología permite un diagnóstico más preciso; además, habría que abordar las preocupaciones normativas y éticas expresadas. En la actualidad, la posición más defendible es la de la IA como herramienta complementaria al radiólogo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bray F, Laversanne M, Sung H, Ferlay J, Siegel RL, Soerjomataram I, Jemal A. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. CA Cancer J Clin. 2024;74(3):229-263. doi:10.3322/caac.21834
2. Yoon JH, Strand F, Baltzer PAT, Conant EF, Gilbert FJ, Lehman CD, Morris EA, Mullen LA, Nishikawa RM, Sharma N, Vejborg I, Moy L, Mann RM. Standalone AI for breast cancer detection at screening digital mammography and digital breast tomosynthesis: a systematic review and meta-analysis. Radiology. 2023;307(5):e222639. doi:10.1148/radiol.222639
3. Li H, Zhao J, Jiang Z. Deep learning-based computer-aided detection of ultrasound in breast cancer diagnosis: a systematic review and meta-analysis. Clin Radiol. 2024;79(11):e1403-e1413. doi:10.1016/j.crad.2024.08.002
4. Dan Q, Xu Z, Burrows H, Bissram J, Stringer JSA, Li Y. Diagnostic performance of deep learning in ultrasound diagnosis of breast cancer: a systematic review. NPJ Precis Oncol. 2024;8(1):21. doi:10.1038/s41698-024-00514-z
5. Sounderajah V, Ashrafian H, Rose S, Shah NH, Ghassemi M, Golub R, et al. A quality assessment tool for artificial intelligence-centered diagnostic test accuracy studies: QUADAS-AI. Nat Med. 2021;27(10):1663-1665. doi:10.1038/s41591-021-01517-0
6. Baethge C, Goldbeck-Wood S, Mertens S. SANRA—a scale for the quality assessment of narrative review articles. Res Integr Peer Rev. 2019;4:5. doi:10.1186/s41073-019-0064-8
7. Gu Y, Xu W, Liu T, An X, Tian J, Ran H, et al. Deep Learning-assisted Diagnosis of Breast Lesions on US Images: A Multivendor, Multicenter Study. Radiol Artif Intell. 2023;5(5):e220185. doi:10.1148/ryai.220185

8. Gu Y, Xu W, Liu T, et al. Ultrasound-based deep learning in the establishment of a breast lesion risk stratification system: a multicenter study. Eur Radiol. 2023;33(4):2954-2964. doi:10.1007/s00330-022-09263-8
9. Scaranelo AM. Standalone AI in Breast Cancer Screening: Where We Are and What Is to Be Achieved. Radiology. 2023;307(5):e230935. doi:10.1148/radiol.230935
10. Athanasiou A, Appelman L, Pijnappel RM, Gilbert FJ, Pediconi F, Mann R. ESR Essentials: diagnostic work-up in patients with symptomatic breast disease—practice recommendations by the European Society of Breast Imaging. Eur Radiol. 2025;35(2):723-732. doi:10.1007/s00330-024-10980-5
11. Klontzas ME, Groot Lipman KBW, Akinci D'Antonoli T, Andreychenko A, Cuocolo R, Dietzel M, et al. ESR Essentials: common performance metrics in AI—practice recommendations by the European Society of Medical Imaging Informatics. Eur Radiol. 2026;36(2):1528-1540. doi:10.1007/s00330-025-11890-w
12. Singla V, Garg D, Negi S, Mehta N, Pallavi T, Choudhary S, Dhiman A. Deep learning powered breast ultrasound to improve characterization of breast masses: a prospective study. Acta Radiol. 2026;67(1):13-23. doi:10.1177/02841851251377927
13. Vallez N, Mateos-Aparicio-Ruiz I, Rienda MA, Deniz O, Bueno G. Comparative analysis of deep learning methods for breast ultrasound lesion detection and classification. Phys Med. 2025;134:104993. doi:10.1016/j.ejmp.2025.104993
14. Lin X, Liao T, Yang Y, Ouyang R, Zhou Y, Lai X, Ma J. Value of deep learning model for predicting Breast Imaging Reporting and Data System 3 and 4A lesions on mammography. Quant Imaging Med Surg. 2025;15(5):4047-4058. doi:10.21037/qims-24-1523
15. Breast Cancer Diagnosis Using a Dual-Modality Complementary Deep Learning Network With Integrated Attention Mechanism Fusion of B-Mode Ultrasound and Shear Wave Elastography. Ultrasound Med Biol. 2025;51(11):2135-2143. doi:10.1016/j.ultrasmedbio.2025.08.007
16. Tian R, Lu G, Tang S, Sang L, Ma H, Qian W, Yang W. Benign and malignant classification of breast tumor ultrasound images using conventional radiomics and transfer learning features: A multicenter retrospective study. Med Eng Phys. 2024;125:104117. doi:10.1016/j.medengphy.2024.104117
17. Bruno P, Macrì M, Dodaro C, et al. A Dual-stage Deep Learning Framework for Breast Ultrasound Image Segmentation and Classification. J Med Syst. 2025;49(1):162. doi:10.1007/s10916-025-02298-6
18. Bunnell A, Valdez D, Wolfgruber TK, Quon BK, Hung K, Hernandez BY, Seto TB, Killeen J. Prediction of mammographic breast density based on clinical breast ultrasound images using deep learning: a retrospective analysis. Lancet Reg Health Am. 2025;46:101096. doi:10.1016/j.lana.2025.101096
19. Acosta-Jiménez S, Mendoza-Mendoza MM, Galván-Tejada CE, Celaya-Padilla JM, Galván-Tejada JI, Soto-Murillo MA. Explainable Deep Learning for Breast Lesion Classification in Digital and Contrast-Enhanced Mammography. Diagnostics (Basel). 2025;15(24):3143. doi:10.3390/diagnostics15243143

20. Shia WC, et al. Deep learning-based classification of benign and malignant breast microcalcifications in mammography. Sci Rep. 2025;15(1):42768. doi:10.1038/s41598-025-27149-9

ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Octubre 2026
Vol. 7 No. 21, PP. 475-487
https://doi.org/10.56519/6yshzb31

# AVANCES EN EL DIAGNÓSTICO TEMPRANO, BIOMARCADORES Y ESTRATEGIAS TERAPÉUTICAS DE LA ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA EN GATOS: REVISIÓN SISTEMÁTICA Y METAANÁLISIS

# ADVANCES IN EARLY DIAGNOSIS, BIOMARKERS, AND TREATMENT STRATEGIES FOR CHRONIC KIDNEY DISEASE IN CATS: A SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS

Jimmy Santiago Venegas López[1], Diana Victoria Velasco Gaibor[2], Samantha Dayanara Valdez Vela[3], Natalia Stefanía Trujillo Santillán[4]

{santivenegas3710@gmail.com[1], velascogaiborvicky@gmail.com[2], dayanara.valdez@espoch.edu.e [3], natalia.trujillo@espoch.edu.ec[4]}

Fecha de recepción: 10/07/2026 / Fecha de aceptación: 28/09/2026 / Fecha de publicación: 14/10/2026

**RESUMEN: La enfermedad renal crónica (ERC) figura entre las afecciones metabólicas más prevalentes en medicina felina y se erige como la primera morbilidad-mortalidad en gatos geriátricos, siendo la prevalencia totalmente exponencial al aumento de edad. La sensibilidad de los biomarcadores clásicos es muy baja lo que impide que el diagnóstico sea rápido y, por tanto, que el inicio de las estrategias terapéuticas que frenan esta progresión sean lo suficientemente rápidas. Nuestra intención es sintetizar y analizar de forma crítica la evidencia científica publicada entre 2016 y 2026 acerca de los avances en el diagnóstico temprano, los biomarcadores emergentes y las estrategias de terapia en la ERC felina. Se ha realizado una revisión sistemática del tipo bibliográfico de acuerdo a las directrices PRISMA 2020, a través de una búsqueda estructurada en bases de datos indexadas (PubMed, Scopus, Web of Science y SciELO), con selección de artículos originales, ensayos clínicos o estudios de cohortes y revisiones sistemáticas publicadas en revistas de alto impacto. La evidencia analizada pone de manifiesto que la dimetilarginina simétrica (SDMA) mejora la detección temprana en relación a la creatinina sérica, que biomarcadores emergentes como el factor de crecimiento fibroblástico 23 (FGF-23), la cistatina C y marcadores urinarios de daño tubular amplían la ventana diagnóstica, y que intervenciones terapéuticas como dietas renales restringidas en fósforo, bloqueo del sistema renina-angiotensina-aldosterona, quelantes de fósforo y agentes estimulantes de la eritropoyesis prolongan significativamente la supervivencia y la calidad de vida. La estrategia multiparamétrica que combina biomarcadores clásicos y emergentes con el**

[1]Investigador Independiente, Ecuador, https://orcid.org/0009-0003-7309-9611
[2]Investigador Independiente, https://orcid.org/0009-0001-1367-857X
[3]Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), https://orcid.org/0009-0004-6485-3456
[3]Grupo de Investigación en Ciencias Veterinarias, Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), https://orcid.org/0009-0001-4934-5822

**sistema de estadificación IRIS permite anticipar el diagnóstico e individualizar el tratamiento mejorando el pronóstico de los felinos afectados.**

***Palabras clave: Enfermedad renal crónica, gatos, biomarcadores, dimetilarginina simétrica, diagnóstico temprano, revisión sistemática***

**ABSTRACT: Chronic kidney disease (CKD) is among the most prevalent metabolic conditions in feline medicine and is the leading cause of morbidity and mortality in geriatric cats, with its prevalence increasing exponentially with age. The sensitivity of classic biomarkers is very low, which prevents rapid diagnosis and, consequently, delays the timely initiation of therapeutic strategies to slow the disease's progression. Our aim is to synthesize and critically analyze the scientific evidence published between 2016 and 2026 regarding advances in early diagnosis, emerging biomarkers, and treatment strategies for feline CKD. A bibliographic systematic review was conducted in accordance with the PRISMA 2020 guidelines, using a structured search of indexed databases (PubMed, Scopus, Web of Science, and SciELO), with selection of original articles, clinical trials, cohort studies, and systematic reviews published in high-impact journals. The evidence reviewed shows that symmetric dimethylarginine (SDMA) improves early detection compared to serum creatinine, that emerging biomarkers such as fibroblast growth factor 23 (FGF-23), cystatin C, and urinary markers of tubular damage broaden the diagnostic window; and that therapeutic interventions such as phosphorus-restricted renal diets, blockade of the renin-angiotensin-aldosterone system, phosphorus binders, and erythropoiesis-stimulating agents significantly prolong survival and quality of life. The multiparametric strategy, which combines classic and emerging biomarkers with the IRIS staging system, allows for earlier diagnosis and individualized treatment, thereby improving the prognosis for affected cats.**

***Keywords: Chronic kidney disease, cats, biomarkers, symmetric dimethylarginine, early diagnosis, systematic review***

## INTRODUCCIÓN

La enfermedad renal crónica (ERC) es un síndrome polimorfo que ha sido concebido a partir del reconocimiento de la presencia de anomalías estructurales o funcionales del riñón, que se mantienen durante un periodo igual o superior a tres meses, y es una de las enfermedades no infecciosas más comunes en la especie felina (1), (2). A diferencia de otras especies domésticas, los gatos tienen una susceptibilidad muy característica al deterioro progresivo de la función renal, considerándose actualmente como uno de los ejes prioritarios de investigación en el ámbito de la nefrología veterinaria durante la última década. Diversas guías de consenso internacional como las producidas por la International Society of Feline Medicine (ISFM) han hecho hincapié en la necesidad de estandarizar los criterios diagnósticos y terapéuticos para poder mejorar el pronóstico de los pacientes felinos que padecen esta enfermedad (1).

Desde un razonamiento general, la fisiopatología de la ERC felina es un ciclo de lesión y compensación a nivel de las nefronas restantes. Una vez se produce el evento lesivo inicial, los mecanismos de adaptación como el aumento de la filtración glomerular por nefrona, la hipertensión glomerular o la hipertrofia compensatoria permiten que la homeostasis renal se mantenga durante un largo periodo de tiempo, aunque dicho mecanismo, posteriormente, acabe resultando desadaptativo, favoreciendo la fibrosis tubulointersticial progresiva, junto a la pérdida irreversible de nefronas funcionales (2), (3). Esta dinámica explica que en la práctica clínica la mayoría de los gatos permanezcan asintomáticos hasta la pérdida de una parte importante de la masa renal funcional, constituyendo un obstáculo para el diagnóstico precoz de la enfermedad (4), (5).

Desde el punto de vista epidemiológico, los estudios poblacionales de gran escala han conferido con mayor contundencia la magnitud del problema. Tanto un estudio de cohorte retrospectivo realizado en el Reino Unido mediante la plataforma VetCompass con amplia muestra de gatos atendidos en las clínicas de atención primaria, como un reciente análisis clínico-epidemiológico desarrollado mediante una cohorte prospectiva y retrospectiva de gatos revisados en un período de 4 años, han puesto de manifiesto que la enfermedad renal crónica es una de las principales causas de consulta y de eutanásia en felinos mayores de 5 años, pero se ha constatado que la prevalencia general de la misma va aumentando con la edad y puede llegar a ser entre el 20% y el 50% en felinos mayores de 10 años, ver constatándose una mayor frecuencia en los animales de raza pura y en gatos esterilizados. Tales tendencias han sido corroboradas mediante todo un análisis basado en minería de datos textuales sobre grandes volúmenes de historiales clínicos, que avalan el aumento de los diagnósticos de ERC en la población geriátrica (≥ 12 años) felina en los últimos años (6).

Los factores de riesgo asociados también han sido investigados en numerosas ocasiones. Una investigación prospectiva observacional de gran tamaño, que hizo el seguimiento de una cohorte de gatos inicialmente no azotémicos, encontró que la condición corporal delgada, la enfermedad periodontal, la proteinuria y los niveles de fósforo plasmáticos altos son predictores independientes del posterior desarrollo de la azotemia (7). Siguiendo la misma línea, un análisis de casos y controles mostró que la dieta exclusivamente a base de dietas comerciales secas, la baja ingesta de fibra y el sedentarismo se asocian con un incremento del riesgo de ERC; no obstante, estos hallazgos se deben interpretar con precaución por los sesgos propios de los diseños retrospectivos (8). Como complemento, un estudio de supervivencia realizado sobre una extensa base de datos de hospitales de atención primaria mostró que la enfermedad periodontal avanzada aumentaba significativamente el riesgo de desarrollar ERC azotémica.

Este último estudio permitiría suponer que la inflamación sistémica crónica de origen extra-renal podría ser un factor contribuyente en la progresión de la enfermedad (9). Desde la perspectiva fisiopatológica, la activación permanente del sistema renina-angiotensina-aldosterona (SRAA), tanto de forma sistémica como a nivel intrarrenal, es uno de los mecanismos principales en el avance de la ERC felina, generando hipertensión glomerular, proteinuria y fibrosis tubulointersticial (3), (10) al mismo tiempo, la retención de fósforo como consecuencia de la disminución de la tasa de filtración glomerular provoca hiperparatiroidismo renal secundario, que

se trata de una patología del metabolismo mineral que está muy ligada a la mineralización de los tejidos blandos y con un peor pronóstico a largo plazo (10). Estos hechos han dirigido la investigación hacia la búsqueda de biomarcadores que sean capaces de determinar estas alteraciones antes de que la enfermedad se encuentre en la fase de azotemia franca.

En este sentido, la mayor limitación a la hora de utilizar los clásicos marcadores de la función renal la creatinina en suero y el nitrógeno ureico en sangre se basa en su naturaleza no lineal con respecto a la tasa de filtración glomerular de tal forma que sus concentraciones empiezan a aumentar de forma ostensible sólo cuando se ha perdido aproximadamente el 75% de la función renal (11). Esta situación ha hecho posible que se desarrollen y se validen biomarcadores más sensibles; un ejemplo es la dimetilarginina simétrica (SDMA, por sus siglas en inglés), un aminoácido metilado que se correlaciona de una forma más lineal con la tasa de filtración glomerular y que no se encuentra alterado por la masa muscular del paciente (11). Recientemente, tratamientos de metabolómica dirigida utilizando algoritmos de machine learning han identificado más marcadores como la 3-hidroxikinurenina que son capaces de predecir el diagnóstico de la enfermedad renal crónica con hasta 6 meses de antelación a lo que lo pueden hacer los métodos actuales convencionales (12).

La presencia de ERC en felinos no es una condición que se manifiesta por sí misma, sino que muchas veces se acompaña de diferentes alteraciones sistémicas, las cuales contribuyen tanto al diagnóstico como al manejo terapéutico de la enfermedad. Entre ellas podemos citar la hipertensión arterial sistémica, que está presente en una alta proporción de los pacientes y que se asocia a proteinuria y a mayor riesgo de daño a nivel de los órganos diana, lo que ha motivado la existencia de guías de consenso para su diagnóstico y control (13), (14), así como la existencia de episodios de lesión renal aguda superpuestos a la enfermedad crónica preexistente, cuya identificación resulta crucial para el pronóstico del paciente (15), así como la participación de diferentes agentes infecciosos virales, bacterianos, parasitarios en el inicio o la progresión del daño renal felino (16).

A pesar de los logros expuestos en los párrafos anteriores, la discrepancia diagnóstica entre el inicio del daño renal y su detección clínica mediante los métodos tradicionales se mantiene como una realidad ineludible. La incapacidad de establecer el diagnóstico temprano implica por su parte la imposibilidad de poner en marcha de forma precoz las intervenciones terapéuticas que tienen evidencia suficiente para poder cambiar la historia natural de la enfermedad, perpetuando un modelo puramente reactivo de enfoque de las enfermedades de los gatos, consistente en estabilizar a los pacientes ya azotémicos. Con todo, la evidencia sobre la eficacia comparativa de las distintas estrategias de tratamiento (dieta renal, bloqueadores del SRAA, quelantes del fósforo y estimuladores de la eritropoyesis) sigue estando dispersa y no hay una revisión sistemática que la haya aglutinado bajo criterios metodológicos homogéneos, dificultándose su traducción a recomendaciones clínicas basadas en la evidencia de nivel alto. Por tanto, conviene hacerse la siguiente pregunta: ¿cuál es el estado de la evidencia científica de alto impacto sobre el diagnóstico precoz, los biomarcadores emergentes y las estrategias terapéuticas más eficaces para la enfermedad renal crónica en gatos?

La revisión está justificada por la alta prevalencia de la ERC en los gatos geriátricos, por el impacto que esta provoca en la calidad de vida y la supervivencia de los pacientes y por la necesidad de poder ofrecer una revisión que sistematice de forma actualizada y rigurosa el conocimiento para la toma de decisiones clínicas del médico veterinario. La sistematización de la evidencia publicada entre 2016 y 2026 permite identificar vacíos de conocimiento, clasificar las intervenciones con más respaldo científico y proponer líneas de futura investigación para cerrar la brecha diagnóstica que hemos descrito.

Analizar de forma sistemática la evidencia científica publicada entre 2016 y 2026 sobre los avances en el diagnóstico temprano, los biomarcadores emergentes y las estrategias terapéuticas de la enfermedad renal crónica en gatos, con el objetivo de poder sintetizar la evidencia existente para su traducción a la práctica clínica veterinaria.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El contenido de la presente traducción corresponde a los resultados de una revisión bibliográfica, adoptando la modalidad de revisión sistemática de tipo descriptivo-analíticoc, pero con un énfasis de apecto de metaanálisis narrativo de los resultados cuantitativos aportados en los estudios de ámbito primario. A través de la identificación, selección y síntesis de la evidencia se realizó bajo las pautas establecidas por la declaración PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), un recurso metodológico que fundamenta las revisiones sistemáticas en ciencias de la salud ampliamente aceptado por la comunidad científica para garantizar la transparencia y reproducibilidad de las revisiones sistemáticas. La unidad de análisis estuvo compuesta por artículos científicos originales, ensayos clínicos controlados aleatorizados, estudios de cohorte prospectivos, estudios de cohorte retrospectivos, estudios transversales y revisiones sistemáticas que abordaran la enfermedad renal crónica en gatos domésticos (Felis catus) (diagnóstico, biomarcadores o tratamiento) publicados en revistas científicas indexadas entre enero de 2016 y julio de 2026.

El ámbito de la búsqueda de la información se llevó a cabo en un ambiente digital mediante la búsqueda activa de bases de datos bibliográficas indexadas de carácter internacional: PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, SciELO, en combinación con la búsqueda de las referencias bibliográficas de los artículos que estaban incluidos (búsqueda de bola de nieve).Se incluyeron como variables de interés: autor/i, año de publicación del trabajo, país de publicación del estudio, diseño, tamaño de muestra, tipo de biomarcador o intervención terapéutica evaluada, principales resultados hallados e informes sobre medidas de asociación o efecto (razón de momios, intervalos de confianza, valores de sensibilidad y especificidad, significancia estadística).

El grado de heterogeneidad de los diseños metodológicos y de las variables de desenlace informadas por los estudios primarios (los cuales usaron métodos de recopilación de datos cuantitativos muy diferentes) no permitió realizar un metaanálisis cuantitativo formal con modelos de efectos fijos o aleatorios y se optó por una síntesis narrativa estructurada que se

apoyó paralelamente en la tabulación comparativa de los principales resultados cuantitativos (sensibilidad, especificidad, área bajo la curva, razones de momios y p-valor) informados por los estudios incluidos en el trabajo, basado en un enfoque de síntesis de mejor evidencia disponible.

***Tabla 1. Síntesis de la metodología de búsqueda bibliográfica aplicada, siguiendo los lineamientos PRISMA 2020***

| Componente | Descripción |
|---|---|
| Bases de datos | PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, SciELO |
| Términos de búsqueda | "feline chronic kidney disease", "cats" AND "biomarkers", "SDMA", "IRIS staging", "renal diet cats", "telmisartan cats", "anemia chronic kidney disease cats", combinados con operadores booleanos AND/OR |
| Periodo de búsqueda | Enero de 2016 a julio de 2026 |
| Criterios de inclusión | Artículos originales, ensayos clínicos, estudios de cohorte y revisiones sistemáticas sobre ERC felina; publicados en revistas indexadas; texto completo disponible; idioma inglés o español |
| Criterios de exclusión | Resúmenes de congresos, cartas al editor, estudios exclusivamente en otras especies, artículos sin revisión por pares, duplicados |
| Proceso de selección | Identificación → cribado por título y resumen → evaluación de texto completo → inclusión final, siguiendo el diagrama de flujo PRISMA 2020 |
| Evaluación de calidad | Valoración del diseño metodológico, tamaño muestral y riesgo de sesgo de cada estudio incluido |
| Estudios incluidos | 24 fuentes primarias y secundarias procedentes de revistas indexadas de alto impacto |

La aplicación del protocolo PRISMA 2020 permitió establecer un proceso de búsqueda transparente y reproducible y, por lo tanto, minimizar de esta forma el riesgo de sesgo de selección propio de las revisiones narrativas tradicionales; la combinación de bases de datos biomédicas generalistas (PubMed, Scopus, Web of Science) para aumentar la cobertura geográfica de la evidencia recuperada con una base de datos de ámbito regional (SciELO), y la búsqueda mediante bola de nieve sobre las listas de referencias de los artículos clave en el presente caso, particularmente las revisiones sobre biomarcadores renales felinos, nos permitió recuperar estudios adicionales, no recuperados por las cadenas de búsqueda iniciales. La priorización de estudios publicados en revistas indexadas con proceso de arbitraje por pares y la exclusión de fuentes grises garantizan un nivel adecuado de rigor científico capaz de sustentar las conclusiones de la presente revisión.

## RESULTADOS

A continuación, en condiciones de exponer las principales conclusiones que se han obtenido en la literatura revisada insertadas en tres ejes temáticos (a) Epidemiología y factores de riesgo, (b) Biomarcadores diagnósticos tradicionales y emergentes y (c) Estrategias terapéuticas.

### Epidemiología y factores de riesgo

Con anterioridad a ofrecer los datos numéricos, cabe apuntar que los estudios epidemiológicos incluidos en esta revisión coinciden en la identificación de la edad avanzada, la predisposición

racial y la determinación de ciertas comorbilidades como los determinantes principales del riesgo de ERC felina y en la Tabla 2 se recogen las prevalencias y los factores de riesgo y los hallazgos más relevantes de los estudios poblacionales incluidos en la presente revisión.

***Tabla 2. Prevalencia y factores de riesgo de la enfermedad renal crónica felina reportados en estudios poblacionales (2016-2026)***

| Estudio | Diseño / n | Prevalencia reportada | Principales factores de riesgo |
|---|---|---|---|
| Conroy et al. (4) | Cohorte retrospectiva (VetCompass, Reino Unido) | ERC entre las principales causas de consulta y eutanasia en gatos > 5 años | Edad avanzada; atención primaria |
| Grecu et al. (5) | Cohorte clínico-epidemiológica, 4 años, n = 120 | 20-50% en gatos > 10 años | Edad, raza pura, esterilización, vida en interior, dieta deficiente |
| Dadousis et al. (6) | Minería de datos textuales (historiales clínicos) | Tendencia creciente en la última década | Envejecimiento poblacional, mejor detección |
| Finch et al. (7) | Cohorte prospectiva, gatos no azotémicos | Progresión a azotemia en subgrupo de seguimiento | Condición corporal delgada, proteinuria, fósforo elevado, enfermedad periodontal |
| Piyarungsri y Pusoonthornthum (8) | Casos y controles | No aplica (estudio de asociación) | Dieta seca exclusiva, baja fibra, sedentarismo |
| Trevejo et al. (9) | Análisis de supervivencia, hospitales de atención primaria | No aplica (estudio de asociación) | Enfermedad periodontal avanzada |

Por lo tanto y a partir del análisis conjunto de tales estudios se destaca la notable heterogeneidad en los porcentajes de prevalencia, explicable porque los criterios diagnósticos empleados son dispares (azotemia aislada o criterios multiparamétricos que incluyen la SDMA) y las poblaciones también son dispares (atención primaria o centros de referencia). Con todo, todos los trabajos abogan por la edad como el más sólido de los factores de riesgo, con una prevalencia que asciende de forma simultánea a la edad de los siete años; este hecho, junto a que los hallazgos de los estudios europeos (4), (5) son convergentes con los asiáticos (8) nos permitiría generalizar los factores de riesgo de forma más allá de un contexto geográfico, si bien las diferencias de las prácticas de alimentación y manejo podrían modular su magnitud de forma relativa.

**Biomarcadores diagnósticos: de la creatinina a las herramientas multiparamétricas**

El segundo eje de resultados tiene como centro el rendimiento comparativo de los biomarcadores que se aplican para el diagnóstico precoz de la ERC felina. La revisión de Kongtasai et al. (11) es una de las más completas en la medida en que aborda este tema, clasificando los biomarcador es de acuerdo a su origen fisiopatológico (filtración glomerular, daño tubular, daño glomerular y fibrosis renal). La Tabla 3 recoge el rendimiento para el diagnóstico de los principales biomarcadores que encontrábamos en la literatura revisada.

***Tabla 3. Comparación del desempeño diagnóstico de biomarcadores tradicionales y emergentes en la enfermedad renal crónica felina***

| Biomarcador | Origen / mecanismo | Ventaja principal | Limitación principal |
|---|---|---|---|
| Creatinina sérica | Filtración glomerular (marcador clásico) | Ampliamente disponible, bajo costo | Se eleva solo tras ~75% de pérdida de función renal; influida por masa muscular (11) |
| SDMA | Filtración glomerular (marcador emergente) | Detecta reducciones de TFG de hasta ~40%; no influida por masa muscular (11) | Especificidad aún en estudio; variabilidad racial |
| FGF-23 | Metabolismo mineral (fósforo) | Detecta retención de fósforo antes de la hiperfosfatemia franca (10), (11) | Disponibilidad limitada en la práctica clínica de rutina |
| Cistatina C | Filtración glomerular | No influida por masa muscular | Ensayos específicos para gato aún limitados (11) |
| Cistatina B / RBP urinarias | Daño tubular | Detectan lesión tubular activa con creatinina aún estable (11) | Uso mayormente circunscrito a investigación |
| 3-hidroxikinurenina (S/U) | Metabolómica dirigida | Anticipa el diagnóstico hasta 6 meses antes que los métodos convencionales (AUC 0,844) (12) | Requiere plataformas de metabolómica no disponibles de forma rutinaria |

Los resultados que recoge la Tabla 3 muestran una transición progresiva desde un modelo diagnóstico reactivo, sólo basada en la azotemia, a un modelo multiparamétrico con marcadores de filtración, de daño tubular, de disfunción mineral, etc. El estudio de Vanden Broecke et al. (12) que combinaba metabolómica dirigida con algoritmos de machine learning, representa uno de los desarrollos más novedosos que hemos encontrado en la presente revisión, ya que este estudio demuestra que la razón sérica/urinaria del metabolito 3-hidroxikinurenina permitirá anticipar el diagnóstico de ERC estadio 2 en la clasificación IRIS hasta 6 meses antes que los criterios estándar, con un área bajo la curva de 0,844 y una exactitud del 80,4%. Este resultado avala la hipótesis de que la ventana diagnóstica de la ERC felina podría ser ampliada de manera clara a través de la adición de las tecnologías ómicas, a pesar de que su transferencia a la práctica clínica habitual todavía encuentra obstáculos relacionados con el coste y la disponibilidad de los ensayos.

## Estrategias terapéuticas

El tercer eje de resultados que se abordan en este estudio es aquello sobre la evidencia que existe en relación a las principales intervenciones terapéuticas que se llevan a cabo en la ERC felina, haciendo hincapié en los ensayos clínicos controlados, que han sido publicados a lo largo del periodo en estudio. En la Tabla 4 se recogen los principales resultados de los estudios de eficacia terapéutica.

***Tabla 4. Principales estrategias terapéuticas evaluadas en la enfermedad renal crónica felina y su evidencia de eficacia***

| Intervención | Estudio / diseño | Principal hallazgo | Relevancia clínica |
|---|---|---|---|
| Dieta renal restringida en fósforo | Magalhães et al. (17), ensayo de aceptación en gatos sanos | Buena aceptación y preferencia de la dieta renal comercial evaluada | La adherencia dietética condiciona el éxito del manejo nutricional a largo plazo |
| Suplementación con magnesio en dieta renal | Tang et al. (18), ensayo aleatorizado doble ciego, n = 60 | Estabilización de FGF-23 plasmático y prevención de hipercalcemia con dieta enriquecida en magnesio | Estrategia adyuvante para el control del trastorno mineral-óseo de la ERC (CKD-MBD) |
| Bloqueo del SRAA (telmisartán) | Lourenço et al.(19), ensayo clínico aleatorizado doble ciego (perros, extrapolable) | Eficacia antiproteinúrica del telmisartán comparable a los inhibidores de la ECA | Alternativa terapéutica para el control de la proteinuria renal |
| Quelantes de fósforo | Caney (20), encuesta a propietarios (Reino Unido) | Uso variable de quelantes intestinales de fósforo como complemento a la dieta renal | La combinación dieta + quelante mejora el control del fósforo en pacientes no adherentes a la dieta |
| Detección y manejo de la mineralización renal | Tang et al. (21,22), estudios de cohorte prospectivos | La nefrocalcinosis ecográfica se asocia con progresión de la ERC (aumento de creatinina, fósforo y FGF-23) | El control del calcio y el fósforo puede enlentecer la progresión estructural del daño renal |
| Control de la hipertensión y la proteinuria | De Freitas et al. (23), estudio observacional | Asociación significativa entre presión arterial elevada y proteinuria en gatos con ERC | Refuerza la necesidad de vigilancia tensional sistemática en la subestadificación IRIS |

Al reunir los estudios terapéuticos en esta temática, se observa que ninguna intervención por sí misma modifica de manera clara el curso de la ERC felina, al contrario, la evidencia favorece una aproximación combinada, que incluiría el control dietético del fósforo (17), el bloqueo farmacológico del SRAA para el control de la proteinuria (19), así como la suplementación adyuvante orientada al eje mineral-óseo (18)(21), (22) y el control sistemático de la presión arterial (23). Es particularmente relevante el hallazgo de Tang et al. (21), en virtud del cual la nefrocalcinosis determinada mediante ecografía se comporta como un factor pronóstico independiente de progresión, lo que sugiere que el abordaje por imagen debería incluirse con mayor sistematicidad en el protocolo de seguimiento de estos pacientes, tal y como es planteado por el sistema de estadificación IRIS.

## DISCUSIÓN

Los resultados de la revisión actual demuestran que la enfermedad renal crónica del gato representa un problema de salud pública de gran prevalencia y cada vez es de mayor consideración en la práctica cotidiana, como demuestran de manera convergente los estudios

epidemiológicos de Conroy et al. (4) y de Grecu et al. (5), con prevalencias evidenciadas, no obstante, su heterogeneidad metodológica, como el determinante más sólido el de la avanzada edad. Esta convergencia respalda las observaciones previas ya comunmente documentadas en la literatura veterinaria, que consideraban a la senectud del gato como el principal determinante de riesgo no modificable de la enfermedad y favorecen la instauración de recomendaciones de realizar protocolos de screening semestrales a partir de los siete años de edad.

En lo que respecta al diagnóstico, los resultados de la presente revisión coinciden con la evidencia a favor de las limitaciones de la creatinina sérica como biomarcador único, tal como se evidencia en el estudio meticuloso llevado a cabo por Kongtasai et al. (11). No obstante, contrariamente a las revisiones anteriores centradas en la SDMA, el presente artículo incluye la evidencia más reciente de biomarcadores metabolómicos, siendo el estudio de Vanden Broecke y col (12), cuyo rendimiento diagnóstico (AUC 0,844) es superior al de la SDMA como marcador único que se ha reportado históricamente. La contradicción observada sugiere que si bien la SDMA ha supuesto un gran avance con respecto a la creatinina, podría ser superada por los paneles multibiomarcadores basados en metabolómica dirigida (un campo de investigación que, de corroborarse en un trabajo de tamaños muestrales más grandes, podría cambiar los algoritmos diagnósticos que establecemos en la actualidad).

En lo que respecta al componente terapéutico, los resultados logrados coinciden con la evidencia establecida que considera a las dietas renales restringidas en fósforo la intervención con mayor evidencia científica para extender la supervivencia (17), encontrándose, sin embargo, las conclusiones de Tang y col. El trabajo (18) sobre la suplementación con magnesio presenta una nueva variable que no está incluida en las guías de manejo tradicionales, gracias a poder demostrar que la modulación del eje mineral-óseo mediante la implementación de estrategias nutricionales específicas podría tener un efecto preventivo sobre las complicaciones vinculadas al trastorno mineral-óseo de la ERC (CKD-MBD) el cual ha sido menos estudiado en la literatura felina que en la medicina humana.

Con respecto al control de la proteinuria, la evidencia que se analiza sobre el telmisartán, es coherente con la tendencia de la medicina veterinaria hacia la progresiva sustitución de los IECA por los antagonistas del receptor de la angiotensina II, debido a que tienen un perfil de eficacia similar y porque poseen una mejor comodidad posológica. Ahora bien, es importante especificar que la mayoría de las evidencias surgidas en torno a este fármaco de la especie felina provienen de estudios comparativos aplicando muestras moderadas, por lo que la extrapolación de resultados obtenidos en los caninos (19) deberá hacerla con extremo cuidado al no disponer de ensayos específicos con en muestras de mayor potencia estadística en los gatos.

Un resultado particularmente inédito de la presente revisión es la relevancia pronóstica de la nefrocalcinosis mediante ecografía, documentada por Tang et al. (21,22), que contrasta con el tradicional enfoque de la literatura que ha centrado su atención en la evaluación de biomarcadores séricos y urinarios como únicos determinantes de la progresión. La adición de la situación/estado de la evaluación ecográfica renal como instrumento pronóstico adicional es un novedoso área de verificación clínica que trasciende el enfoque diagnóstico más allá de los

parámetros bioquímicos tradicionales, y que sirve de eco a la verificación de De Freitas et al. (23) sobre la asociación entre hipertensión, proteinuria y progresión de la enfermedad.

En su conjunto, la evidencia analizada respalda un modelo de manejo multiparamétrico e individualizado de la ERC felina, basado en la aplicación de biomarcadores tradicionales y emergentes, pero también en la evaluación por imagen y en las estrategias terapéuticas focalizadas en los diferentes mecanismos fisiopatológicos implicados (filtración glomerular, metabolismo mineral, presión arterial y proteinuria). En cuanto a limitaciones de la presente revisión, caben destacar la heterogeneidad de los diseños metodológicos de los estudios primarios, la imposibilidad de aplicar un metaanálisis cuantitativo formal por la diversidad de las medidas de desenlace, así como el hecho de que una parte de la evidencia sobre el bloqueo del SRAA proviene de estudios extrapolados desde la especie canina. Futuros trabajos deben orientarse hacia la validación prospectiva de paneles multibiomarcador en poblaciones felinas extensas y diversas, así como la creación de ensayos clínicos aleatorizados específicos para gatos que permitan consolidar recomendaciones terapéuticas con mayor nivel de evidencia.

## CONCLUSIONES

La enfermedad renal crónica felina constituye una afección de elevada prevalencia en la población geriátrica, cuya detección oportuna continúa limitada por la baja sensibilidad de los biomarcadores tradicionales durante las fases iniciales del daño renal. La evidencia sintetizada en esta revisión permite afirmar que la incorporación de biomarcadores emergentes, en particular la dimetilarginina simétrica y los paneles metabolómicos dirigidos, amplía de forma sustancial la ventana diagnóstica disponible para el clínico, favoreciendo intervenciones más tempranas y potencialmente más efectivas.

En relación con el manejo terapéutico, los resultados confirman que ninguna intervención aislada resulta suficiente para modificar sustancialmente el curso de la enfermedad, por lo que el abordaje más respaldado por la evidencia combina el control dietético del fósforo, el bloqueo farmacológico del sistema renina-angiotensina-aldosterona, la suplementación mineral adyuvante y la vigilancia sistemática de la presión arterial y de la proteinuria, integrados bajo el marco de estadificación y monitorización propuesto por el sistema IRIS.

Finalmente, se concluye que el objetivo planteado en esta investigación sintetizar la evidencia disponible sobre el diagnóstico temprano, los biomarcadores y las estrategias terapéuticas de la enfermedad renal crónica felina ha sido alcanzado de manera satisfactoria, evidenciando que el futuro de la nefrología felina se orienta hacia modelos diagnósticos multiparamétricos y hacia esquemas terapéuticos individualizados, sustentados en biomarcadores de mayor sensibilidad y en la evaluación integral del paciente. Se recomienda que futuras líneas de investigación profundicen en la validación clínica a gran escala de estos biomarcadores emergentes, con el fin de traducir estos avances científicos en protocolos aplicables de manera generalizada en la práctica veterinaria cotidiana.

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS


1. Sparkes AH, Caney S, Chalhoub S, Elliott J, Finch N, Gajanayake I, et al. ISFM Consensus Guidelines on the Diagnosis and Management of Feline Chronic Kidney Disease. J Feline Med Surg. 2016 Mar 2;18(3):219–39. doi:10.1177/1098612X16631234
2. Brown CA, Elliott J, Schmiedt CW, Brown SA. Chronic Kidney Disease in Aged Cats. Vet Pathol. 2016 Mar 11;53(2):309–26. doi:10.1177/0300985815622975
3. Jepson RE. Current Understanding of the Pathogenesis of Progressive Chronic Kidney Disease in Cats. Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice. 2016 Nov;46(6):1015–48. doi:10.1016/j.cvsm.2016.06.002
4. Conroy M, Brodbelt DC, O'Neill D, Chang Y, Elliott J. Chronic kidney disease in cats attending primary care practice in the UK: a VetCompass ™ study. Veterinary Record. 2019 Apr 27;184(17):526–526. doi:10.1136/vr.105100
5. Grecu M, Capotă R, Horhogea C, Rîmbu C, Năstasă V, Tănase O. Epidemiology of Chronic Kidney Disease (CKD) in Cats: An Analysis of the Factors Involved. 2025 Dec 3;15(12):1856. doi:10.3390/life15121856
6. Dadousis C, Whetton AD, Mwacalimba K, Merlo A, Wright A, Geifman N. Renal Disease in Cats and Dogs—Lessons Learned from Text-Mined Trends in Humans. Animals. 2024 Nov 21;14(23):3349. doi:10.3390/ani14233349
7. Finch NC, Syme HM, Elliott J. Risk Factors for Development of Chronic Kidney Disease in Cats. J Vet Intern Med. 2016 Mar 1;30(2):602–10. doi:10.1111/jvim.13917
8. Piyarungsri K, Pusoonthornthum R. Risk and protective factors for cats with naturally occurring chronic kidney disease. J Feline Med Surg. 2017 Apr 10;19(4):358–63. doi:10.1177/1098612X15625453
9. Trevejo RT, Lefebvre SL, Yang M, Rhoads C, Goldstein G, Lund EM. Survival analysis to evaluate associations between periodontal disease and the risk of development of chronic azotemic kidney disease in cats evaluated at primary care veterinary hospitals. J Am Vet Med Assoc. 2018 Mar 15;252(6):710–20. doi:10.2460/javma.252.6.710
10. Rosa S, Silvestre-Ferreira AC, Martins R, Queiroga FP. Understanding the Progression of Chronic Kidney Disease in Cats: From Pathophysiology to Emerging Biomarkers. Vet Sci. 2026 Feb 19;13(2):199. doi:10.3390/vetsci13020199
11. Kongtasai T, Paepe D, Meyer E, Mortier F, Marynissen S, Stammeleer L, et al. Renal biomarkers in cats: A review of the current status in chronic kidney disease. J Vet Intern Med. 2022 Mar 1;36(2):379–96. doi:10.1111/jvim.16377
12. Vanden Broecke E, Van Mulders L, De Paepe E, Paepe D, Daminet S, Vanhaecke L. Early detection of feline chronic kidney disease via 3-hydroxykynurenine and machine learning. Sci Rep. 2025 Feb 26;15(1):6875. doi:10.1038/s41598-025-90019-x
13. Lawson JS, Jepson RE. Feline comorbidities: The intermingled relationship between chronic kidney disease and hypertension. J Feline Med Surg. 2021 Sep 25;23(9):812–22. doi:10.1177/1098612X211037872
14. Taylor SS, Sparkes AH, Briscoe K, Carter J, Sala SC, Jepson RE, et al. ISFM Consensus Guidelines on the Diagnosis and Management of Hypertension in Cats. J Feline Med Surg. 2017 Mar 1;19(3):288–303. doi:10.1177/1098612X17693500

15. Chen H, Dunaevich A, Apfelbaum N, Kuzi S, Mazaki-Tovi M, Aroch I, et al. Acute on chronic kidney disease in cats: Etiology, clinical and clinicopathologic findings, prognostic markers, and outcome. J Vet Intern Med. 2020 Jul 1;34(4):1496–506. doi:10.1111/jvim.15808
16. Hartmann K, Pennisi MG, Dorsch R. Infectious Agents in Feline Chronic Kidney Disease. Advances in Small Animal Care. 2020 Nov;1:189–206. doi:10.1016/j.yasa.2020.07.013
17. Magalhães TR, Corbee RJ, Queiroga FL, Lourenço AL. Acceptance and Preference of a Commercial Dry Renal Diet in Healthy Cats: An In-Home Proof-of-Concept Trial. J Anim Physiol Anim Nutr (Berl). 2026 Jan 22. doi:10.1111/jpn.70043
18. Tang PK, van den Broek DHN, Jepson RE, Geddes RF, Chang YM, Lötter N, et al. Dietary magnesium supplementation in cats with chronic kidney disease: A prospective double-blind randomized controlled trial. J Vet Intern Med. 2024 Jul 1;38(4):2180–95. doi:10.1111/jvim.17134
19. Lourenço BN, Coleman AE, Brown SA, Schmiedt CW, Parkanzky MC, Creevy KE. Efficacy of telmisartan for the treatment of persistent renal proteinuria in dogs: A double-masked, randomized clinical trial. J Vet Intern Med. 2020 Nov 1;34(6):2478–96. doi:10.1111/jvim.15958
20. Caney SM. An online survey of dietary and phosphate binder practices of owners of cats with chronic kidney disease. J Feline Med Surg. 2017 Oct 1;19(10):1040–7. doi:10.1177/1098612X16672999
21. Tang PK, Geddes RF, Chang YM, Jepson RE, van den Broek DHN, Lötter N, et al. Risk factors and implications associated with ultrasound-diagnosed nephrocalcinosis in cats with chronic kidney disease. J Vet Intern Med. 2024 May 1;38(3):1563–76. doi:10.1111/jvim.17034
22. Tang PK, Jepson RE, Chang YM, Geddes RF, Hopkinson M, Elliott J. Risk factors and implications associated with renal mineralization in chronic kidney disease in cats. J Vet Intern Med. 2022 Mar 1;36(2):634–46. doi:10.1111/jvim.16363
23. de Freitas MN, de Freitas MS, da Silva TF, Lopes JM, Gonçalves JACN, Mendonça AJ, et al. Blood pressure and proteinuria in older cats and cats with chronic kidney disease. Vet World. 2025 Feb 27;527–33. doi:10.14202/vetworld.2025.527-533

InvestiGO Revista Científica Multidisciplinaria
ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Octubre 2026
Vol. 7 No. 21, PP. 488-503
https://doi.org/10.56519/jztxp159

# PROYECCIÓN DE LA PRODUCCIÓN BANANERA EN EL ORO: DESARROLLO DE UN MODELO DE REGRESIÓN Y SIMULACIÓN BASADA EN LA RELACIÓN HISTÓRICA ÁREA-RENDIMIENTO (2002-2024)

# PROJECTION OF BANANA PRODUCTION IN EL ORO: DEVELOPMENT OF A REGRESSION AND SIMULATION MODEL BASED ON THE HISTORICAL AREA-YIELD RELATIONSHIP (2002-2024)

Jhon Paulino Camacho Azan[1],Alfredo Rodrigo Colcha Ortiz[2]

{jhon.camacho@unach.edu.ec[1], alfredo.colcha@espoch.edu.ec[2]}

Fecha de recepción: 14/09/2026 / Fecha de aceptación: 08/10/2026 / Fecha de publicación: 14/10/2026

**RESUMEN: El objetivo de este estudio fue evaluar la relación entre superficie plantada y producción bananera en la provincia de El Oro y construir proyecciones exploratorias con simulación de residuos, se utilizaron 23 registros anuales de 2002 - 2024 procedentes de una base de datos de estadísticas agropecuarias oficiales en el Ecuador. La serie completa se empleó para la descripción histórica y el período 2014 - 2024 para el ajuste de regresiones lineal y cuadrática, considerando el cambio metodológico documentado en la ESPAC en 2014. El rendimiento se calculó como producción dividida por superficie cosechada y se analizó como variable complementaria. Los modelos de producción obtuvieron coeficientes de determinación de 0,2300 y 0,2323, respectivamente. El término cuadrático no aportó una mejora estadísticamente significativa y el modelo lineal se conservó por parsimonia. En una validación temporal de cinco años, la regresión lineal presentó un RMSE de 194.160 t, frente a 117.191 t del promedio histórico. La simulación de 10.000 réplicas situó la mediana condicional en 1.405.420 t para 2025 y 1.387.037 t para 2030. El rango P5–P95 de 2030 fue de 1.000.564–1.545.976 t. Estos resultados muestran una capacidad predictiva limitada y deben interpretarse como escenarios sujetos a una trayectoria supuesta de superficie, sin incluir toda la incertidumbre de la proyección. El principal aporte consiste en delimitar el alcance de la relación área–producción y establecer un procedimiento reproducible para su evaluación regional.**

***Palabras clave: Producción bananera, Provincia El Oro, superficie plantada, rendimiento agrícola, regresión lineal, simulación de Monte Carlo, proyección de producción, validación temporal***

[1]Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Chimborazo, https://orcid.org/0009-0000-6413-6378
[2]Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), https://orcid.org/0009-0005-2280-5189

**ABSTRACT: This study evaluated the relationship between planted area and banana production in El Oro province and developed exploratory projections through residual simulation. Twenty-three annual records from 2002 - 2024 were obtained from a cleaned dataset of official agricultural statistics. The full series was used for historical description, whereas linear and quadratic regressions were fitted to 2014 - 2024 data, acknowledging the methodological change documented for the ESPAC survey in 2014. Yield was calculated as production divided by harvested area and analysed as a complementary variable. The production models achieved $R^2$ values of 0.2300 and 0.2323, respectively. The quadratic term provided no statistically significant improvement, and the linear model was retained for parsimony. In a five-year temporal validation, linear regression had an RMSE of 194,160 t, compared with 117,191 t for the historical mean. A simulation with 10,000 replicates produced conditional medians of 1,405,420 t in 2025 and 1,387,037 t in 2030. The 2030 P5–P95 range was 1,000,564–1,545,976 t. Predictive performance was limited, and these results represent scenarios conditional on an assumed area trajectory rather than projections incorporating all sources of uncertainty. The study clarifies the scope of the area–production relationship and provides a reproducible procedure for regional assessment.**

***Keywords: Banana production, El Oro Province, planted area, agricultural yield, linear regression, Monte Carlo simulation, production forecasting, temporal validation***

# INTRODUCCIÓN

La producción bananera ocupa un lugar relevante en el análisis agrícola de la provincia de El Oro por la extensión del cultivo y su vinculación con la economía de los territorios productores. Según la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) de 2024, la provincia concentró el 18,3 % de la superficie nacional cosechada de banano. En conjunto, El Oro, Guayas y Los Ríos reunieron el 87,1 % de esa superficie (1). Esta concentración territorial justifica estudiar las variaciones de la producción provincial y disponer de herramientas que permitan examinar sus posibles trayectorias con información estadística verificable (2).

La importancia del banano también se expresa en las condiciones de vida de las familias vinculadas al cultivo. Vega Armijos et al. analizaron la dependencia económica y social de productores de banano orgánico en el sitio La Palestina, cantón El Guabo, e identificaron la relación de esta actividad con los ingresos y el empleo local (3). Aunque sus resultados corresponden a una población y a un sistema productivo específicos, aportan un antecedente regional para comprender por qué las variaciones del volumen producido pueden ser relevantes más allá de su dimensión agrícola. El seguimiento de la producción resulta, por tanto, de interés para productores, asociaciones e instituciones que necesitan organizar sus actividades con información sobre el contexto provincia (4,5).

La planificación productiva requiere considerar, además, la forma en que se gestionan las unidades agrícolas. Palomeque Solano et al. estudiaron 74 unidades vinculadas a una asociación de productores de El Oro y analizaron dimensiones de planificación, control, soporte tecnológico

y rentabilidad (6). Su trabajo relaciona la gestión de los procesos con el funcionamiento económico de las unidades productivas. Estos antecedentes muestran que la extensión de las plantaciones es solo una parte de la información necesaria para comprender el sector (7). Sin embargo, los resultados de encuestas de gestión no permiten sustituir el análisis de una serie anual de superficie y producción: ambas aproximaciones responden a preguntas y escalas diferentes (8).

La superficie constituye solo uno de los factores relacionados con la producción bananera, las condiciones climáticas, incluidas las alteraciones de las precipitaciones y la temperatura asociadas con El Niño (9), pueden afectar el desarrollo del cultivo y las condiciones de cosecha. Enfermedades como la sigatoka negra pueden comprometer la productividad, mientras que las variaciones de precios y costos de insumos pueden influir en la toma de decisiones de inversión y manejo agrícola (10). Estos factores ofrecen posibles explicaciones de las fluctuaciones productivas que una regresión basada exclusivamente en superficie no representa. Sin embargo, su contribución a la variabilidad de la producción de El Oro no se cuantifica en este estudio, pues la base analizada no incorpora indicadores climáticos, fitosanitarios ni económicos (11).

Desde el punto de vista productivo, el volumen anual de banano está vinculado con la superficie que se cosecha y el rendimiento obtenido en ella. Cuando el rendimiento agregado se calcula dividiendo producción entre superficie cosechada, la igualdad producción igual a área cosechada por rendimiento constituye una identidad de cálculo. La superficie plantada describe la extensión ocupada por el cultivo, pero no coincide necesariamente con la superficie cosechada en un año (12). Por ello, el análisis debe distinguir expansión del área, participación del área cosechada y productividad por hectárea. Una producción mayor puede coexistir con menor superficie si el rendimiento agregado aumenta, aunque los datos provinciales por sí solos no identifican las causas de ese cambio (13).

La interpretación histórica también depende de la comparabilidad de las estadísticas, la documentación del INEC registra una actualización del marco muestral y cambios en la recolección de información de la ESPAC en 2014 (1). Estos antecedentes son relevantes al examinar la discontinuidad observada entre 2013 y 2014, pues una variación en los registros no debe atribuirse automáticamente a un cambio físico de la misma magnitud en las plantaciones. De ahí la necesidad de distinguir el período utilizado para describir la evolución histórica del período empleado para estimar los modelos. La delimitación temporal reduce la mezcla de condiciones de medición diferentes, pero no elimina todas las limitaciones de comparabilidad (14).

Los modelos de regresión ofrecen una forma sencilla de resumir la asociación entre superficie y producción, una especificación lineal estima una pendiente constante dentro del rango analizado, mientras que una cuadrática permite representar curvatura (15). La mayor flexibilidad de esta última incorpora un parámetro adicional, cuya utilidad debe contrastarse con el desempeño observado (16). En una serie corta, añadir complejidad puede mejorar el ajuste a los datos disponibles sin aportar precisión en años posteriores. Por esta razón, la evaluación debe considerar tanto la capacidad explicativa como la sencillez del modelo y su comportamiento fuera de la muestra de estimación (17).

El ajuste histórico y el pronóstico responden a tareas distintas, los residuos muestran las diferencias entre observaciones y valores ajustados con información que el modelo ya utilizó; los errores de pronóstico se calculan sobre observaciones posteriores (18). Una validación temporal respeta esta separación al ajustar el modelo con los años anteriores a cada año evaluado (19). En este estudio, la superficie futura también debe estimarse dentro de cada entrenamiento, porque no estaría disponible al formular el pronóstico. Comparar la cadena completa con referencias sencillas, como el promedio histórico o el último valor observado, permite establecer si la incorporación del área mejora realmente la anticipación de la producción (20).

La simulación de Monte Carlo complementa la regresión al representar una distribución de resultados bajo supuestos definidos, mediante el remuestreo de residuos, o bootstrap, pueden generarse valores compatibles con la variabilidad de los errores históricos, sin imponer que estos sigan una distribución normal (21). Los percentiles facilitan comunicar esa variabilidad, pero su significado depende del procedimiento aplicado, si se mantienen fijos los coeficientes y la superficie futura, el rango simulado expresa una incertidumbre condicionada a esos valores; no incorpora automáticamente el error de estimación del área, cambios del entorno ni factores agrícolas que no se midieron (22).

Los antecedentes regionales revisados aportan evidencia sobre dependencia económica, gestión productiva y cadena de valor, pero no responden directamente a la pregunta de cuánto contribuye la superficie plantada a anticipar la producción anual agregada de El Oro. La presente investigación aborda esa pregunta mediante una base histórica provincial y una evaluación explícita de los modelos, la relación histórica área rendimiento que enmarca el tema se examina distinguiendo el rendimiento como indicador complementario de la superficie plantada como predictor de la producción. Esta distinción evita utilizar como información independiente un rendimiento calculado a partir de la misma producción que se intenta estimar (23).

El objetivo del estudio fue evaluar la asociación entre superficie plantada y producción total de banano en El Oro, comparar modelos de regresión lineal y cuadrática y construir escenarios de producción del 2025 al 2030 mediante simulación de residuos. La serie desde el 2002 al 2024 se utilizó como contexto histórico y el período 2014 al 2024 como base de ajuste. Para un mejor contexto se incluyó el análisis del rendimiento y una validación temporal con métodos de referencia, con el presente estudio se pretende desarrollar un procedimiento reproducible para estudiar estas relaciones y establecer el alcance de sus proyecciones como apoyo exploratorio a la planificación regional.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación tuvo un enfoque cuantitativo y un diseño no experimental, basado en una serie anual de estadísticas agregadas para la provincia de El Oro, la unidad de análisis fue el año, no la finca ni el productor, se trabajó con 23 observaciones del 2002 al 2024 y con un subconjunto de 11 observaciones del 2014 al 2024 para estimar los modelos. El objetivo de la simulación fue desde el 2025 al 2030, las proyecciones se calcularon con información cerrada en 2024, de modo que no incorporan observaciones posteriores a ese año. El insumo analítico fueron los datos

obtenidos desde el Sistema de Información Pública Agropecuaria del ministerio competente en agricultura, con estadísticas de la ESPAC del INEC (1,14).

**Variables y delimitación temporal**

La superficie plantada A se expresó en hectáreas, la superficie cosechada H en hectáreas y la producción P en toneladas. El rendimiento Y se calculó como P/H y se expresó en toneladas por hectárea. Este indicador es un cociente agregado provincial, no el promedio simple de rendimientos de fincas. La variación anual se obtuvo como 100 multiplicado por el cociente entre producciones consecutivas menos uno. La columna de variación de la base almacena proporciones, por lo que se multiplicó por 100 al informar porcentajes.

$$Y = P / H$$

La discontinuidad entre 2013 y 2014 se examinó junto con la documentación histórica de la ESPAC. El INEC informa una actualización del marco muestral y cambios de recolección en 2014 (1). Por ello, los datos previos se mantuvieron como contexto y el ajuste se restringió del 2014 al 2024. Esta decisión reduce la mezcla de períodos con condiciones de medición diferentes, aunque no demuestra homogeneidad completa del subconjunto ni permite atribuir toda la discontinuidad a una única causa administrativa.

**Ajuste y comparación de regresiones**

Se estimaron por mínimos cuadrados ordinarios una regresión lineal de producción sobre superficie plantada y una regresión cuadrática que incorporó el área al cuadrado. Para facilitar el cálculo se utilizó el área centrada y escalada z. Ambos modelos conservan la misma información que las ecuaciones escritas en hectáreas (24).

$$z = (A - 40.000) / 1.000$$

$$P = \beta_0 + \beta_1 z + \varepsilon$$

$$P = \gamma_0 + \gamma_1 z + \gamma_2 z^2 + \varepsilon$$

Como análisis complementario se ajustó una regresión del rendimiento sobre z. No se incorporó el rendimiento contemporáneo como predictor de la producción porque se calcula a partir de esa misma producción. Su inclusión podría introducir una relación contable en lugar de aportar información independiente para predecir un año futuro.

Se calcularon $R^2$, $R^2$ ajustado, MAE, RMSE y MAPE. MAE corresponde al promedio del valor absoluto de los errores; RMSE, a la raíz del promedio de sus cuadrados; y MAPE, al promedio del error absoluto relativo multiplicado por 100. Los errores de producción se informaron en toneladas y los de rendimiento en t/ha. La comparación del término cuadrático se efectuó mediante una prueba F entre modelos anidados. Se revisaron normalidad residual con Shapiro–Wilk, el estadístico descriptivo de Durbin–Watson y la distancia de Cook. Por el tamaño de la muestra, estos diagnósticos se interpretaron con cautela (25).

### Validación temporal de las proyecciones

Se aplicó una evaluación con origen móvil y ventana de entrenamiento expansiva, el primer ajuste utilizó datos del 2014 al 2019 para estimar 2020; luego se incorporó un año al entrenamiento hasta evaluar 2024. En cada una de las cinco iteraciones, la superficie del año evaluado se estimó exclusivamente con los años de entrenamiento mediante una regresión de área sobre tiempo. Esa superficie estimada alimentó el modelo de producción, de esa manera se evaluó la cadena de proyección sin utilizar como predictor el área observada del año que se intentaba anticipar (26).

El entrenamiento con seis observaciones responde a la extensión de la serie seleccionada y permite reservar cinco años para evaluar los pronósticos respetando su orden, la ventana expansiva incorpora progresivamente información adicional en cada ajuste (27). El tamaño inicial exige cautela al interpretar los coeficientes y las diferencias de desempeño, especialmente en la especificación cuadrática, que estima tres parámetros y dispone inicialmente de tres grados de libertad residuales, al evaluar la cadena completa de proyección, los errores de estimación de la superficie pueden trasladarse al pronóstico de producción, la evaluación se interpreta como una comparación exploratoria y no como evidencia concluyente de capacidad predictiva (28).

Las regresiones se compararon con dos referencias calculadas en cada entrenamiento: la producción del último año disponible y el promedio de todas las producciones del período de entrenamiento. Las métricas se agregaron sobre los cinco años evaluados, esta prueba analiza pronósticos a un año y no establece el desempeño de proyecciones a seis años. Su reducido número de casos limita la estabilidad de las comparaciones (29).

### Simulación condicional y reproducibilidad

Para construir el ejercicio prospectivo se ajustó una regresión de superficie plantada sobre año con los 11 registros de desde el 2014 al 2024, la superficie estimada para los años 2025 al 2030 se incorporó al modelo lineal de producción, seleccionado por parsimonia entre las regresiones evaluadas. Se generaron 10.000 réplicas mediante muestreo con reemplazo de los 11 residuos históricos, utilizando la semilla 123 en R, en cada réplica se añadió un residuo con una nueva muestra a la predicción de cada año. Este procedimiento aproxima la distribución empírica de las perturbaciones observadas: para cada año, la producción simulada puede tomar como máximo 11 valores distintos, correspondientes a la predicción puntual más cada residuo disponible. Con esto aumentar el número de réplicas reduce la variación atribuible al muestreo de la simulación, pero no incorpora información adicional ni genera perturbaciones fuera del rango histórico de los residuos (30).

$$P* = \hat{P}(A\,proyectada) + \varepsilon*$$

Los percentiles 5, 50 y 95 describen los valores inferior, central y superior de la distribución simulada, el rango P5 a P95 contiene el 90 % central de esa distribución condicional. No es un intervalo de confianza de los coeficientes ni un intervalo predictivo con cobertura empírica validada, en este caso el procedimiento mantiene fijos el área futura y los parámetros estimados, por lo que no propaga su incertidumbre, de igual manera no incorpora el error de muestreo de

la estadística oficial, tampoco la posible dependencia temporal de los residuos ni cambios climáticos, fitosanitarios o económicos, el remuestreo supone que los residuos futuros pueden representarse mediante los históricos (31).

El análisis se ejecutó con el software R 4.5.1. El código de apoyo incluye controles de integridad, comparación de modelos, validación temporal, simulación y exportación de figuras y tablas, la base original se conservó sin cambios. Aumentar el número de réplicas estabiliza la aproximación a los percentiles de los residuos disponibles, pero no amplía la información histórica ni corrige las limitaciones del modelo.

# RESULTADOS

## Evolución histórica de la producción y del rendimiento

En el presente estudio la serie desde el 2002 al 2024 presentó una producción máxima de 2.594.000 t en 2013 y una mínima de 1.020.381 t en 2014, en la que se observa que entre ambos años la producción registrada disminuyó 60,66 % y la superficie plantada, 47,40 %. La coincidencia con el cambio metodológico documentado en la ESPAC impide interpretar esa discontinuidad únicamente como una contracción real del cultivo. La **Figura 1** muestra la serie completa y señala el límite utilizado para delimitar el período de ajuste.

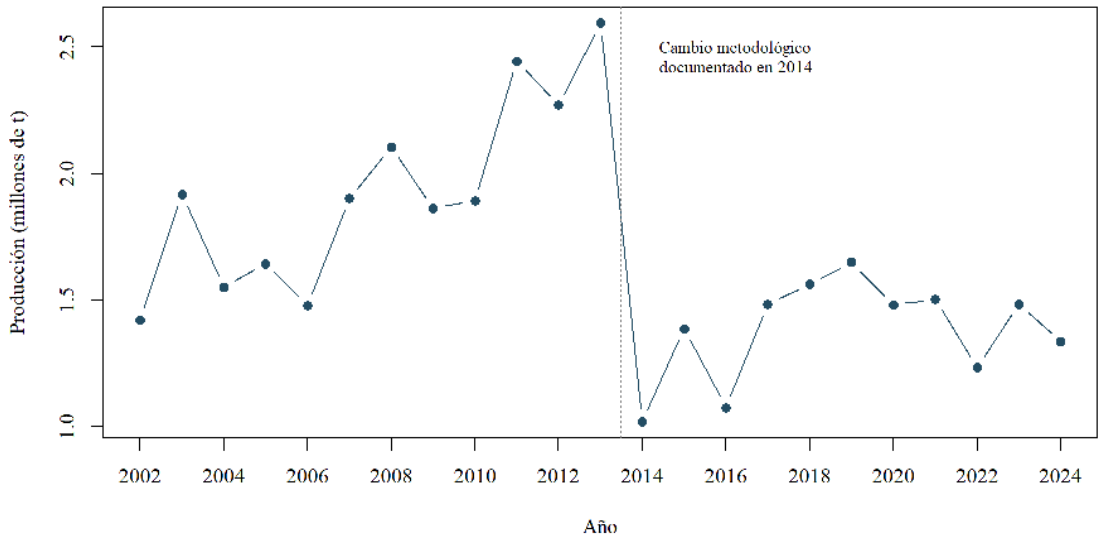



***Figura 1. Producción bananera registrada en El Oro durante 2002–2024. La línea vertical identifica la separación entre los períodos descriptivo y de ajuste.***

Durante el 2014 al 2024, la producción anual media fue de 1.383.404 t y varió entre 1.020.381 y 1.649.079 t. La superficie plantada media fue de 40.928 ha y la cosechada, de 39.562 ha, el rendimiento anual medio fue de 35,17 t/ha, calculado como promedio de los cocientes de cada año, el mínimo correspondió a 2016, con 25,40 t/ha, y el máximo a 2023, con 41,90 t/ha. La Tabla 1 permite distinguir las diferencias entre extensión y productividad.

*Tabla 1. Variables anuales utilizadas en el ajuste.*

| Año | Plantada ha | Cosechada ha | Producción t | Rendimiento t/ha |
|---|---|---|---|---|
| 2014 | 33.711 | 32.468 | 1.020.381 | 31,43 |
| 2015 | 39.953 | 39.118 | 1.387.003 | 35,46 |
| 2016 | 42.513 | 42.340 | 1.075.395 | 25,40 |
| 2017 | 46.056 | 42.292 | 1.484.078 | 35,09 |
| 2018 | 43.066 | 39.403 | 1.562.203 | 39,65 |
| 2019 | 45.801 | 45.287 | 1.649.079 | 36,41 |
| 2020 | 43.416 | 43.344 | 1.481.452 | 34,18 |
| 2021 | 42.202 | 41.169 | 1.502.098 | 36,49 |
| 2022 | 43.307 | 42.179 | 1.235.002 | 29,28 |
| 2023 | 36.215 | 35.421 | 1.484.179 | 41,90 |
| 2024 | 33.968 | 32.161 | 1.336.569 | 41,56 |

En 2024 se registraron 33.968 ha plantadas, 32.161 ha cosechadas y 1.336.569 t de producción, con un rendimiento de 41,56 t/ha. La producción descendió 9,95 % respecto de 2023. La Figura 2 muestra que la reducción reciente de superficie coexistió con rendimientos elevados dentro del período de ajuste. Esta coexistencia permite describir diferencias productivas, pero no identificar los factores que las provocaron.

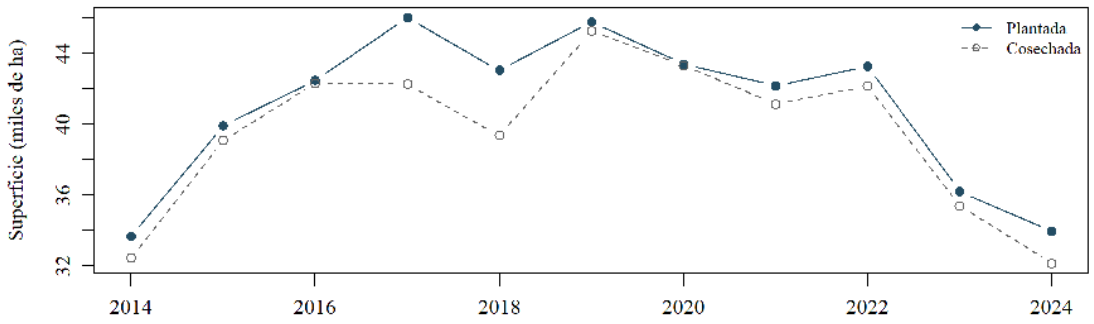



*Figura 2. Superficie plantada y cosechada, y rendimiento agregado provincial durante 2014–2024 (miles de ha).*

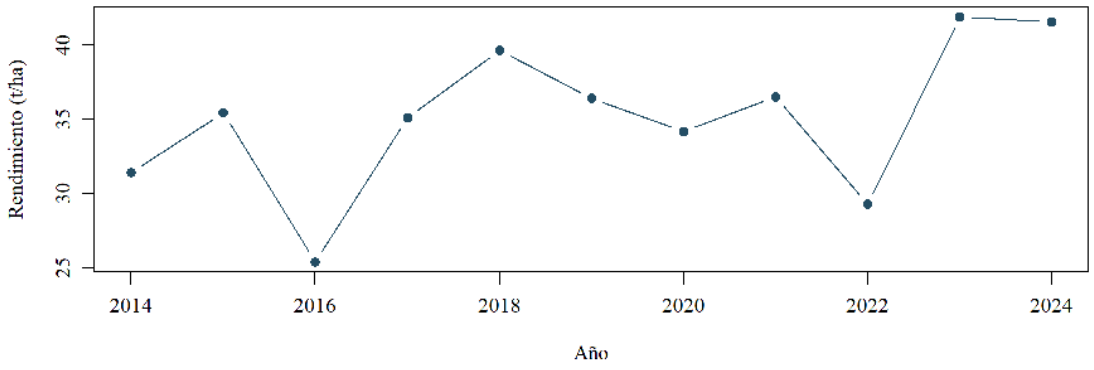



***Figura 3. Superficie plantada y cosechada, y rendimiento agregado provincial durante 2014–2024 (t/ha).***

## Capacidad explicativa de las regresiones

La ecuación lineal estimada, expresada en hectáreas, fue la siguiente. El coeficiente del área representa una asociación agregada de aproximadamente 21,69 t por hectárea adicional de superficie plantada dentro del rango observado. No equivale a un rendimiento por hectárea cosechada ni demuestra el efecto de aumentar el área en una finca.

$$\hat{P} = 495.558{,}8077 + 21{,}69283162\, A$$

El modelo cuadrático y el análisis complementario del rendimiento obtuvieron las siguientes ecuaciones. Se muestran coeficientes con precisión suficiente para evitar que el redondeo del término cuadrático altere las estimaciones.

$$\hat{P} = 1.527.224{,}115 - 31{,}09267322\, A + 0{,}0006668036192\, A^2$$

$$\hat{Y} = 48{,}75859263 - 0{,}0003320798029\, A$$

***Tabla 2. Ajuste de los modelos en del 2014 al 2024.***

| Modelo | $R^2$ | $R^2$ ajustado | MAE | RMSE | MAPE % |
|---|---|---|---|---|---|
| Producción lineal | 0,2300 | 0,1445 | 138.077 t | 166.791 t | 10,86 |
| Producción cuadrática | 0,2323 | 0,0404 | 140.617 t | 166.540 t | 11,04 |
| Rendimiento lineal | 0,0841 | −0,0176 | 3,76 t/ha | 4,60 t/ha | 11,49 |

La regresión lineal explicó el 23,00 % de la variación de la producción en la muestra de ajuste. La regresión cuadrática elevó el $R^2$ a 23,23 %, pero su $R^2$ ajustado cayó a 0,0404. La prueba del término cuadrático presentó p = 0,8805, sin evidencia de una mejora suficiente para justificar ese parámetro adicional. Aunque el RMSE cuadrático disminuyó aproximadamente 251 t, sus MAE y

MAPE fueron mayores. Por tanto, la selección no puede basarse únicamente en el pequeño aumento de $R^2$.

En la regresión lineal, la pendiente del área presentó p = 0,1355; su intervalo de confianza del 95 % fue de −8,23 a 51,62 t/ha plantada. En el análisis del rendimiento, la asociación con el área fue débil y no significativa al nivel de 0,05, con $R^2$ = 0,0841 y p = 0,3870. Estos resultados no demuestran ausencia de relaciones agronómicas; muestran que la superficie plantada, utilizada aisladamente y con 11 registros agregados, ofrece información limitada sobre la variación observada.

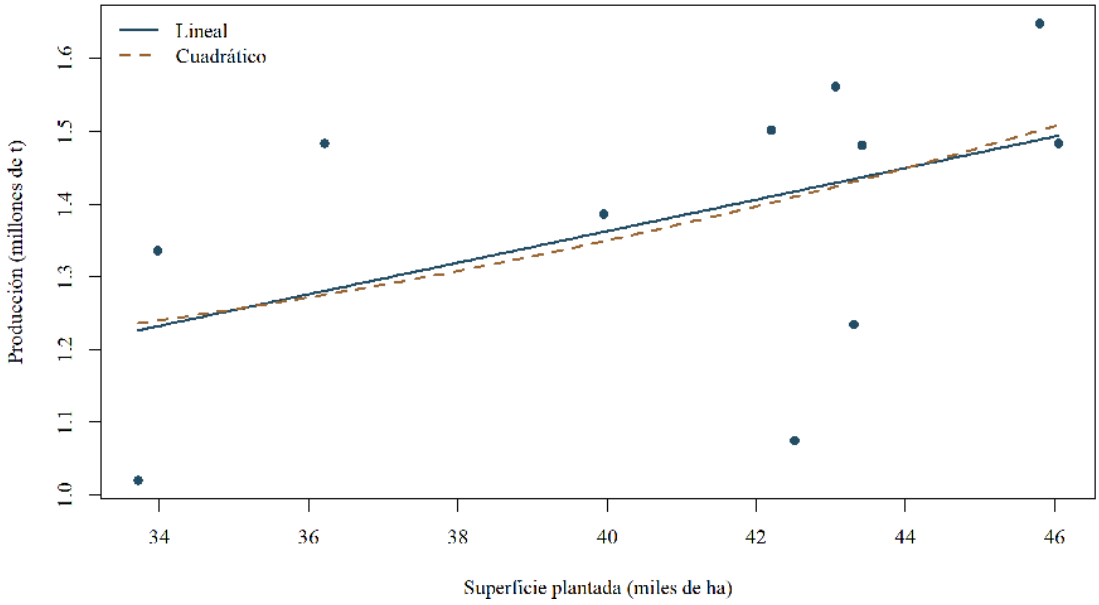



***Figura 4. Relación entre superficie plantada y producción, con ajustes lineal y cuadrático sobre una malla de áreas dentro del rango observado.***

La prueba de Shapiro–Wilk de los residuos lineales obtuvo p = 0,157 y el estadístico descriptivo de Durbin–Watson fue de 1,93. Estas cifras no establecen que todos los supuestos estén satisfechos. El año 2014 presentó la mayor distancia de Cook, de 0,548, superior al umbral orientativo 4/11. Por ello, la influencia de observaciones individuales y la corta longitud de la serie deben considerarse al interpretar coeficientes y proyecciones.

**Desempeño en años no utilizados para el ajuste**

El promedio histórico del entrenamiento presentó el menor MAE, RMSE y MAPE. Frente a esa referencia, el RMSE de la regresión lineal fue aproximadamente 65,7 % mayor. La regresión cuadrática también presentó mayor error que la lineal en las tres métricas. La validación indica que incorporar una trayectoria estimada del área no mejoró el pronóstico en estos cinco casos, considerando que el conjunto para la evaluación es pequeño, esta comparación debe entenderse como evidencia limitada al ejercicio realizado, no como una clasificación universal de métodos.

La comparación entre las Tablas 2 y 3 evidencia la diferencia entre describir asociaciones históricas y anticipar observaciones nuevas, la superficie es conceptualmente relevante para la producción, pero su relevancia no garantiza que una regresión simple sea la mejor opción de pronóstico, un método sencillo sin área obtuvo mejores resultados temporales. Esto delimita el uso de la regresión como instrumento exploratorio y evita presentar su simulación como un pronóstico operativo validado.

***Tabla 3. Validación temporal de la cadena de proyección en 2020–2024.***

| Procedimiento | MAE<br>t | RMSE<br>t | MAPE<br>% |
|---|---|---|---|
| Regresión lineal | 162.890 | 194.160 | 12,05 |
| Regresión cuadrática | 180.581 | 208.786 | 13,22 |
| Última producción observada | 170.432 | 191.700 | 12,43 |
| Promedio del entrenamiento | 111.816 | 117.191 | 8,03 |

## Proyección condicionada a la superficie plantada

El modelo temporal del área estimó una disminución de 169,48 ha por año. Su $R^2$ fue de 0,0163 y la pendiente presentó p = 0,7086, el intervalo de confianza del 95 % de la pendiente, de −1.163,39 a 824,42 ha/año, incluyó valores positivos y negativos. Por tanto, los datos no sustentan una tendencia decreciente firme. La trayectoria utilizada en la Tabla 4 es una hipótesis de cálculo derivada del ajuste lineal del período completo del 2014 al 2024.

$$\hat{A} = 40.928{,}02527 - 169{,}4844680\,(año - 2019)$$

***Tabla 4. Simulación del modelo lineal con 10.000 réplicas.***

| Año | Área<br>ha | Ajuste<br>t | P5<br>t | P50<br>t | P95<br>t |
|---|---|---|---|---|---|
| 2025 | 39.911 | 1.361.344 | 1.018.947 | 1.405.420 | 1.564.359 |
| 2026 | 39.742 | 1.357.667 | 1.015.271 | 1.401.743 | 1.560.682 |
| 2027 | 39.572 | 1.353.991 | 1.011.594 | 1.398.067 | 1.557.006 |
| 2028 | 39.403 | 1.350.314 | 1.007.917 | 1.394.390 | 1.553.329 |
| 2029 | 39.233 | 1.346.638 | 1.004.241 | 1.390.713 | 1.549.652 |
| 2030 | 39.064 | 1.342.961 | 1.000.564 | 1.387.037 | 1.545.976 |

La mediana simulada pasó de 1.405.420 t en 2025 a 1.387.037 t en 2030, una reducción de 1,31 % entre esos dos años. Para 2030, el rango de P5 a P95 se situó entre 1.000.564 y 1.545.976 t. La mediana difiere del ajuste puntual porque la distribución empírica de los residuos es asimétrica: su mediana no es cero, aunque su media sí lo es por las propiedades del ajuste con intercepto. Por ello, ambas columnas describen cantidades distintas.

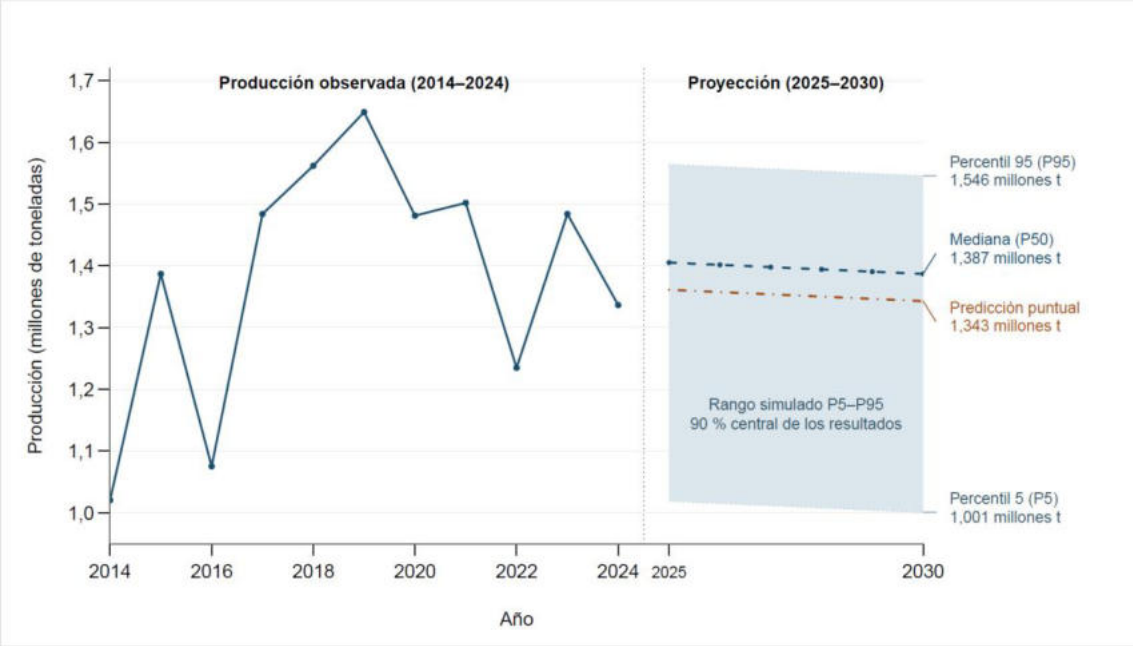



***Figura 5. Producción observada y proyección exploratoria del modelo lineal. La banda muestra los percentiles condicionales P5–P95.***

La superficie proyectada para 2025 fue de 39.911 ha, un 17,49 % superior a las 33.968 ha registradas en 2024, el salto corresponde a una discontinuidad entre el último valor observado y la trayectoria estimada mediante la regresión temporal de 2014 - 2024. Como la recta se ajustó al conjunto de observaciones y no se ancló al registro de 2024, el valor proyectado refleja el nivel y la pendiente del ajuste global, sin prolongar directamente el descenso observado entre 2022 y 2024. En consecuencia, el incremento inicial es un resultado de la especificación matemática utilizada y no constituye evidencia de una expansión efectiva o prevista de las plantaciones. Esta diferencia también influye en la producción proyectada: la mediana simulada de 2025 supera la producción observada en 2024, aunque disminuye posteriormente hasta 2030.

El área proyectada para 2025, de 39.911 ha, supera en 17,49 % la registrada en 2024. Esto ocurre porque la recta temporal se ajustó a todo el período del 2014 al 2024 y no se ancló al último dato. La caída entre 2025 y 2030 no implica una disminución continua desde 2024, la producción mediana de 2025 se sitúa por encima del último registro observado, esa transición es un resultado del supuesto de superficie y debe considerarse antes de utilizar la proyección para planificación.

La amplitud prácticamente constante de la banda se explica por el uso de la misma distribución de residuos en todos los horizontes, esta característica no demuestra estabilidad del riesgo. Una proyección que incorporase incertidumbre del área y de los parámetros podría producir bandas diferentes. La extensión del horizonte hasta 2030 incrementa, además, la dependencia de supuestos que no fueron evaluados mediante la validación a un año.

# DISCUSIÓN

La superficie plantada explicó aproximadamente el 23 % de la variabilidad productiva, y el término cuadrático no mejoró sustancialmente el ajuste, Varma y Bebber (2019) (32) identificaron influencias climáticas y tecnológicas sobre el rendimiento bananero internacional, mientras que Bebber (2019) (10) relacionó las condiciones climáticas con el riesgo de sigatoka negra, estos antecedentes fundamentan explorar predictores adicionales, aunque sus escalas y objetivos impiden una comparación directa con los resultados provinciales.

El promedio histórico superó a ambas regresiones en la validación temporal, indicando que incorporar superficie no mejoró la anticipación durante el período evaluado, el entrenamiento inicial con seis observaciones y los cinco pronósticos evaluados exigen cautela al generalizar, la disminución de la mediana simulada entre 2025 y 2030 debe interpretarse junto con el salto inicial del área proyectada, generado por el ajuste temporal global y no por evidencia de expansión agrícola. Asimismo, el usar nuevas muestras en 11 residuos restringe las perturbaciones a los valores disponibles: las 10.000 réplicas no amplían esa información ni incorporan incertidumbre del área o los coeficientes.

Con base en Hyndman y Athanasopoulos (2021) (33), podrían evaluarse modelos ARIMA parsimoniosos y regresiones con precipitación, temperatura e indicadores ENSO, previa ampliación de la información, los modelos estacionales requerirían datos mensuales o trimestrales, estas alternativas deberán contrastarse mediante validación temporal frente a referencias sencillas, el presente estudio aporta una evaluación reproducible del alcance predictivo de la superficie plantada.

# CONCLUSIONES

La producción bananera registrada en El Oro presentó variaciones importantes entre el 2002 y el 2024 y una discontinuidad entre 2013 y 2014, coincidente con cambios documentados en la ESPAC, la delimitación del ajuste a rango desde el 2014 al 2024 fue una decisión de comparabilidad, sin demostrar homogeneidad completa de la serie ni una causa única del cambio observado.

La superficie plantada explicó aproximadamente el 23 % de la variación de la producción dentro del período de ajuste, el término cuadrático no aportó una mejora estadísticamente significativa y la relación entre superficie y rendimiento fue débil. El modelo lineal ofrece una representación más sencilla entre las regresiones evaluadas, pero no permite inferencias causales sobre productividad.

La validación temporal mostró que el promedio histórico del entrenamiento obtuvo menor error que las regresiones, este resultado limita la capacidad predictiva atribuible a la relación área vs producción y debe formar parte de la valoración del modelo, junto con las métricas calculadas dentro de la muestra.

La simulación lineal situó la mediana condicional de 2030 en 1.387.037 t, con un rango de P5 y P95 de 1.000.564–1.545.976 t. La trayectoria depende de un supuesto de superficie cuya pendiente no fue significativa, los percentiles representan únicamente la variabilidad residual incorporada y no toda la incertidumbre futura. El procedimiento es reproducible y útil como evaluación exploratoria; su fortalecimiento requiere información adicional, actualización de la base y validación de horizontes más largos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Boletin_tecnico_ESPAC_2024.pdf [Internet]. [citado 9 de octubre de 2026]. Disponible en: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/2024/Boletin_tecnico_ESPAC_2024.pdf
2. Coral C, Mithöfer D. Contemporary narratives about asymmetries in responsibility in global agri-food value chains: the case of the Ecuadorian stakeholders in the banana value chain. Agric Hum Values. septiembre de 2023;40(3):1019-38. doi:10.1007/s10460-022-10405-3
3. Vega Armijos TG, Vite Cevallos H, Carvajal Romero H, Garzón Montealegre VJ. Dependencia económica y social de la producción de banano orgánico en el sitio La Palestina, cantón El Guabo, período 2017-2020. Rev Metrop Cienc Apl. 1 de junio de 2021;4(Suplemento 1):129-36. doi:10.62452/0kcykv41
4. Bonisoli L, Galdeano-Gómez E, Piedra-Muñoz L, Sorroche-del-Rey Y. Evaluating the Sustainability of Rural Agri-Producers: The Application of SAFA Smallholders in Ecuadorian Banana. J Environ Dev. junio de 2026;35(2):607-31. doi:10.1177/10704965261417260
5. Borja J. La producción de banano bajo el sistema de comercio justo: un análisis del caso ecuatoriano. Siembra. 7 de octubre de 2016;3(1):7-10. doi:10.29166/siembra.v3i1.185
6. Palomeque M, Urdaneta A, Meleán R. Production management in banana production units, El Oro province - Ecuador: Gestión de la producción en unidades de producción bananera, provincia de El Oro–Ecuador. Rev Fac Agron Univ Zulia. 6 de junio de 2023;40(2):e234019. doi:10.47280/RevFacAgron(LUZ).v40.n2.09
7. Bonisoli L, Galdeano-Gómez E, Piedra-Muñoz L, Pérez-Mesa JC. Benchmarking agri-food sustainability certifications: Evidences from applying SAFA in the Ecuadorian banana agri-system. J Clean Prod. noviembre de 2019;236:117579. doi:10.1016/j.jclepro.2019.07.054
8. Ramírez-Orellana A, Ruiz-Palomo D, Rojo-Ramírez A, Burgos-Burgos JE. The Ecuadorian Banana Farms Managers' Perceptions: Innovation as a Driver of Environmental Sustainability Practices. Agriculture. 5 de marzo de 2021;11(3):213. doi:10.3390/agriculture11030213
9. Varma V, Bebber DP. Climate change impacts on banana yields around the world. Nat Clim Change. octubre de 2019;9(10):752-7. doi:10.1038/s41558-019-0559-9
10. Bebber DP. Climate change effects on Black Sigatoka disease of banana. Philos Trans R Soc B Biol Sci. 24 de junio de 2019;374(1775):20180269. doi:10.1098/rstb.2018.0269
11. OECD, Food and Agriculture Organization of the United Nations. OECD-FAO Agricultural Outlook 2024-2033 [Internet]. OECD Publishing; 2024 [citado 13 de octubre de 2026]. (OECD-FAO Agricultural Outlook). Disponible en: https://www.oecd.org/en/publications/oecd-fao-agricultural-outlook-2024-2033_4c5d2cfb-en.html doi:10.1787/4c5d2cfb-en

12. Guia_de_usos_de_bases_de_datos_2023.
13. Varma V, Bebber DP. Climate change impacts on banana yields around the world. Nat Clim Change. octubre de 2019;9(10):752-7. doi:10.1038/s41558-019-0559-9
14. Cuichán M, Catota V. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) 2024 [Internet]. inec@inec.gob.ec; 2025. Disponible en: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/
15. James G, Witten D, Hastie T, Tibshirani R. An Introduction to Statistical Learning: with Applications in R [Internet]. New York, NY: Springer US; 2021 [citado 9 de octubre de 2026]. (Springer Texts in Statistics). Disponible en: https://link.springer.com/10.1007/978-1-0716-1418-1 doi:10.1007/978-1-0716-1418-1
16. Burnham KP, Anderson DR, editores. Model Selection and Multimodel Inference [Internet]. New York, NY: Springer New York; 2004 [citado 9 de octubre de 2026]. Disponible en: http://link.springer.com/10.1007/b97636 doi:10.1007/b97636
17. Shmueli G. To Explain or to Predict? Stat Sci. 1 de agosto de 2010;25(3). doi:10.1214/10-STS330
18. Tashman LJ. Out-of-sample tests of forecasting accuracy: an analysis and review. Int J Forecast. octubre de 2000;16(4):437-50. doi:10.1016/S0169-2070(00)00065-0
19. Hyndman RJ, Koehler AB. Another look at measures of forecast accuracy. Int J Forecast. octubre de 2006;22(4):679-88. doi:10.1016/j.ijforecast.2006.03.001
20. 5.10 Time series cross-validation | Forecasting: Principles and Practice (3rd ed) [Internet]. [citado 9 de octubre de 2026]. Disponible en: https://otexts.com/fpp3/tscv.html
21. Davison AC, Hinkley DV. Bootstrap Methods and their Application [Internet]. 1.ª ed. Cambridge University Press; 1997 [citado 9 de octubre de 2026]. Disponible en: https://www.cambridge.org/core/product/identifier/9780511802843/type/book doi:10.1017/CBO9780511802843
22. Efron B. Bootstrap Methods: Another Look at the Jackknife. Ann Stat. 1 de enero de 1979;7(1). doi:10.1214/aos/1176344552
23. Shmueli G. To Explain or to Predict? Stat Sci. 1 de agosto de 2010;25(3). doi:10.1214/10-STS330
24. James G, Witten D, Hastie T, Tibshirani R. An Introduction to Statistical Learning: with Applications in R [Internet]. New York, NY: Springer US; 2021 [citado 9 de octubre de 2026]. (Springer Texts in Statistics). Disponible en: https://link.springer.com/10.1007/978-1-0716-1418-1 doi:10.1007/978-1-0716-1418-1
25. Iacobucci D, Schneider MJ, Popovich DL, Bakamitsos GA. Mean centering helps alleviate “micro” but not “macro” multicollinearity. Behav Res Methods. diciembre de 2016;48(4):1308-17. doi:10.3758/s13428-015-0624-x
26. Tashman LJ. Out-of-sample tests of forecasting accuracy: an analysis and review. Int J Forecast. octubre de 2000;16(4):437-50. doi:10.1016/S0169-2070(00)00065-0
27. Tashman LJ. Out-of-sample tests of forecasting accuracy: an analysis and review. Int J Forecast. octubre de 2000;16(4):437-50. doi:10.1016/S0169-2070(00)00065-0
28. James G, Witten D, Hastie T, Tibshirani R. An Introduction to Statistical Learning: with Applications in R [Internet]. New York, NY: Springer US; 2021 [citado 13 de octubre de 2026]. (Springer Texts in Statistics). Disponible en: https://link.springer.com/10.1007/978-1-0716-1418-1 doi:10.1007/978-1-0716-1418-1

29. Hyndman RJ, Koehler AB. Another look at measures of forecast accuracy. Int J Forecast. octubre de 2006;22(4):679-88. doi:10.1016/j.ijforecast.2006.03.001
30. Burnham KP, Anderson DR, editores. Model Selection and Multimodel Inference [Internet]. New York, NY: Springer New York; 2004 [citado 9 de octubre de 2026]. Disponible en: http://link.springer.com/10.1007/b97636 doi:10.1007/b97636
31. Davison AC, Hinkley DV. Bootstrap Methods and their Application [Internet]. 1.ª ed. Cambridge University Press; 1997 [citado 9 de octubre de 2026]. Disponible en: https://www.cambridge.org/core/product/identifier/9780511802843/type/book doi:10.1017/CBO9780511802843
32. Varma V, Bebber DP. Climate change impacts on banana yields around the world. Nat Clim Change. octubre de 2019;9(10):752-7. doi:10.1038/s41558-019-0559-9
33. Forecasting: Principles and Practice [Internet]. [citado 13 de octubre de 2026]. Disponible en: https://otexts.com/fpp3/

InvestiGO
Revista Científica Multidisciplinaria
ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Octubre 2026
Vol. 7 No. 21, PP. 504-524
https://doi.org/10.56519/cjgysz50

# USO INCORRECTO DEL CLASIFICADOR CENTRAL DE PRODUCTOS: RIESGO DE DIRECCIONAMIENTO Y RESTRICCIÓN DE LA CONCURRENCIA EN LA CONTRATACIÓN PÚBLICA ECUATORIANA

# INCORRECT USE OF THE CENTRAL PRODUCT CLASSIFICATION: RISK OF PROCUREMENT STEERING AND RESTRICTED COMPETITION IN ECUADORIAN PUBLIC PROCUREMENT

Eufemia Sofía Piedra Conforme[1], Edison Fernando Sosa Mejía[2], Carlos Danny Ponce Campoverde[3], Acelia Fiorella Rossi Trigoso[4]

{soffypc@gmail.com[1], efsosam@ube.edu.ec[2], danny89_vr@hotmail.com[3], afrossit@ube.edu.ec[4]}

Fecha de recepción: 14/09/2026 / Fecha de aceptación: 08/10/2026 / Fecha de publicación: 14/10/2026

**RESUMEN: El Clasificador Central de Productos (CPC) articula, dentro del Sistema Nacional de Contratación Pública de Ecuador, las necesidades institucionales con la planificación anual, el objeto contractual, el universo de proveedores y la trazabilidad del procedimiento. El problema surge cuando el código seleccionado no corresponde al objeto contratado, difiere entre el Plan Anual de Contratación y los pliegos, o se ajusta a la actividad económica de un proveedor. El objetivo fue analizar la relación técnico-jurídica entre estas irregularidades y los riesgos de direccionamiento o restricción de la concurrencia. Se aplicó un enfoque mixto de predominio cualitativo y base documental, con diseño no experimental, transversal y retrospectivo, y alcance descriptivo-explicativo. La muestra intencional no probabilística comprendió diez informes de la Contraloría General del Estado (2016-2023) con hallazgos específicos sobre el CPC, codificados mediante cinco indicadores dicotómicos y analizados con estadística descriptiva y co-ocurrencia de indicadores. En el 80 % de los informes se documentó riesgo o afectación a la concurrencia; en el 70 %, distorsión del procedimiento o del mercado; en el 50 %, desajuste entre el CPC y el objeto o el presupuesto; en el 30 %, incompatibilidad proveedor-actividad; y en el 20 %, inconsistencias documentales. El desajuste CPC-objeto coincidió con distorsión del procedimiento en los cinco casos en que apareció. En un caso, la categoría alternativa mostró 2.778 proveedores frente a 1.286 del código utilizado, diferencia que no equivale a oferentes efectivos ni prueba intencionalidad. Los resultados describen únicamente la muestra. Se concluye que, sin justificación técnica, trazabilidad y control**

[1]Universidad Bolivariana del Ecuador, https://orcid.org/0009-0008-2019-5534
[2]Universidad Bolivariana del Ecuador, https://orcid.org/0009-0005-9421-2104
[3]Universidad Bolivariana del Ecuador, https://orcid.org/0009-0009-1324-0269
[4]Universidad Bolivariana del Ecuador, https://orcid.org/0009-0001-3461-9966

**preventivo, el CPC puede constituir un factor de riesgo de acceso desigual al mercado. Se propone un modelo de control con validación semántica asistida, interoperabilidad entre RUC, RUP y CPC, y alertas tempranas de riesgo.**

***Palabras clave: Contratación pública, Clasificador Central de Productos, control preventivo, concurrencia, transparencia, RUP, procesos de contratación, objeto contractual, direccionamiento***

**ABSTRACT: The Central Product Classification (CPC) links, within Ecuador's National Public Procurement System, institutional needs with annual planning, the procurement object, the supplier universe, and procedural traceability. Problems arise when the selected code does not correspond to the object procured, differs between the Annual Procurement Plan and the tender documents, or is adjusted to a supplier's registered economic activity. This study analyzed the technical-legal relationship between these irregularities and the risks of procurement steering or restricted competition. A mixed, predominantly qualitative documentary approach was applied, with a non-experimental, cross-sectional, retrospective design and a descriptive-explanatory scope. The non-probabilistic purposive sample comprised ten State Comptroller General reports (2016-2023) containing specific CPC-related findings, coded with five dichotomous indicators and analyzed through descriptive statistics and indicator co-occurrence. Risk of or impact on competition was documented in 80% of the reports; distortion of the procedure or the market in 70%; CPC-object or budget mismatch in 50%; supplier-activity incompatibility in 30%; and documentary inconsistencies in 20%. A CPC-object mismatch coincided with procedural distortion in all five reports where it appeared. In one case, the alternative category displayed 2,778 suppliers versus 1,286 under the code used, a difference that neither equals effective bidders nor proves intent. The results describe the sample only. The study concludes that, without technical justification, traceability, and preventive controls, the CPC may become a risk factor for unequal market access. A control model is proposed, comprising assisted semantic validation, interoperability among the RUC, RUP, and CPC, and early risk alerts.**

***Keywords: Public procurement, Central Product Classification, preventive control, competition, transparency, RUP, procurement procedures, procurement object, steering risk***

## INTRODUCCIÓN

La contratación pública en Ecuador representa una parte significativa de la actividad administrativa del Estado, al permitir la adquisición de fármacos, alimentos, equipos, tecnología, obras, consultorías y servicios necesarios para ejecutar políticas públicas y objetivos de desarrollo. Debido a que estas adquisiciones comprometen recursos públicos y abren oportunidades económicas para los proveedores, los procedimientos deben estructurarse bajo reglas que garanticen legalidad, transparencia, igualdad, concurrencia, integridad, eficiencia y mejor valor por dinero. La Constitución de la República del Ecuador dispone que las compras públicas observen criterios de eficiencia, transparencia, calidad y responsabilidad (1), mientras que la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública (LOSNCP), reformada en 2025, incorpora

principios de seguridad jurídica, sostenibilidad, simplificación, resultado y mejor valor por dinero (2).

Dentro de este sistema, el Clasificador Central de Productos (CPC) (3) no constituye una etiqueta neutral: traduce el objeto contractual a una codificación procesable por la plataforma electrónica de compras públicas. Su elección incide en la coherencia del Plan Anual de Contratación (PAC), la identificación del mercado, la búsqueda de proveedores, el análisis de precios, determinadas reglas de preferencia, la clasificación de objetos mixtos y la trazabilidad del procedimiento. El Reglamento General de la LOSNCP (RGLOSNCP) (4) exige concordancia entre la descripción del objeto en el PAC y el CPC empleado (art. 64); requiere que el objeto se justifique técnicamente y que la codificación guarde relación con él, atendiendo en los objetos mixtos al componente de mayor peso en el presupuesto referencial (art. 72); y conecta la información del Registro Único de Contribuyentes (RUC), el Registro Único de Proveedores (RUP) y el CPC del proveedor, con mecanismos de depuración de códigos cuando se detectan inconsistencias (art. 30). En términos funcionales, estas reglas convierten al CPC en un nexo entre cuatro niveles: necesidad, presupuesto, procedimiento y mercado. Cuando esos niveles no están alineados, la plataforma puede mostrar un conjunto de proveedores distinto del correspondiente al objeto real, generar invitaciones inadecuadas, afectar los cálculos del Valor Agregado Ecuatoriano (VAE) o producir estadísticas de compra poco fiables. Por ello, una discrepancia entre la necesidad real y el CPC publicado puede alterar el segmento de mercado visible incluso antes de que los posibles oferentes conozcan la convocatoria.

El marco normativo es dinámico. La LOSNCP fue reformada en octubre de 2025 (2) y el Reglamento General fue objeto de reformas posteriores, entre ellas el Decreto Ejecutivo 356, publicado en el Tercer Suplemento del Registro Oficial N.° 260 de 8 de abril de 2026 (5), y el Decreto Ejecutivo 461, de 29 de julio de 2026, publicado en el Tercer Suplemento del Registro Oficial N.° 337 de 30 de julio de 2026 (6), que refuerzan disposiciones de las fases preparatoria, precontractual y contractual. La Resolución R.E.-SERCOP-2023-0134, citada en versiones previas del tema, fue sustituida por la Resolución R.E.-SERCOP-2025-0154 (7); por ello, se conserva únicamente como antecedente histórico cuando resulta pertinente. El análisis normativo fue actualizado a agosto de 2026. Los hallazgos de auditorías anteriores se interpretan bajo la normativa vigente al momento de los hechos y se contrastan con los controles actualmente exigibles.

El riesgo de direccionamiento o restricción de la concurrencia no siempre se manifiesta mediante una condición abiertamente discriminatoria. También puede surgir de decisiones técnicas aparentemente menores: elegir un código excesivamente específico, utilizar uno perteneciente a otra categoría, registrar un CPC que no refleje el componente presupuestario predominante, mantener códigos incompatibles entre el PAC, los pliegos y el Sistema Oficial de Contratación Pública, o admitir a un proveedor cuya actividad económica no guarde correspondencia con el objeto contratado. Estas situaciones pueden reducir la capacidad del sistema para identificar el mercado pertinente y crear condiciones de acceso desiguales. No obstante, su presencia no permite atribuir por sí sola una intención de favorecimiento.

En la literatura ecuatoriana, Díaz-Molina (8) señala que los principios de la contratación pública operan como guías y límites de la actuación administrativa; desde esta perspectiva, la selección del CPC debe interpretarse a la luz de la igualdad, el trato justo y la transparencia. Núñez Naranjo et al. (9) sitúan la prevención de riesgos y el cumplimiento normativo en el centro de la integridad contractual, especialmente en la fase preparatoria, donde se definen el objeto, el presupuesto, las especificaciones y las reglas de participación. Faz Cevallos et al. (10) subrayan la relevancia de la planificación, la transparencia y la supervisión, y Avilés Quiñónez et al. (11) describen una brecha entre la amplitud del marco normativo y las capacidades de seguimiento en la fase postcontractual. Estos aportes ofrecen evidencia contextual sobre principios, planificación y cumplimiento normativo; la literatura empírica nacional específica sobre el efecto del CPC en la concurrencia es, en cambio, todavía limitada.

Desde la teoría de la agencia, la delegación de decisiones en agentes con información especializada y márgenes de discrecionalidad puede generar costos cuando los incentivos o la información de las partes no están alineados (12). En la contratación pública, la entidad delega en servidores responsables la traducción de una necesidad compleja hacia especificaciones, presupuesto y códigos de clasificación; el funcionario conoce con mayor detalle que la mayoría de los oferentes externos las opciones de codificación y el mercado, de modo que una decisión aparentemente técnica puede tener consecuencias distributivas sobre quién identifica la oportunidad y quién queda fuera del universo visible. La teoría de la captura regulatoria aporta un segundo lente: instrumentos y decisiones regulatorias pueden ser aprovechados por grupos capaces de obtener beneficios particulares (13). Trasladado con cautela al CPC, este enfoque no permite afirmar que una clasificación errónea evidencie captura; sí ayuda a explicar por qué un punto técnico con alta discrecionalidad y baja supervisión puede convertirse en una zona de riesgo. En la misma línea, Wittberg y Fazekas (14) relacionan determinados patrones de contratación y baja competencia con riesgos de corrupción en municipios suecos, incluso en contextos institucionales relativamente sólidos. Su aporte no se traslada mecánicamente al caso ecuatoriano, pero respalda la necesidad de controles preventivos que no dependan exclusivamente del juicio individual del funcionario.

La competencia efectiva depende tanto de las reglas formales como de la capacidad administrativa para implementarlas (15): un procedimiento puede observar formalmente etapas y documentos y, aun así, conservar barreras originadas en la fase preparatoria. Las recomendaciones de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) se estructuran en torno a la transparencia, el acceso, la eficiencia, la integridad y la gestión de riesgos (16), y establecen que el acceso debe facilitar la participación y reducir barreras injustificadas (17). Cuando la descripción o clasificación del objeto impide que operadores relevantes identifiquen la oportunidad, la entidad pierde capacidad de comparación y puede construir su presupuesto o decisión de compra sobre un mercado incompleto; por ello, la codificación debe tratarse como una regla de acceso al mercado y no únicamente como un campo del formulario electrónico. Asimismo, la OCDE sostiene que la transformación digital debe apoyarse en datos de calidad, estandarizados e interoperables (18): una plataforma que almacena CPC, RUC, RUP, PAC y presupuestos, pero no verifica su consistencia, puede reproducir digitalmente la misma discrecionalidad presente en un proceso manual.

En el presente artículo, la expresión «uso incorrecto del CPC» comprende la selección imprecisa o incongruente del código, su alteración injustificada entre documentos, su empleo en un objeto heterogéneo sin atender al componente presupuestario principal y la falta de correspondencia con la actividad del proveedor. La expresión «restricción de la concurrencia» se utiliza en sentido funcional para describir condiciones objetivas que reducen artificialmente el universo de proveedores visibles o dificultan su participación en igualdad de condiciones. Por «riesgo de direccionamiento» se entiende la existencia de una configuración del procedimiento que puede generar una ventaja selectiva o hacer previsible la participación de un grupo limitado de operadores. Un CPC incorrecto, por sí solo, no demuestra dolo ni favorecimiento intencional; constituye un indicador de riesgo que debe contrastarse con evidencia adicional.

La literatura revisada permite distinguir un continuo entre error involuntario, incumplimiento negligente y eventual direccionamiento intencional. El error puede derivarse de falta de conocimiento técnico, complejidad del clasificador o descripción insuficiente del objeto; el incumplimiento, de la inobservancia de verificaciones exigibles; y el direccionamiento supone una actuación intencional orientada a producir una ventaja o restricción. Aunque los tres escenarios requieren corrección, sus consecuencias jurídicas son diferentes. Este artículo adopta una posición intermedia: no considera al CPC una variable meramente administrativa sin efectos competitivos, pero tampoco equipara toda inconsistencia de codificación con una práctica dolosa. El CPC se concibe como una infraestructura de datos que actúa como puerta de acceso digital al mercado público, y el modelo conceptual sigue la secuencia necesidad pública → definición del objeto y presupuesto → selección del CPC → universo de proveedores visible → oportunidades de participación → resultados del procedimiento. Una falla en la selección del CPC puede propagarse hacia los eslabones posteriores; la justificación técnica, la interoperabilidad de datos, la trazabilidad de cambios y las alertas preventivas funcionan como mecanismos de mitigación. Esta secuencia orienta la operacionalización de los cinco indicadores empleados y permite interpretar los hallazgos como señales de riesgo, no como pruebas autónomas de intencionalidad.

La investigación se desarrolla en Ecuador y analiza informes de auditoría emitidos por la Contraloría General del Estado entre 2016 y 2023, relativos a procesos de entidades públicas, gobiernos autónomos descentralizados, instituciones de seguridad social y salud, y empresas estatales. Esta diversidad institucional permite examinar distintos tipos de contratación sin asumir que la muestra represente estadísticamente al universo nacional.

**Pregunta de investigación.** ¿Cómo se relaciona el uso incorrecto del Clasificador Central de Productos (CPC) con los riesgos de direccionamiento y restricción de la concurrencia en los procedimientos de contratación pública ecuatoriana?

**Hipótesis de trabajo.** En los expedientes analizados, la selección inadecuada o inconsistente del CPC se asocia con una mayor presencia de indicadores de reducción del universo de proveedores, distorsión del procedimiento o del mercado, incompatibilidad proveedor-actividad y pérdida de trazabilidad entre la planificación y la ejecución. Esta hipótesis se examina en sentido descriptivo y no implica inferencia causal ni generalización estadística a escala nacional.

El objetivo general de la investigación fue analizar la relación técnico-jurídica entre el uso incorrecto del CPC y los riesgos de direccionamiento o restricción de la concurrencia en la contratación pública ecuatoriana. De este objetivo se derivaron tres objetivos específicos: 1) examinar el marco legal vigente que regula la relación entre necesidad, objeto contractual, CPC, presupuesto y actividad del proveedor; 2) identificar y cuantificar los patrones de riesgo vinculados con el CPC en una selección de informes oficiales de auditoría; y 3) proponer un modelo de control preventivo basado en validación semántica, interoperabilidad institucional y alertas tempranas de riesgo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se empleó un enfoque mixto de predominio cualitativo y base documental, que integró un componente cuantitativo descriptivo complementario. La vertiente cualitativa permitió interpretar la normativa vigente, reconstruir la relación entre el CPC, el objeto contractual y los efectos descritos por los auditores, y contrastar los hallazgos con la literatura especializada. La vertiente cuantitativa consistió en codificar la presencia o ausencia de cinco indicadores de riesgo, calcular frecuencias, porcentajes y estadísticos descriptivos, y examinar la co-ocurrencia entre indicadores. Dado el tamaño de la muestra, este componente se concibe como apoyo sistemático a la lectura cualitativa y no como contraste inferencial. El alcance fue descriptivo-explicativo: se caracterizaron las anomalías documentadas y se examinó el mecanismo mediante el cual una clasificación inconsistente puede afectar la concurrencia, el mercado y la trazabilidad del procedimiento.

El diseño fue no experimental, transversal y retrospectivo, sin manipulación deliberada de variables ni aplicación de encuestas. La unidad de análisis correspondió a informes oficiales de auditoría que contienen conclusiones u observaciones explícitas sobre la elección, coherencia o pertinencia de códigos CPC. Se privilegió esta fuente porque permite vincular cada dato con un expediente público, verificable y fechado, y porque reduce el riesgo de que los resultados dependan únicamente de percepciones de funcionarios o proveedores.

El universo de referencia estuvo constituido por informes de control relacionados con contratación pública emitidos por la Contraloría General del Estado, organismo de control externo con competencia constitucional para fiscalizar el uso de recursos públicos. No se consideraron informes de otros organismos de control (como la Superintendencia de Compañías o auditorías internas institucionales) porque el foco del estudio residía en hallazgos formalizados y públicamente accesibles sobre el CPC. A partir de ese universo se realizó un proceso de depuración en tres etapas: (1) identificación preliminar de documentos que mencionaban la sigla CPC o Clasificador Central de Productos en repositorios oficiales de la Contraloría, que arrojó 47: 18 informes; (2) lectura de resúmenes y conclusiones para filtrar aquellos con hallazgos expresos sobre la elección, coherencia o pertinencia del código, tras lo cual se conservaron 18 informes; y (3) aplicación de los criterios de inclusión y exclusión descritos a continuación, que dejó una muestra intencional no probabilística de diez informes publicados entre 2016 y 2023 (19-28). El flujo completo fue, por tanto, 47→ 18 → 10 informes. Cada documento se identifica por entidad,

código de informe y año en los resultados (Tabla 2) y cuenta con una referencia bibliográfica individual, de modo que la procedencia de cada dato pueda ser rastreada hasta la fuente oficial.

Los criterios de inclusión fueron: a) corresponder a un informe oficial identificable por código o número; b) contener un hallazgo expreso sobre el CPC, su clasificación o su concordancia con el objeto contractual, el presupuesto o la actividad del proveedor; c) aportar evidencia suficiente para codificar al menos uno de los cinco indicadores definidos; y d) aportar diversidad temporal, institucional, sectorial o tipológica respecto de los demás casos. Se excluyeron documentos en los que la sigla CPC aparecía solo de manera incidental, aquellos que no permitían reconstruir el hallazgo o su efecto, y documentos sin información suficiente para aplicar de forma verificable los criterios de codificación.

La selección no pretende ser estadísticamente representativa del total de procesos de contratación pública del país. Su representatividad es analítica o tipológica: los diez expedientes abarcan distintos años, tipos de entidad, sectores económicos y clases de anomalía, lo que permite observar patrones recurrentes bajo contextos heterogéneos. Por esta razón, los porcentajes obtenidos describen exclusivamente la muestra estudiada y no deben interpretarse como una tasa nacional de infracciones o irregularidades.

Para profundizar en cada hallazgo documentado y reconstruir sus efectos se aplicó el método analítico-sintético. El enfoque inductivo-deductivo permitió partir de los casos individuales para formular categorías de riesgo y luego contrastarlas con el marco jurídico. La interpretación de la LOSNCP, su Reglamento General y la normativa secundaria aplicable se realizó mediante el método formal-jurídico; el método histórico-lógico permitió distinguir el régimen vigente al momento de cada auditoría de las reformas incorporadas hasta agosto de 2026.

Como herramienta central se utilizó una matriz de extracción y codificación que registró entidad, código del informe, año, descripción sintética del hallazgo, norma relacionada, consecuencias documentadas y cinco variables dicotómicas: M, I, R, P y D. La codificación se efectuó a nivel de informe y las categorías no fueron excluyentes. Para reducir la interpretación subjetiva se asignó el valor «1» únicamente cuando el informe documentaba hechos que coincidían con la definición operacional del indicador; cuando el hecho no estaba acreditado de forma expresa o no podía reconstruirse con el documento, se asignó «0» (Tabla 1). La codificación fue realizada de manera independiente por el autor principal y posteriormente contrastada con los coautores mediante revisión cruzada de la matriz completa, a fin de verificar la consistencia de la aplicación de los criterios operativos. No se aplicó un coeficiente formal de validación intercodificador (como kappa de Cohen) debido al tamaño reducido de la muestra y al carácter dicotómico de las variables; no obstante, las discrepancias detectadas se resolvieron por consenso, lo que incrementó la trazabilidad y la fiabilidad de la matriz.

***Tabla 1. Operacionalización de los indicadores de análisis***

| Código | Indicador | Definición operativa | Criterio de codificación |
|---|---|---|---|
| M | Desajuste CPC-objeto/presupuesto | El código seleccionado no refleja la categoría principal del bien, servicio, obra, consultoría o partida presupuestaria correspondiente. | 1 = existe desajuste expreso; 0 = no se identifica. |
| I | Inconsistencia documental | El código CPC presenta variaciones entre el Plan Anual de Contratación (PAC), los pliegos, el portal institucional, las certificaciones o durante la ejecución del procedimiento. | 1 = se confirma la presencia de dos o más códigos o descripciones incompatibles; 0 = no. |
| R | Riesgo o afectación a la concurrencia | La clasificación empleada genera condiciones objetivas susceptibles de reducir el universo de proveedores visible, impedir invitaciones pertinentes o dificultar la participación en igualdad de condiciones. | 1 = el informe documenta exclusión, omisión de invitaciones, trato inequitativo, reducción material del universo visible u otra afectación concreta a la concurrencia; 0 = no se documenta. |
| P | Incompatibilidad proveedor-actividad | Falta de correspondencia entre el CPC y actividad económica registrada del proveedor invitado (RUC/RUP) y el objeto contratado, diferenciándola de la afectación a la concurrencia | 1 = se encuentra documentada la falta de correspondencia; 0 = no. |
| D | Distorsión del procedimiento/mercado | La anomalía detectada incide en la modalidad de compra, el estudio de mercado, el Valor Agregado Ecuatoriano (VAE), el presupuesto, la planificación o la trazabilidad del proceso. | 1 = se encuentra acreditado el impacto en el procedimiento; 0 = no. |

***Nota. Los indicadores no son excluyentes; un mismo informe puede registrar varias categorías.***

***Fuente: Elaboración propia.***

**Procedimiento de codificación.** Para cada informe se siguió la misma secuencia: 1) identificación de la entidad, código y periodo examinado; 2) lectura de las observaciones, conclusiones y elementos relacionados con la codificación CPC; 3) extracción del objeto contractual, códigos mencionados, referencias al proveedor y efectos sobre mercado o procedimiento; 4) contraste de esos hechos con las definiciones operativas de M, I, R, P y D; y 5) registro binario de cada indicador. La ausencia de evidencia documental suficiente no se interpretó como presencia del fenómeno. Este procedimiento permite auditar la lógica de la codificación sin atribuir intencionalidad más allá de lo que los informes oficiales sostienen.

El procesamiento de los datos se realizó mediante estadística descriptiva. Para cada indicador se calculó la frecuencia absoluta (fi) y el porcentaje pi = (fi/n) × 100, con n = 10; adicionalmente se determinó el número de indicadores presentes por caso, la media, la mediana y el rango. Para examinar la coexistencia de anomalías se construyó una matriz de co-ocurrencia, con el número

de informes en que dos indicadores aparecen simultáneamente, y se calculó el índice de Jaccard (J = informes con ambos indicadores / informes con al menos uno de ellos), que oscila entre 0 y 1. Estas medidas son exploratorias y descriptivas. En el caso del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Francisco de Orellana (24), se contrastó el número de proveedores mostrado por el código utilizado con el correspondiente a una categoría alternativa identificada en el propio análisis del informe, calculando diferencia absoluta, incremento relativo y proporción entre ambos universos. Por el tamaño reducido, el carácter intencional de la muestra y la dependencia de los documentos disponibles, no se aplicaron pruebas de hipótesis ni medidas de significación estadística; por ello, «asociación» se usa exclusivamente en sentido descriptivo y no como relación causal generalizable.

La investigación utilizó exclusivamente información pública procedente de fuentes oficiales y literatura científica. No se procesaron datos personales confidenciales ni se realizaron encuestas o entrevistas a funcionarios o proveedores. La matriz se concentró en la falla institucional documentada y evitó imputaciones personales. Durante todo el proceso se mantuvo la distinción entre la existencia objetiva de una inconsistencia y la atribución de intencionalidad, por lo que los casos no se califican automáticamente como actuaciones dolosas, prácticas corruptas o infracciones intencionales.

# RESULTADOS

### *Caracterización de los casos*

Los diez informes examinados abarcan sectores y tipos de entidad diversos, entre ellos administración pública, seguridad social, gobiernos autónomos descentralizados, salud, protección a víctimas y gestión de recursos naturales. Los hallazgos corresponden a contrataciones de bienes tecnológicos, repuestos, neumáticos, alimentos, medicamentos, consultorías, auditoría médica, obra pública y lubricantes. Esta heterogeneidad no prueba una incidencia nacional, pero sí aporta diversidad analítica a la muestra y muestra que los problemas de codificación pueden aparecer en objetos contractuales de distinta naturaleza (Tabla 2).

*Tabla 2. Síntesis de los informes oficiales incluidos en la muestra*

| N.° | Entidad e informe | Hallazgo CPC sintetizado | Efecto principal |
|---|---|---|---|
| 1 | SUPERCOM – DAAC-0088-2016 (19) | La adquisición registró un código CPC distinto en cada etapa: uno en el PAC, otro en el portal institucional y un tercero en los pliegos de la contratación. | Pérdida de la trazabilidad del proceso y riesgo latente al evaluar y comparar las ofertas. |
| 2 | BIESS – DAI-AI-0871-2016 (20) | Los códigos CPC contemplados y publicados en el PAC 2014 no coincidieron con los que finalmente se certificaron para la ejecución de las contrataciones. | Inconsistencia directa entre la fase de planificación, la publicación de los procesos y su ejecución real. |
| 3 | GAD Municipal de Yantzaza – DR4-DPZCH-GADMY-AI-0001-2018 (21) | Se catalogó una partida con un CPC de lubricantes cuando también requería filtros; asimismo, para la compra de neumáticos se utilizó un código asignado a repuestos automotrices. | Riesgo de restringir la participación de proveedores idóneos e imprecisión al calcular el Valor Agregado Ecuatoriano (VAE). |
| 4 | Gobierno Provincial de Loja – DPL-0004-2019 (22) | Un procedimiento fue cancelado porque el sistema no generó invitaciones con el CPC seleccionado. | Ausencia de una convocatoria efectiva y real hacia el segmento de mercado adecuado. |
| 5 | GAD Municipal de Macará – DPL-0013-2020 (23) | Se dio inicio al trámite precontractual con un código CPC ajeno a la ejecución de obras de construcción. | Distorsión sustancial de la naturaleza del objeto de contratación y de la modalidad del proceso. |
| 6 | GAD Municipal Francisco de Orellana – DPO-0013-2020 (24) | Para adquirir kits de víveres se catalogó únicamente «arroz descascarado» (reuniendo 1.286 proveedores e ignorando el resto de productos); en contraste, un CPC alternativo abarcaba 2.778 proveedores. | Reducción injustificada del universo de participantes y elaboración de un estudio de mercado no representativo. |
| 7 | Hospital Básico El Puyo – DPP-0002-2021 (25) | Al momento de presentar su propuesta, el adjudicatario no contaba con el código CPC vinculado al bien requerido, añadiéndolo a su registro de forma posterior. | Trato inequitativo entre participantes y omisión en la verificación previa de las condiciones de elegibilidad. |
| 8 | GAD de la Provincia de Pichincha – DNA5-GAD-0027-2021 (26) | Se recomendó la adjudicación de una consultoría sin validar que el RUC y la actividad societaria respaldaran dicho servicio, ignorando a otros proveedores idóneos. | Riesgo de favorecimiento a un oferente y exclusión injustificada de proveedores aptos en el mercado. |
| 9 | SPPAT – DNA8-TVIPyA-0014-2021 (27) | La habilitación en un CPC de auditoría médica resultó insuficiente para acreditar que el objeto social de la empresa respaldaba servicios de consultoría y auditoría. | Debilidad e ineficacia en los mecanismos de validación cruzada entre el CPC, el RUP, el RUC y el objeto social. |
| 10 | EP Petroecuador – DNA6-RN-0068-2023 (28) | El CPC asignado no guardaba relación con el componente económico preponderante que estructuraba el presupuesto referencial del contrato. | Alteración del componente económico principal de la contratación y distorsión del mercado objetivo. |

*Nota.* Elaboración propia con base en los informes de la Contraloría General del Estado incluidos en la muestra. La síntesis no sustituye la lectura íntegra de cada informe.

### *Matriz de codificación*

La Tabla 3 refleja la presencia de cada uno de los indicadores en la totalidad de los diez casos examinados. Es importante precisar que estas variables no son excluyentes entre sí, razón por la

cual un mismo informe de auditoría puede registrar simultáneamente la concurrencia de múltiples categorías de riesgo.

***Tabla 3. Presencia de indicadores por caso.***

| Caso | M | I | R | P | D | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 4 |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 |
| 3 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 3 |
| 4 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 |
| 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 |
| 6 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 3 |
| 7 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 |
| 8 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 |
| 9 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 |
| 10 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 3 |

*Nota.* M = desajuste CPC-objeto/presupuesto; I = inconsistencia documental; R = riesgo o afectación a la concurrencia; P = incompatibilidad proveedor-actividad; D = distorsión del procedimiento o mercado. 1 = presente; 0 = no identificado. Elaboración propia.

### *Resultados estadísticos descriptivos*

La Tabla 4 sintetiza la información relativa a la frecuencia absoluta y la proporción porcentual con la que se manifiesta cada uno de los indicadores dentro de la muestra de documentos analizada. La Figura 1 representa gráficamente estas frecuencias para facilitar su comparación.

***Tabla 4. Frecuencia de indicadores en la muestra documental.***

| Indicador | Frecuencia | Porcentaje | Interpretación |
|---|---|---|---|
| Riesgo o afectación a la concurrencia (R) | 8 | 80 % | Categoría más frecuente; incluye universos inadecuados, ausencia de invitaciones y trato desigual para los proveedores. |
| Distorsión del procedimiento/mercado (D) | 7 | 70 % | La clasificación afectó la planificación general, el dinamismo del mercado, el VAE, la asignación presupuestaria y la naturaleza propia del procedimiento de contratación. |
| Desajuste CPC-objeto/presupuesto (M) | 5 | 50 % | En la mitad de los informes examinados se evidenció que el código asignado resultaba inadecuado, al no reflejar con precisión el objeto principal de la compra ni su componente preponderante. |
| Incompatibilidad proveedor-actividad (P) | 3 | 30 % | Se identificaron inconsistencias sustanciales entre la certificación correspondiente, el Registro Único de Proveedores (CPC/RUP) y la actividad económica o el objeto social efectivamente registrado por la entidad participante. |
| Inconsistencia documental (I) | 2 | 20 % | El CPC cambió entre el PAC, el portal, los pliegos o la ejecución. |

***Nota. Los porcentajes no suman 100 % porque las categorías son simultáneas.***

***Fuente: Elaboración propia con base en la matriz de diez informes oficiales.***

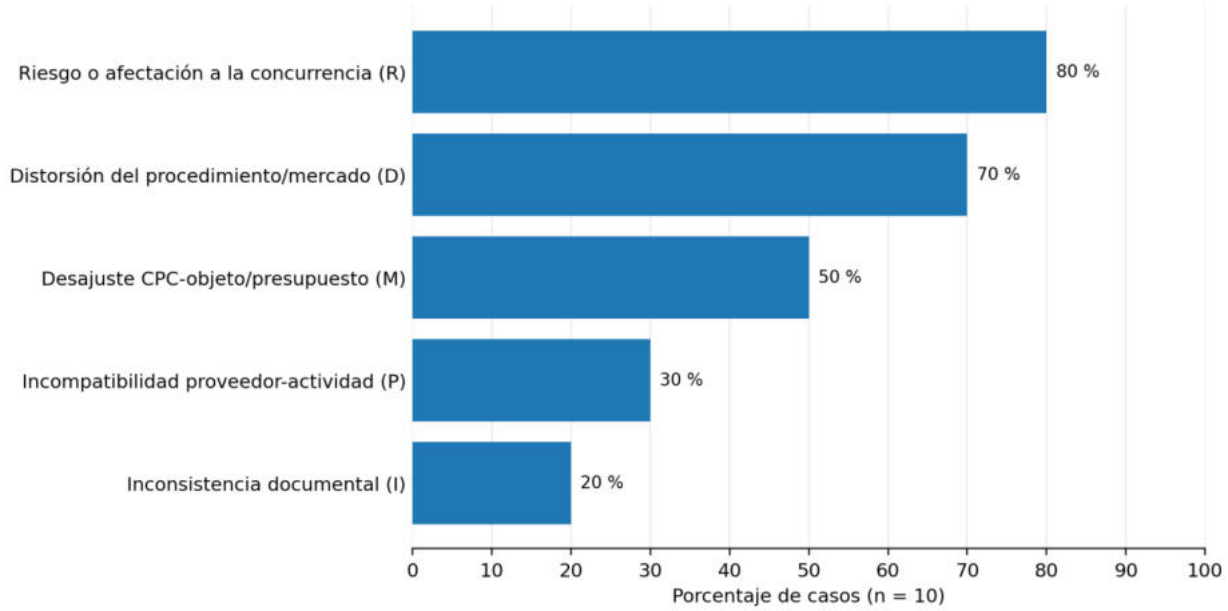



***Figura 1. Frecuencia porcentual de los indicadores observados***

***Nota. Elaboración propia a partir de la matriz de diez informes oficiales.***

Cada expediente analizado presentó entre dos y cuatro indicadores de riesgo, con una media de 2,5 por informe, una mediana de 2 y un rango de 2 a 4. Dentro de esta muestra, las anomalías tendieron a coexistir: una clasificación inadecuada del CPC apareció junto con distorsiones del mercado o del procedimiento, problemas de compatibilidad proveedor-actividad o fallas de trazabilidad. Esta coexistencia describe un patrón documental y no implica, por sí misma, causalidad entre los indicadores.

Los indicadores de mayor frecuencia fueron R (riesgo o afectación a la concurrencia) y D (distorsión del procedimiento o mercado). En ocho de los diez informes se documentaron hechos codificados como R y en siete se observaron efectos sobre modalidad de contratación, análisis de mercado, presupuesto, VAE o planificación. La inconsistencia documental (I) fue la categoría menos frecuente, con dos casos; sin embargo, cuando apareció, implicó variaciones explícitas entre registros de un mismo proceso, lo que afecta la trazabilidad y dificulta la supervisión posterior.

**Co-ocurrencia de indicadores**

Con el fin de examinar cómo se agrupan las anomalías, la Tabla 5 presenta el número de informes en que coinciden los distintos pares de indicadores y, entre paréntesis, el índice de Jaccard. Dentro de la muestra, el desajuste entre el CPC y el objeto o presupuesto (M) coincidió con distorsión del procedimiento o del mercado (D) en los cinco informes en que apareció (J = 0,71), y la inconsistencia documental (I) coincidió con D en sus dos casos (J = 0,29). La afectación a la concurrencia (R) coincidió con D en cinco informes (J = 0,50) y con M en cuatro (J = 0,44). En contraste, la incompatibilidad proveedor-actividad (P) no coincidió con M ni con D en ningún informe, aunque sí con R en los tres casos en que se registró (J = 0,38).

***Tabla 5. Co-ocurrencia de indicadores en los diez informes (frecuencia conjunta e índice de Jaccard).***

| Indicador | M | I | R | P | D |
|---|---|---|---|---|---|
| **M** | 5 | 1 (0,17) | 4 (0,44) | 0 (0,00) | 5 (0,71) |
| **I** | 1 (0,17) | 2 | 1 (0,11) | 0 (0,00) | 2 (0,29) |
| **R** | 4 (0,44) | 1 (0,11) | 8 | 3 (0,38) | 5 (0,50) |
| **P** | 0 (0,00) | 0 (0,00) | 3 (0,38) | 3 | 0 (0,00) |
| **D** | 5 (0,71) | 2 (0,29) | 5 (0,50) | 0 (0,00) | 7 |

***Nota. La diagonal muestra la frecuencia de cada indicador; fuera de la diagonal se indica el número de informes en que coinciden dos indicadores y, entre paréntesis, el índice de Jaccard. M = desajuste CPC-objeto/presupuesto; I = inconsistencia documental; R = riesgo o afectación a la concurrencia; P = incompatibilidad proveedor-actividad; D = distorsión del procedimiento o mercado.***

***Fuente: Elaboración propia***.

Estos patrones sugieren, de forma exploratoria, dos configuraciones diferenciables en los diez informes: una vinculada con la planificación y la clasificación del objeto (M, I y D, con efectos sobre el procedimiento o el mercado) y otra vinculada con la elegibilidad del proveedor (P), que aparece junto con afectaciones a la concurrencia, pero sin desajuste del código ni distorsión del procedimiento. Con n = 10 y una muestra intencional, estos resultados no permiten inferir asociaciones estadísticas ni generalizarlas; su utilidad es orientar la lectura cualitativa y la formulación de hipótesis para estudios con muestras mayores.

## Contraste cuantitativo del universo de proveedores

El informe DPO-0013-2020 (24) ofrece un contraste cuantitativo relevante. Para la adquisición de kits de alimentos, la entidad utilizó el código CPC 11400, correspondiente a «arroz descascarado», con 1.286 proveedores registrados, aunque ese código no abarcaba la totalidad del conjunto de bienes. En el análisis se identificó una categoría alternativa relativa a «otros productos alimenticios», cuya consulta mostró 2.778 proveedores a escala nacional.

La diferencia entre ambas búsquedas fue de 1.492 registros; el universo mostrado por la categoría alternativa fue 116,0 % mayor que el obtenido con el código utilizado, mientras que este último representó el 46,3 % del universo observado con la alternativa. Estos registros no equivalen necesariamente a oferentes activos, habilitados o idóneos, por lo que el contraste no mide competencia efectiva. Sí ilustra que la selección del CPC puede modificar sustancialmente el conjunto de proveedores visible para la entidad y para la lógica de búsqueda del sistema. La Figura 2 presenta visualmente este contraste entre ambos universos registrados.

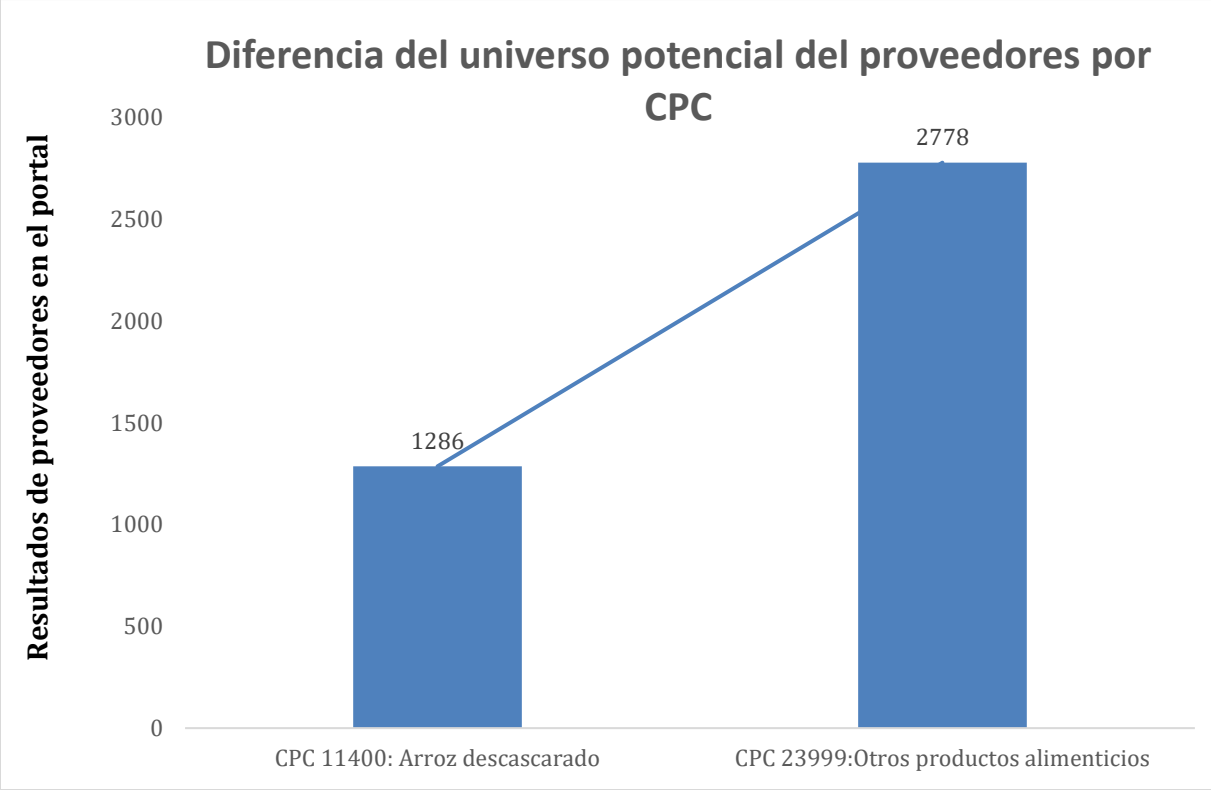



***Figura 2. Resultados de proveedores según el CPC utilizado y el CPC consistente***

***Nota. Elaboración propia con base en el informe DPO-0013-2020 (24).***

**Resultado del análisis normativo**

El marco normativo vigente aborda varios de los riesgos identificados mediante reglas de concordancia entre PAC, CPC y objeto contractual, la justificación técnica del objeto, la consideración del componente presupuestario predominante en objetos mixtos y la articulación entre RUP, registros tributarios y codificación (4). Estas disposiciones proporcionan una base regulatoria para mejorar calidad de datos, trazabilidad e interoperabilidad, aunque su eficacia depende de que se conviertan en controles operativos antes de la publicación del procedimiento.

Sin embargo, si la plataforma permite registrar un CPC semánticamente ajeno al objeto, modificarlo sin trazabilidad suficiente o mantener incompatibilidades entre la actividad del proveedor y la naturaleza de la contratación, el control puede llegar cuando la oportunidad competitiva ya fue afectada. Las reformas de 2026 (6) refuerzan el marco para la verificación en fases tempranas; el desafío de gestión consiste en traducir esas obligaciones en validaciones objetivas, interoperables y auditables.

## DISCUSIÓN

Los resultados indican que, dentro de los diez expedientes seleccionados, las inconsistencias de CPC no se limitaron a errores de digitación. En el 80 % de los informes se registraron hechos codificados como riesgo o afectación a la concurrencia y en el 70 % se documentaron distorsiones

del procedimiento o del mercado. Estas frecuencias describen únicamente la muestra: no permiten estimar la prevalencia nacional ni demostrar causalidad, pero son compatibles con el mecanismo propuesto, según el cual la clasificación del objeto podría condicionar el mercado que identifica la plataforma y, por esa vía, influir en las oportunidades de participación. La co-ocurrencia observada entre el desajuste del código y la distorsión del procedimiento (cinco de cinco casos) refuerza esa lectura, aunque, con n = 10, debe tomarse como una pauta exploratoria.

La falta de coherencia entre el código asignado, el objeto o el presupuesto, presente en cinco de los diez informes, sería consistente con una brecha entre la regla formal y su implementación, en la línea de lo descrito por Bosio et al. (15). Las incompatibilidades proveedor-actividad (30 %) y las inconsistencias documentales (20 %) fueron menos frecuentes en esta muestra, pero afectan puntos críticos de trazabilidad: la habilitación del proveedor y la correspondencia entre PAC, pliegos, registros y ejecución. Estos hallazgos son coherentes con el enfoque de cumplimiento de Núñez Naranjo et al. (9), con la importancia de la planificación y la supervisión destacada por Faz Cevallos et al. (10) y con la brecha de capacidades de seguimiento descrita por Avilés Quiñónez et al. (11), aunque la muestra no permite contrastar de manera concluyente estas explicaciones.

La perspectiva de la OCDE sobre acceso y transparencia (16) encuentra una ilustración concreta en el caso del Municipio Francisco de Orellana (24). El código aplicado mostró 1.286 registros de proveedores, mientras que la categoría alternativa considerada en el análisis mostró 2.778. La diferencia de 1.492 registros no significa que todos ellos hubieran participado ni que fueran idóneos; sugiere, en cambio, que la codificación puede modificar el universo que la plataforma hace visible. Al tratarse de un único caso, la ilustración es descriptiva y no admite generalización. Aun así, apoya la idea de tratar el CPC como una regla de acceso digital al mercado, coherente con los principios de igualdad y trato justo señalados por Díaz-Molina (8).

Ninguno de estos hallazgos permite calificar automáticamente las diez situaciones como direccionamiento intencional. Los informes documentan anomalías objetivas (variación de códigos, falta de correspondencia con la actividad del proveedor o selección de categorías ajenas al componente principal), pero la prueba de dolo requiere elementos adicionales sobre conocimiento, finalidad y conducta. Aun sin atribuir intencionalidad, esas anomalías podrían converger en efectos prácticos similares: menor visibilidad del proceso para ciertos operadores, análisis de mercado incompleto o pérdida de trazabilidad. Esta distinción fortalece el enfoque preventivo porque separa la alerta técnica de la determinación jurídica de responsabilidad.

Las inferencias de este estudio dependen, además, del tipo de fuente. Los informes de la Contraloría documentan los casos que fueron auditados y observados, de modo que la muestra puede sobrerrepresentar situaciones con consecuencias visibles y no refleja la frecuencia de errores de codificación que pasaron inadvertidos o que no derivaron en observaciones. Esta limitación refuerza la lectura de los porcentajes como descripción de la muestra y no como tasas.

**Hacia un modelo de control preventivo**

Los tres objetivos específicos convergen en una propuesta de intervención temprana: si la inconsistencia puede originarse en la fase preparatoria, el control debe actuar antes de publicar

la convocatoria. El primer pilar es la validación semántica del CPC frente al objeto contractual y al componente presupuestario. La plataforma podría comparar el texto del PAC y de los pliegos con los descriptores oficiales y, cuando la correspondencia sea baja, exigir una justificación técnica sin bloquear automáticamente la decisión. Así se preservaría la discrecionalidad motivada y se generaría trazabilidad de la excepción.

El segundo pilar es la interoperabilidad operativa entre RUC, RUP y CPC, en consonancia con el artículo 30 del RGLOSNCP (4). La validación previa de la actividad económica, el registro del proveedor y el código de la compra permitiría detectar incompatibilidades antes de la habilitación. Este control no debería excluir automáticamente a un proveedor por una coincidencia algorítmica insuficiente; tendría que generar una alerta verificable y habilitar revisión humana, de forma que se eviten tanto errores de inclusión como exclusiones indebidas.

El tercer pilar es un sistema de alertas tempranas para apoyar la decisión del servidor público. Se proponen tres tipos: a) inconsistencia documental, cuando el código del PAC difiere del empleado en pliegos o portal; b) restricción potencial del mercado, cuando una categoría reduce de forma significativa el universo visible frente a alternativas técnicamente plausibles; y c) incompatibilidad de origen, cuando la actividad económica del proveedor no guarda correspondencia suficiente con el objeto. Cada alerta quedaría registrada en el expediente electrónico, junto con la justificación y la decisión adoptada, para facilitar control posterior sin sustituir el juicio administrativo.

Respecto de los riesgos de la automatización, el modelo contempla salvaguardas explícitas para evitar falsos positivos y exclusiones indebidas: la validación semántica no bloquearía de manera automática ningún procedimiento, sino que generaría una alerta de nivel medio o alto que exigiría justificación técnica escrita y revisión humana por el responsable del proceso o por un comité de integridad. De este modo se preservaría la discrecionalidad motivada del servidor público y se garantizaría que ninguna exclusión de proveedores se produzca únicamente por coincidencia algorítmica insuficiente. El algoritmo debería ser explicable, admitir revisión humana y conservar un registro de cambios. La interoperabilidad con el RUP del SERCOP y con los registros del Servicio de Rentas Internas (SRI) se plantea como condición operativa, en línea con el artículo 30 del RGLOSNCP (4), de modo que la plataforma pueda contrastar en tiempo real la actividad económica declarada, el objeto social y el CPC seleccionado.

**Experiencias internacionales de validación asistida de clasificadores**

Las experiencias comparadas disponibles se refieren principalmente al Vocabulario Común de Contratos Públicos (CPV) de la Unión Europea, un clasificador distinto del CPC ecuatoriano pero con una función análoga: identificar el objeto de cada contrato. La OCDE documenta aplicaciones de inteligencia artificial que clasifican descripciones de compras y detectan inconsistencias en sistemas estandarizados (29). En el ámbito europeo, la Oficina de Publicaciones de la Unión Europea desarrolla una solución de procesamiento del lenguaje natural y aprendizaje automático que sugiere a los servidores responsables los códigos CPV más adecuados para cada anuncio y apoya la validación de campos propensos a error, como el valor presupuestario (30). El diseño

descrito es de sugerencia a quien redacta el anuncio, lo que coincide con el principio de apoyo a la decisión humana planteado en este artículo.

Los estudios técnicos muestran tanto el potencial como los límites de la automatización. Con una base de cinco millones de licitaciones italianas publicadas por la autoridad anticorrupción, Siciliani et al. (31) señalan que, dado el elevado número de códigos del CPV, incluso el personal experto encuentra difícil elegir el correcto, y que esa dificultad produce errores de tipeo o de interpretación; sus clasificadores de texto alcanzaron una exactitud cercana al 78 % solo al predecir las 45 divisiones, el nivel más agregado del vocabulario, y los resultados fueron bajos cuando se pretendía clasificar con todo el detalle del clasificador. Navas-Loro et al. (32) abordaron la clasificación multietiqueta de contratos públicos en español, con datos del Ministerio de Hacienda de España, también al nivel de las 45 divisiones del CPV.

En la región, una experiencia relevante es la plataforma Alice del Tribunal de Contas da União de Brasil, orientada al control externo más que a la validación en el momento de la carga. Alice analiza diariamente los avisos de licitación y los registros de subastas electrónicas publicados en el portal de compras del gobierno federal; según el propio tribunal, desde su versión 3.0 incorporó el análisis de las descripciones de productos y servicios y, desde la 3.6, métodos automatizados más avanzados que redujeron inconsistencias y mejoraron la estandarización de los datos. Entre los principales desafíos, los auditores señalaron la gran variedad de nombres para un mismo ítem y la necesidad de acceder a bases de datos integradas (33).

De estas experiencias se desprenden tres orientaciones para el diseño propuesto, que deben leerse como insumos y no como evidencia de efectividad en Ecuador. Primero, la asistencia a quien clasifica, mediante la sugerencia del código, parece más viable que el bloqueo automático (30,31). Segundo, el desempeño de los modelos decae a medida que aumenta el detalle del clasificador, lo que justifica umbrales de alerta calibrados y revisión humana en los niveles finos de codificación (31). Tercero, la validación depende de la calidad y la integración de los datos maestros y de la homogeneización de las descripciones (33). Ninguno de los trabajos revisados mide el efecto de estas herramientas sobre la concurrencia, por lo que ese vacío constituye una línea de investigación futura. Además, provienen de contextos con clasificadores, plataformas y marcos institucionales distintos del ecuatoriano, de modo que su traslado exige adaptación y validación locales.

En cuanto a la viabilidad técnica y los costos de implementación, el modelo puede articularse gradualmente con la infraestructura existente del SERCOP, aprovechando las capacidades actuales de la plataforma electrónica de compras públicas y los servicios de interoperabilidad ya previstos en la normativa de 2025-2026. Una fase piloto controlada, limitada a un número acotado de entidades (por ejemplo, GAD municipales de distinto tamaño y una empresa pública), permitiría calibrar umbrales de alerta, medir la tasa de falsos positivos y estimar costos de desarrollo, capacitación y mantenimiento. La propuesta no fue sometida a validación formal con actores del sistema en la presente investigación, por tratarse de un diseño conceptual derivado de los hallazgos documentales; no obstante, se recomienda como paso siguiente la consulta con expertos en contratación pública, funcionarios del SERCOP y responsables de procesos de los

GAD, a fin de ajustar los umbrales y los protocolos de revisión humana antes de cualquier despliegue operativo.

El estudio presenta limitaciones que deben delimitar el alcance de sus conclusiones. La muestra de diez informes es intencional y no probabilística; por ello, las proporciones observadas describen únicamente los expedientes examinados y no pueden proyectarse a todo el sistema nacional. Al provenir de informes de auditoría, la muestra recoge casos ya observados por el control externo y puede no reflejar errores de codificación que no generaron observaciones. La revisión documental tampoco permite reconstruir la intención subjetiva de los participantes ni las condiciones completas del mercado en el momento de cada proceso, y el análisis de co-ocurrencia, con n = 10, es exploratorio. Además, el número de proveedores mostrado por una categoría CPC no equivale al número de oferentes efectivos, y la revisión de experiencias internacionales se basó en fuentes documentales seleccionadas, no en una revisión sistemática. Futuras investigaciones podrían ampliar la muestra con datos abiertos del portal, aplicar técnicas de minería de procesos y contrastar los resultados con entrevistas o encuestas a operadores del sistema, además de evaluar experimentalmente la precisión y los efectos de las alertas propuestas.

## CONCLUSIONES

Respecto del primer objetivo específico, el marco jurídico ecuatoriano establece una relación entre necesidad, objeto contractual, CPC, presupuesto y actividad económica del proveedor, especialmente mediante las reglas del RGLOSNCP (4) y sus reformas posteriores (5,6). El problema identificado no es únicamente normativo: la eficacia preventiva depende de que esas exigencias se traduzcan en validaciones de datos, trazabilidad y controles aplicados antes de la publicación del procedimiento.

Respecto del segundo objetivo, la matriz de codificación permitió dimensionar los patrones presentes en los diez casos: R se observó en el 80 %; D, en el 70 %; M, en el 50 %; P, en el 30 %; e I, en el 20 %. Cada expediente presentó, en promedio, 2,5 indicadores simultáneos. Estas cifras describen la muestra y muestran que las inconsistencias de CPC pueden coexistir con problemas de mercado, elegibilidad o trazabilidad, sin que ello permita inferir una tasa nacional ni atribuir causalidad automática.

Respecto del tercer objetivo, se propone un modelo de control preventivo de tres pilares: validación semántica entre CPC, objeto y presupuesto; interoperabilidad entre RUC, RUP y CPC; y alertas tempranas por inconsistencia documental, restricción potencial del mercado e incompatibilidad proveedor-actividad. El modelo se concibe como apoyo a la decisión humana y exige registro de cambios, justificación de excepciones y posibilidad de revisión.

En conjunto, los patrones observados son consistentes con la hipótesis de trabajo: dentro de los expedientes analizados, una selección inadecuada o inconsistente del CPC se asocia con señales de reducción del universo de proveedores, distorsión del procedimiento o del mercado, incompatibilidad proveedor-actividad y pérdida de trazabilidad. La asociación debe interpretarse con cautela. Un CPC incorrecto constituye un factor de riesgo y una señal para activar controles

preventivos, pero no es una prueba autónoma de dolo, corrupción o direccionamiento intencional. Distinguir el error técnico, la inobservancia y la conducta deliberada es una condición esencial para que el control sea jurídicamente proporcional y técnicamente útil.

## CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran no tener conflictos de intereses relacionados con el contenido de este artículo.

## CONTRIBUCIONES DE AUTOR

Piedra Conforme, E. S.: conceptualización, revisión normativa y documental, análisis de datos, redacción del borrador original. Sosa Mejía, E. F.: metodología, procesamiento estadístico, elaboración de tablas y figuras. Ponce Campoverde, C. D.: supervisión, revisión y edición final. La investigación no recibió financiamiento externo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Asamblea Constituyente del Ecuador. Constitución de la República del Ecuador. Registro Oficial 449; 2008 oct 20.
2. Asamblea Nacional del Ecuador. Ley Orgánica Reformatoria a la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública. Cuarto Suplemento del Registro Oficial 140; 2025 oct 7.
3. Servicio Nacional de Contratación Pública. Clasificador Central de Productos (CPC) (Internet). Quito: SERCOP; (citado 2026 jul 13). Disponible en: https://portal.compraspublicas.gob.ec/sercop/
4. Presidencia de la República del Ecuador. Decreto Ejecutivo 193: Reglamento General a la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública. Noveno Suplemento del Registro Oficial 153; 2025 oct 28.
5. Presidencia de la República del Ecuador. Decreto Ejecutivo 356: Reforma al Reglamento General a la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública. Tercer Suplemento del Registro Oficial 260; 2026 abr 8.
6. Presidencia de la República del Ecuador. Decreto Ejecutivo 461: Reforma al Reglamento General a la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública. Tercer Suplemento del Registro Oficial 337; 2026 jul 30.
7. Servicio Nacional de Contratación Pública. Resolución R.E.-SERCOP-2025-0154: Disposiciones transitorias necesarias para el correcto funcionamiento de los procedimientos de contratación pública (Internet). Quito: SERCOP; 2025. Disponible en: https://portal.compraspublicas.gob.ec/sercop/
8. Díaz-Molina KA. Los principios de la contratación pública en el sistema ecuatoriano. MQRInvestigar. 2022;6(4):849-62. doi:10.56048/MQR20225.6.4.2022.849-862
9. Núñez Naranjo S, Suárez Moreira A, López Lajones L, Ludeña Zambrano W. La implementación del compliance en los procesos de contratación pública en Ecuador. Rev Cient Res Non Verba. 2023;13(2):95-135. doi:10.21855/resnonverba.v13i2.862

10. Faz Cevallos WE, Fuentes Gavilánez LE, Hidalgo Mayorga M, Guerrero Arrieta KG. La contratación pública en el Ecuador: análisis y perspectiva. Univ Cienc Tecnol. 2023;27(119):127-36. doi:10.47460/uct.v27i119.714
11. Avilés Quiñónez WP, Carvajal Burgos GM, Ponce Campoverde CD, Villón Morán M. La fase postcontractual en la contratación pública del Ecuador: enfoques, actividades y responsabilidades jurídico-administrativas. Maestro Soc. 2025;22(4):4014-21. Disponible en: https://maestroysociedad.uo.edu.cu
12. Jensen MC, Meckling WH. Theory of the firm: managerial behavior, agency costs and ownership structure. J Financ Econ. 1976;3(4):305-60. doi:10.1016/0304-405X(76)90026-X
13. Stigler GJ. The theory of economic regulation. Bell J Econ Manag Sci. 1971;2(1):3-21. doi:10.2307/3003160
14. Wittberg E, Fazekas M. Firm performance, imperfect competition, and corruption risks in procurement: evidence from Swedish municipalities. Public Choice. 2023;197:227-51. doi:10.1007/s11127-023-01102-8
15. Bosio E, Djankov S, Glaeser EL, Shleifer A. Public procurement in law and practice. Am Econ Rev. 2022;112(4):1091-117. doi:10.1257/aer.20200738
16. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. Implementing the OECD Recommendation on Public Procurement in OECD and partner countries: 2020-2024 report. París: OECD Publishing; 2025. doi:10.1787/02a46a58-en
17. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. Recommendation of the Council on Public Procurement (OECD/LEGAL/0411) (Internet). París: OCDE; 2015. Disponible en: https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0411
18. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. Digital transformation of public procurement: good practice report (OECD Public Governance Policy Papers No. 77). París: OECD Publishing; 2025. doi:10.1787/79651651-en
19. Contraloría General del Estado. Informe DAAC-0088-2016: Superintendencia de la Información y Comunicación (Internet). Quito: Contraloría General del Estado; 2016. Disponible en: https://www.contraloria.gob.ec
20. Contraloría General del Estado. Informe DAI-AI-0871-2016: Banco del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (Internet). Quito: Contraloría General del Estado; 2016. Disponible en: https://www.contraloria.gob.ec
21. Contraloría General del Estado. Informe DR4-DPZCH-GADMY-AI-0001-2018: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Yantzaza (Internet). Quito: Contraloría General del Estado; 2018. Disponible en: https://www.contraloria.gob.ec
22. Contraloría General del Estado. Informe DPL-0004-2019: Gobierno Provincial de Loja (Internet). Quito: Contraloría General del Estado; 2019. Disponible en: https://www.contraloria.gob.ec
23. Contraloría General del Estado. Informe DPL-0013-2020: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Macará (Internet). Quito: Contraloría General del Estado; 2020. Disponible en: https://www.contraloria.gob.ec
24. Contraloría General del Estado. Informe DPO-0013-2020: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Francisco de Orellana (Internet). Quito: Contraloría General del Estado; 2020. Disponible en: https://www.contraloria.gob.ec

25. Contraloría General del Estado. Informe DPP-0002-2021: Hospital Básico El Puyo (Internet). Quito: Contraloría General del Estado; 2021. Disponible en: https://www.contraloria.gob.ec
26. Contraloría General del Estado. Informe DNA5-GAD-0027-2021: Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Pichincha (Internet). Quito: Contraloría General del Estado; 2021. Disponible en: https://www.contraloria.gob.ec
27. Contraloría General del Estado. Informe DNA8-TVIPyA-0014-2021: Servicio Público para Pago de Accidentes de Tránsito (Internet). Quito: Contraloría General del Estado; 2021. Disponible en: https://www.contraloria.gob.ec
28. Contraloría General del Estado. Informe DNA6-RN-0068-2023: Empresa Pública de Hidrocarburos del Ecuador, EP Petroecuador (Internet). Quito: Contraloría General del Estado; 2023. Disponible en: https://www.contraloria.gob.ec
29. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. Governing with artificial intelligence: the state of play and way forward in core government functions. París: OECD Publishing; 2025. doi:10.1787/795de142-en
30. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. Here's how the Publications Office of the EU is going to streamline the process of classifying public procurement notices with the help of Artificial Intelligence (Internet). Interoperable Europe, Public Sector Tech Watch; (fecha desconocida). Disponible en: https://interoperable-europe.ec.europa.eu/collection/public-sector-tech-watch/standardising-references-eu-procurement-contracts-help-ai
31. Siciliani L, Tanzi E, Basile P, Lops P. Automatic generation of Common Procurement Vocabulary codes. En: Proceedings of the 9th Italian Conference on Computational Linguistics (CLiC-it 2023); 2023 nov 30-dic 2; Venecia, Italia. CEUR Workshop Proceedings; 2023. Disponible en: https://aclanthology.org/2023.clicit-1.47/
32. Navas-Loro M, Garijo D, Corcho O. Multi-label text classification for public procurement in Spanish. Proces Leng Nat. 2022;69:73-82.
33. Tribunal de Contas da União. TCU presents technological innovations to South African delegation (Internet). Brasília: TCU; 2025 sep 25 (citado 2026 oct 13). Disponible en: https://portal.tcu.gov.br/english/news/tcu-presents-technological-innovations-to-south-african-delegation

InvestiGO Revista Científica Multidisciplinaria
ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Octubre 2026
Vol. 7 No. 21, PP. 525-543
https://doi.org/10.56519/m3asbh09

# MEDICINA DE PRECISIÓN EN ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES: INTEGRACIÓN DE BIOMARCADORES, DATOS CLÍNICOS E INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA TOMA DE DECISIONES

# PRECISION MEDICINE IN CARDIOVASCULAR DISEASES: INTEGRATION OF BIOMARKERS, CLINICAL DATA, AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR DECISION-MAKING

Vanesa Paola Gallo Morales[1], Janina Gissella Pilco Diaz[2], Marco Vinicio Flores Blacio[3], Arnulfo Pazos Rodríguez[4]

{paulymorales015@gmail.com[1], pilcojaninna@gmail.com[2], mflores1@utmachala.edu.ec[2], yomeropazitos@hotmail.com[4]}

Fecha de recepción: 10/09/2026 / Fecha de aceptación: 08/10/2026 / Fecha de publicación: 14/10/2026

**RESUMEN: La medicina cardiológica de precisión intenta mejorar los enfoques basados en la población mediante la aplicación de biomarcadores multiómicos, datos clínicos y inteligencia artificial (IA). Recopilar y analizar sistemáticamente la evidencia disponible sobre modelos basados en inteligencia artificial que incorporen, como mínimo, dos de los siguientes factores: biomarcadores multiómicos, datos clínicos o imágenes cardiovasculares/fenotipos vasculares, aplicables a personas de edad adulta con enfermedad o riesgo cardiovascular. Se realizó una búsqueda en PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science y ScienceDirect (1 de enero de 2020-31 de marzo de 2026) de acuerdo con los criterios PRISMA 2020. Se extrajo información sobre los estudios primarios incluidos que cumplían los criterios de inclusión, y se evaluaron su validez y los riesgos de sesgo utilizando PROBAST+AI. La certeza de la evidencia se evaluó utilizando el GRADE adaptado a los modelos pronósticos. Se identificaron tres estudios que cumplían los criterios de inclusión. El estudio «CardiOmicScore» (Luo et al., 2026) informó de un C-index para ProScore de entre 0,69 y 0,82, y para MetScore de entre 0,64 y 0,74 en la predicción de seis enfermedades cardiovasculares (ECV), y una ganancia de entre 0,005 y 0,102 al combinarse con datos clínicos. El estudio «Queen of Hearts» (Carvalho et al., 2026) obtuvo una AUC de 0,94 (intervalo de confianza del 95 %: 0,92-0,95) en un registro retrospectivo multicéntrico de 1 032 pacientes para la detección de oclusión miocárdica (OMI). El modelo de predicción de ictus basado en imágenes de la retina (Govindaiah et al., 2025) informó de una AUC de 0,83 para un ictus a los cinco años y de 0,79 a los diez años. La certeza de la evidencia se clasificó como muy baja para todas las variables de resultado. Existe escasez de estudios que utilicen criterios de**

[1]Investigador independiente, Ecuador, https://orcid.org/0009-0008-4100-4450
[2]Investigador independiente, Ecuador, https://orcid.org/0000-0001-9004-1102
[3]Universidad Técnica de Machala, Ecuador, https://orcid.org/0009-0006-4381-7776
[4]Investigador independiente, México, https://orcid.org/0009-0009-6211-1914

**inclusión ambiciosos. La evidencia disponible no permite conclusiones definitivas sobre la eficacia del uso de la IA para mejorar la medicina de precisión cardiovascular. Es necesario disponer de más información sobre la validación cruzada de estos modelos en poblaciones diferentes, incluida la evaluación de la calibración y los resultados centrados en el paciente.**

***Palabras clave: Medicina de precisión; enfermedades cardiovasculares; inteligencia artificial; biomarcadores; aprendizaje profundo; revisión sistemática***

**ABSTRACT: Precision cardiology seeks to improve population-based approaches through the application of multi-omic biomarkers, clinical data, and artificial intelligence (AI). To systematically synthesize the evidence on AI-developed modelsincorporating at least two of the following factors : multi-omic biomarkers, clinical data, or cardiovascular imaging/vascular phenotypes, applicable to adults with cardiovascular disease or cardiovascular risk. A systematic search was conducted PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, and ScienceDirect (January 1, 2020–March 31, 2026) in accordance with the PRISMA 2020 guidelines. Information was extracted from the included primary studies that met the eligibility criteria, and their validity and risk of bias were assessed using PROBAST+AI. The certainty of the evidence was evaluated using GRADE adapted for prognostic models. Three studies met the inclusion criteria. The "CardiOmicScore" study (Luo et al., 2026) reported a C-index ranging from 0.69 to 0.82 for ProScore and from 0.64 to 0.74 for MetScore in predicting six cardiovascular diseases (CVDs), with an improvement ranging from 0.005 to 0.102 when combined with clinical data. The "Queen of Hearts" study (Carvalho et al., 2026) achieved an AUC of 0.94 (95% confidence interval: 0.92–0.95) in a retrospective multicenter registry of 1,032 patients for the detection of occlusion myocardial infarction (OMI). The retinal imaging-based stroke prediction model (Govindaiah et al., 2025) reported an AUC of 0.83 for five-year stroke prediction and 0.79 for ten-year prediction. The certainty of the evidence was rated as very low for all outcomes. There is a scarcity of studies using ambitious eligibility criteria. The available evidence does not allow definitive conclusions regarding the effectiveness of AI in improving precision cardiovascular medicine. Further evidence is needed on the external validation of these models across different populations, including assessments of calibration and patient-centered outcomes.**

**Keywords:** ***Precision medicine; cardiovascular diseases; artificial intelligence; biomarkers; deep learning; systematic review***

## INTRODUCCIÓN

Las enfermedades cardiovasculares (ECS) son la principal causa de muerte en todo el mundo, y cada año mueren 17,9 millones de personas (1). A pesar de los avances terapéuticos logrados en las últimas décadas, hay pocas opciones de control de la población de riesgo a nivel de la población general (2); la estrategia de medicina de precisión para abordar este problema no está consolidada (3).

Existe un amplio acuerdo en que los enfoques actuales, con calificaciones de riesgo en la población, tienen varias limitaciones para predecir a nivel individual (2); por lo tanto, se han llevado a cabo diferentes estrategias para lograr este objetivo, desde el uso de puntajes de riesgo poligénico (PRS) aplicados a toda la población (4) hasta la realización reciente de estudios que determinan la correlación entre las variables (5).

Sin embargo, se reconoce que el enfoque basado en los PRS tiene limitaciones para la mayoría de las enfermedades cardiovasculares (5) y que este método proporciona una información limitada sobre los procesos fisiopatológicos de la enfermedad (5). Las pruebas emergentes sugieren que los PRS solo ofrecen mejoras modestas en la discriminación y no logran captar la complejidad fenotípica de la enfermedad cardiovascular, ya que los procesos fisiopatológicos implican interacciones dinámicas entre múltiples vías moleculares, variables ambientales y determinantes sociales de la salud.

Por lo tanto, la estrategia más utilizada se basa en la combinación de: (1) biomarcadores multiómicos; (2) datos clínicos; y (3) imágenes cardiovasculares o fenotipos vasculares específicos, como el electrocardiograma (ECG) o la angiografía retiniana (6). Estos enfoques utilizan tecnologías avanzadas de análisis del metaboloma y el proteoma para determinar de forma específica los fundamentos moleculares de los procesos responsables de las enfermedades cardiovasculares (6). La metabolómica y la proteómica de alto rendimiento permiten medir cientos o miles de metabolitos y proteínas en una única muestra de sangre, proporcionando una instantánea completa de los mecanismos moleculares que impulsan la enfermedad cardiovascular en un momento dado.

La combinación de estas tres dimensiones representa un cambio de paradigma frente a los enfoques tradicionales basados en factores de riesgo aislados. Mientras que las escalas convencionales, como SCORE2, Framingham o las ecuaciones de la American Heart Association, evalúan el riesgo a nivel poblacional, la medicina de precisión cardiovascular analiza el riesgo individual mediante la integración de datos multidimensionales. Este enfoque reconoce que dos personas con el mismo perfil de factores de riesgo tradicionales pueden tener trayectorias fisiopatológicas totalmente diferentes, y que la caracterización molecular y fenotípica profundiza en diferencias de relevancia clínica que las escalas convencionales no captan.

El principal obstáculo para utilizar estos enfoques en la práctica clínica actual es el uso de algoritmos informáticos de inteligencia artificial (IA) cuyo funcionamiento no es claro cajas negras (7). Más importante aún, no es posible identificar los fundamentos moleculares de los procesos en cuestión cuando se elaboran estrategias terapéuticas en cardiología, lo que supone el principal desafío para usar la medicina de precisión en este ámbito (8). Los modelos de aprendizaje profundo, aunque potentes en términos de capacidad predictiva, ignoran la transparencia interna y generan desconfianza entre los clínicos, limitando su implantación en entornos con gran riesgo para el paciente. Técnicas de interpretabilidad, como SHAP (SHapley Additive exPlanations) o LIME (Explicaciones del modelo Local Interpretando Agnóstico), han sido desarrolladas para resolver el problema, pero no están ampliamente implementadas para estudios de IA cardiovascular.

Además, existen otras barreras críticas para tener en cuenta para la traducción clínica de estos modelos. La mayoría de los estudios de IA en cardiología fueron desarrollados en series de países de áreas geográficas altamente urbanizadas (principalmente Europa y América del Norte). Esta situación crea inquietudes significativas sobre su capacidad de trasladarse a poblaciones de otras áreas geográficas con diversidad étnica y distintos perfiles de factores de riesgo. La calibración —la concordancia entre la probabilidad prevista y la probabilidad observada— rara vez se informa en estudios de IA cardiovascular, siendo un requisito fundamental para la capacidad predictiva de cualquier modelo. Además, la evaluación de equidad algorítmica utilizando estadísticas descriptivas de diferencias en el rendimiento que pueden ocurrir en función de grupo de población (sexo, raza o nivel socioeconómico) está ampliamente desatendida, y supone un riesgo de agravio distributivo.

La relevancia de esta revisión radica en la necesidad de revisar críticamente la evidencia disponible sobre modelos de IA que combinen al menos dos de las dimensiones definidas operativamente (biomarcadores multiómicos, datos clínicos, imágenes cardiovasculares o fenotipos vasculares), examinando no solo su rendimiento discriminativo, sino también su calibración, validación externa, utilidad clínica y equidad. Las revisiones sistemáticas anteriores se han centrado principalmente en el papel de la IA individual (ECG, imágenes, marcadores biológicos) y no han abordado la combinación simultánea de estas dimensiones. Esta revisión persigue el objetivo de rellenar esta brecha y de resumir la calidad general de la evidencia aportada por estos estudios.

**Objetivo:** Sintetizar sistemáticamente la evidencia sobre modelos de IA que combinen al menos dos de las dimensiones definidas operativamente, y evaluar su calidad metodológica, calibración, validación externa y utilidad clínica en población adulta con ECV o en personas con riesgo cardiovascular.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Diseño y protocolo

El estudio se lleva a cabo siguiendo las recomendaciones PRISMA 2020 (9). El protocolo de esta revisión no fue registrado previamente en ningún registro público. Cualquier modificación o desviación respecto a lo establecido inicialmente se detalla en la sección de limitaciones.

### Estrategia de búsqueda

La búsqueda sistemática se llevó a cabo en PubMed, Scopus, Web of Science y ScienceDirect. La cobertura temporal de la búsqueda abarca el período comprendido entre el 1 de enero de 2020 y el 31 de marzo de 2026; la búsqueda inicial se realizó el 15 de septiembre de 2025 y se actualizó el 31 de marzo de 2026.

La estrategia de búsqueda combinó identificadores MeSH y términos libres, dividiendo estos últimos en cuatro tipos temáticos:

**(Medicina de precisión):** "precision medicine" OR "personalized medicine" OR "stratified medicine" OR "multi-omics" OR "multiomics" OR "high-dimensional data"

**(Enfermedad cardiovascular):**"cardiovascular disease" OR "cardiovascular risk" OR "coronary artery disease" OR "heart failure" OR "atrial fibrillation" OR "myocardial infarction" OR "atherosclerosis"

**(inteligencia artificial):** "artificial intelligence" OR "machine learning" OR "deep learning" OR "neural network" OR "random forest" OR "gradient boosting" OR "transformer" OR "convolutional neural network" OR "XGBoost" OR "support vector machine" OR "SVM" OR "ensemble learning" OR "artificial multimodal learning"

**(biomarcador):** "biomarker" OR "proteomics" OR "metabolomics" OR "genomics" OR "transcriptomics" OR "polygenic risk score" OR "multi-omics"

La estrategia completa para PubMed fue: ("Precision Medicine" OR "Personalized Medicine" OR "Multi-omics" OR "High-dimensional Data") AND ("Cardiovascular Diseases" OR "Cardiovascular Disease" OR "Coronary Artery Disease" OR "Heart Failure" OR "Atrial Fibrillation") AND ("Artificial Intelligence" OR "Machine Learning" OR "Deep Learning" OR "Neural Network" OR "Transformer" OR "XGBoost" OR "Support Vector Machine") AND ("Biomarkers" OR "Proteomics" OR "Metabolomics" OR "Genomics" OR "Polygenic Risk Score")

Esta se consultó en los demás motores de búsqueda con el filtro de fecha 2020-2026, idioma: inglés y español.

**Definiciones operativas**

**Biomarcador multiómica:** marcador metabólico, proteómico, genómico o transcriptómico.

**Datos clínicos:** variables demográficas, factores de riesgo, desarrollo natural de la enfermedad, exposición a regímenes farmacológicos.

**Imagen o fenotipo cardiovascular:** electrocardiograma, resonancias magnéticas cardíacas, tomografía computarizada, ultrasonidos, retina (3)

La retina se incluye dentro del dominio del fenotipado vascular porque es el único lecho microvascular accesible de forma no invasiva en el cuerpo humano. Las modificaciones de su estructura (calibre vascular, tortuosidad y fractalidad) se han asociado de manera independiente con el riesgo de eventos cardiovasculares en varias cohortes populacionales. La retina comparte características embriológicas, anatómicas y fisiológicas con la microcirculación coronaria y cerebral, y, por lo tanto, puede considerarse un biomarcador fenotípico para evaluar el estado general de la vascularización. Su inclusión en este dominio no constituye una ampliación del criterio, sino que reconoce una relación fisiopatológica bien establecida entre la microvasculatura retinal y el riesgo cardiovascular global (15).

**Criterios de inclusión**

Estudios primarios, pacientes de ≥18 años, enfermedad o riesgo cardiovascular, modelo de inteligencia artificial basado en datos multiómicos o clínicos, objetivo de predicción de eventos cardiovasculares futuros, MACE, mortalidad cardiovascular o diagnóstico de enfermedad cardiovascular, informes de AUC o estadístico C con estimación del intervalo de confianza, publicación en revista con revisión de pares

**Criterios de exclusión**

Revisiones secundarias, editoriales, modelos multivariados, modelos basados únicamente en un tipo de dato (genómica, transcriptómica, proteómica o metabolómica), informes que no incluyen estadísticas relativas al rendimiento, duplicados.

**Unidad de análisis**

La unidad de análisis para esta revisión se definió como el estudio. La elección de utilizar el modelo descrito por los autores (es decir, no seleccionar a postemparejamiento el modelo con la AUC más alta) se hizo para evitar una posible sobreestimación del rendimiento.

**Evaluación de la calidad y el sesgo**

PROBAST+AI (10) es una forma estandarizada de evaluar la calidad de la evidencia (calibración y valor de predecir) de estudios de marcadores; su concepto se ha ampliado para abarcar estudios de modelos de inteligencia artificial. Contiene 4 dominios (participantes y fuentes, predictores, resultados, análisis). Para cada dominio hay una serie de «señales» a las que se suma una pregunta de señalización en el ámbito de la equidad, el riesgo algorítmico y la reproducibilidad en el ámbito de la justicia social, el riesgo algorítmico y la reproductibilidad, para calificar la contribución de cada dominio individual a la calidad de la evidencia (11). También se definió una valoración general positiva según las pautas de PROBAST: todas las valoraciones se definen como positivas si todos los elementos de la lista de comprobación son positivos, si al menos una de las valoraciones es dudosa, pero ninguna es negativa, y si al menos una de las valoraciones es negativa.

La evaluación de la certeza de la evidencia se llevó a cabo utilizando el método GRADE adaptado a los modelos de riesgo (12,13,19). Como punto de partida para la valoración, los estudios observacionales se clasificaron como baja certeza. Luego se evaluaron 5 características que pueden disminuir la certeza de la evidencia a saber: riesgo de sesgo, inconsistencia, imprecisión, evidencia indirecta y sesgo de publicación. El índice C (AUC, que fue la base principal de nuestra valoración) fue considerado como una medida de discriminación y se evaluaron conjuntamente la calibración, la validación externa y la importancia clínica (12).

**Síntesis de datos**

No se llevó a cabo ninguna síntesis cuantitativa para esta revisión debido a la heterogeneidad de los estudios en cuanto a población (pacientes con enfermedad cardiovascular vs. pacientes con

factores de riesgo cardiovascular), resultado (predicción de eventos, diagnóstico, etc.), periodo de seguimiento, algoritmo, referencia, validación. No se calcularon AUC diagnósticas como índices C de riesgo. Se realizó una síntesis narrativa agrupada por dominio de aplicación y por tipo de modelo (diagnóstico vs. riesgo). Se informaron los rangos observados sin agregación cuando los estudios no eran directamente comparables

**Análisis de cohortes superpuestas**

Se identificaron posibles superposiciones de cohortes comparando centros reclutadores, períodos de reclutamiento y criterios de inclusión. Cuando se encontró una superposición, se seleccionó el estudio con mayor tamaño muestral o rigor metodológico (17).

## RESULTADOS

**Selección de estudios**

Inicialmente, la búsqueda identificó 847 registros en PubMed/MEDLINE (n=312), Scopus (n=228), Web of Science (n=187) y ScienceDirect (n=120). Tras eliminar duplicados (n=312), se identificaron 535 registros en la fase de selección por título y resumen. De estos registros, se excluyeron 446 por no tratar sobre enfermedades cardiovasculares (n=156), por no utilizar la inteligencia artificial (n=134), por no analizar un mínimo de dos factores (n=98), o por haberse realizado en población pediátrica (n=58). A continuación, se extrajeron 89 artículos completos para su revisión, de los cuales se excluyeron 86 por no disponer de métricas AUC/C-index (n=28), por analizar un único factor (n=24), por datos duplicados (n=12) o por no tratarse de artículos completos (n=22). Finalmente, se identificaron tres estudios que cumplían los criterios de inclusión y fueron incluidos en la revisión cualitativa.

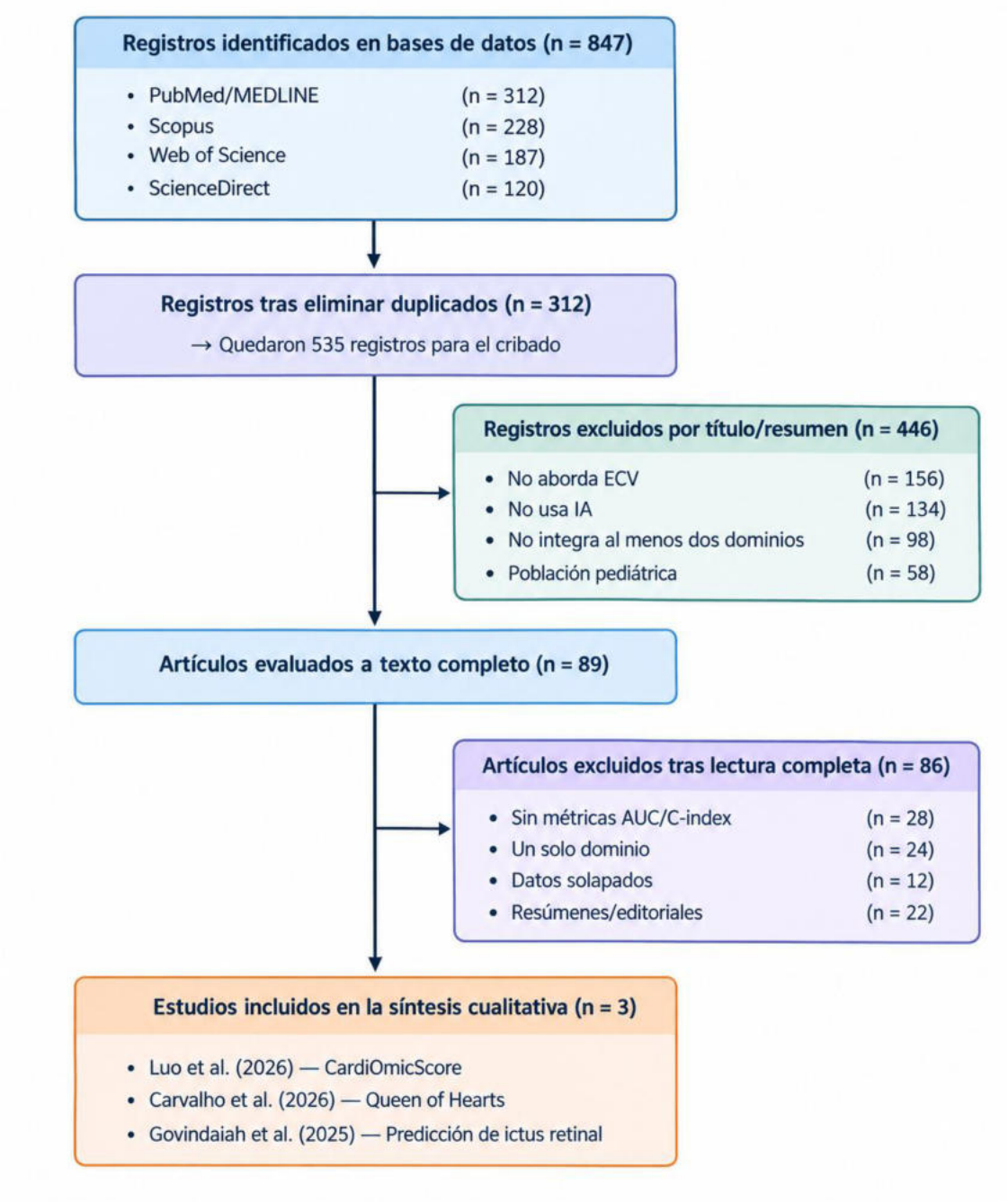



***Figura 1. Diagrama de flujo de la revisión PRISMA 2020.***

***Nota:*** *De los 847 registros identificados en las bases de datos, se eliminaron los 312 registros duplicados, quedando 535 que se sometieron a cribado por título y resumen. Se excluyeron 446 registros por no abordar el ECV (n=156), no utilizar la inteligencia artificial (n=134), no utilizar al menos DOS dominios (n=98) o por tratar de poblaciones pediátricas (n=58). De los 89 artículos que pasaron a la fase de obtención del texto completo, se excluyeron 86 por la ausencia de datos sobre la superficie bajo la curva o el índice C (n=28), por tratar de un único dominio (n=24), por utilizar datos superpuestos (n=12) o por corresponder a resúmenes o editoriales (n=22). Por lo tanto, tres estudios cumplían los criterios de inclusión y estaban sujetos a síntesis cualitativa.*

## Características de los estudios incluidos

En general, los tres estudios incluidos en la revisión cualitativa se publicaron entre 2025 y 2026. De los tres, dos se realizaron en EE. UU. y uno en el Reino Unido. El tamaño de la muestra osciló entre 1032 y 220 859 pacientes. Dos de los tres estudios incluidos en la revisión fueron de pronóstico y solo uno, de diagnóstico. El número de factores analizados osciló entre dos y tres. Se combinaron distintos tipos de datos en los estudios, entre los que se incluían datos clínicos, proteómica, datos del ECG y la imagen de la retina. En cuanto a la tecnología utilizada, dos estudios emplearon aprendizaje profundo y uno, aprendizaje automático. El tiempo transcurrido antes de la aparición de la enfermedad osciló entre 7 días y 15 años.

## Características de los estudios incluidos

Dos estudios se realizaron en Estados Unidos y uno en Reino Unido.

***Tabla 1. Características metodológicas y rendimiento de los estudios incluidos.***

| Autor (año) | País | Diseño del estudio | N | Tipo de análisis | Dominios integrados | Algoritmo | Horizonte temporal | AUC/C-index (IC 95%) | Calibración | Validación externa | Riesgo de sesgo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Luo (2026) (6)** | Reino Unido | Cohorte prospectiva | 220.859 | Pronóstico (Px) | Datos metabolómicos, proteómicos y clínicos | Deep learning | Variable según el desenlace | ProScore: 0,69–0,82; MetScore: 0,64–0,74 | No reportada | Validación geográfica en Escocia | Bajo |
| **Carvalho (2026) (14)** | EE. UU. | Registro retrospectivo | 1.032 | Diagnóstico (Dx) | ECG y variables clínicas | Deep learning | 7 días | 0,94 (0,92–0,95) | No reportada | No reportada | Alto |
| **Govindaiah (2025) (15)** | EE. UU. | Cohorte retrospectiva | >6.500 | Pronóstico (Px) | Imagen retinal y datos clínicos | Machine learning (ML) | 5–10 años | 5 años: 0,83; 10 años: 0,79 | No reportada | Sí, en UK Biobank | Incierto |

***Nota: AUC: área bajo la curva ROC; ECG: electrocardiograma; EE. UU.: Estados Unidos; IC 95%: intervalo de confianza del 95%; ML: machine learning; N: tamaño de la muestra; Dx: diagnóstico; Px: pronóstico.***

**Descripción:** Los estudios incluidos presentan diferencias importantes en cuanto a diseño, población, fuentes de información y horizonte temporal. Luo et al. (2026) integró información metabolómica, proteómica y clínica mediante modelos de deep learning para estimar el riesgo de distintos eventos cardiovasculares. Por su parte, Carvalho et al. (2026) utilizó datos electrocardiográficos y clínicos para el diagnóstico de OMI en un periodo de siete días. Finalmente, Govindaiah et al. (2025) combinó imágenes de retina con variables clínicas para

estimar el riesgo de ictus a cinco y diez años. En términos de discriminación, los valores de AUC/C-index oscilaron entre 0,64 y 0,94, aunque la comparación directa entre los estudios debe interpretarse con cautela debido a las diferencias en sus objetivos, desenlaces y diseños metodológicos.

***Tabla 2. Modelos de inteligencia artificial evaluados en los estudios incluidos.***

| Estudio | Modelo evaluado | Algoritmo utilizado | AUC/C-index (IC 95%) | Desenlace analizado |
|---|---|---|---|---|
| **Luo (2026) (6)** | MetScore | Deep learning | 0,64–0,74 | Aparición de ECV en 6 subtipos |
| **Luo (2026) (6)** | ProScore | Deep learning | 0,69–0,82 | Aparición de ECV en 6 subtipos |
| **Luo (2026) (6)** | MetScore + ProScore + variables clínicas | Deep learning | Incremento de 0,005–0,102 | Aparición de ECV en 6 subtipos |
| **Carvalho (2026) (14)** | Queen of Hearts | Deep learning | 0,94 (0,92–0,95) | Diagnóstico de OMI |
| **Govindaiah (2025) (15)** | Modelo basado en imagen retinal | Machine learning (ML) | 0,83 a los 5 años; 0,79 a los 10 años | Aparición de ictus |

***ML: machine learning; OMI: oclusión miocárdica; ECV: enfermedad cardiovascular.***

***Nota: Los modelos evaluados muestran diferentes aplicaciones de la inteligencia artificial según el objetivo clínico. MetScore y ProScore se orientaron a la predicción de eventos cardiovasculares, mientras que Queen of Hearts se enfocó en el diagnóstico de OMI y el modelo retinal en la predicción de ictus. En el caso de Luo et al. (2026), la incorporación conjunta de información metabólica, proteómica y clínica produjo incrementos del rendimiento predictivo de entre 0,005 y 0,102.***

## Rendimiento diagnóstico y pronóstico

**Estudios pronósticos:** El estudio CardiOmicScore informó C-índices de 0,69-0,82 para ProScore y de 0,64-0,74 para MetScore en la predicción multienfermedad de seis subtipos de ECV. El uso combinado de datos clínicos aumentó los C-índices hasta en 0,102. Las correlaciones dentro y entre las puntuaciones Met para los seis subtipos de ECV fueron todas mayores de 0,78 (r Spearman 0,78-0,96), lo que indica cierto solapamiento metabólico entre las enfermedades. Las correlaciones dentro y entre las puntuaciones Pro fueron r=0,87-0,94. Los resultados sugieren que la adición de datos multiómicos y su reducción dimensional mediante la DL podría añadir información predictiva sobre la etiología de la enfermedad que no está presente en los PRS.

En la evaluación del riesgo de ictus futuro, el modelo basado en imágenes retinianas informó una AUC de 0,83 para un ictus en 5 años, y de 0,79 para un ictus en 10 años, en comparación con AUC de 0,73 y 0,74 para el Score de Framingham y el Score CHADS2, respectivamente, para el mismo evento en pacientes con diagnóstico clínico de ictus en 10 años (1). El modelo se entrenó en una base de datos interna de más de 6.500 participantes, con 171 y 242 eventos a 5 y 10 años, respectivamente. Posteriormente, se validó externamente en UK Biobank, con 3.000 participantes, alcanzando una sensibilidad y una especificidad del 80% y del 82%, respectivamente, para detectar un ictus en 5 años; sin embargo, un modelo sin las características basadas en la retina tuvo una sensibilidad y una especificidad del 69,3% y del 66,4% para un ictus en 5 años (1). El rendimiento del modelo sugiere una posible ganancia en la sensibilidad y la

especificidad a costa de una reducción del tamaño de la muestra necesario para demostrar su rendimiento.

**Estudios diagnósticos:** El registro Q of H informó una AUC de 0,94 (95% CI: 0,92-0,95) para la regla de decisión diagnóstica (14). En comparación con un triaje estándar, la herramienta tuvo una sensibilidad del 92% (95% CI: 0,897-0,941) frente al 71% (95% CI: 0,674-0,746) y una especificidad del 81% (95% CI: 0,772-0,845) y del 29% (95% CI: 0,248-0,334) (14). La regla de decisión, al incorporar las características de la retina, redujo la tasa de falsos positivos del 41,8% al 7,9%, con un intervalo de confianza del 95% del 38,9 al 44,7 (14). La prueba se evaluó en un registro retrospectivo de 1.032 pacientes consecutivos con sospecha clínica de STEMI en tres centros de intervención percutánea coronaria (PCI) del país (EE. UU.) (14); de estos, 601 (58,2%) pacientes se diagnosticaron con STEMI (14). Por lo tanto, al utilizar la regla de decisión para el triaje, se podría evitar el 41,8% de los falsos positivos que, según la prueba estándar, cumplirían los criterios para una intervención de PCI, y reducir su presentación a las salas de PCI.

**Calibración**: Ninguno de los tres estudios incluidos informó de estadísticas de calibración (pendiente, intercepto o Brier score). Tampoco se identificaron gráficos de calibración cualitativos en las publicaciones revisadas. Esta ausencia constituye una brecha metodológica sustancial, considerando el papel de la calibración para garantizar que el modelo predictivo ajustado para el riesgo atribuido al modelo posea adecuación conceptual, validez de constructo y, posiblemente, validez de criterio si se proporcionaran pruebas empíricas de calibración.

**Utilidad clínica:** no se encontraron estudios que informaran de un análisis de curva de decisión para evaluar la utilidad clínica de los modelos incluidos.

**Equidad:** el conjunto de tres estudios incluidos no especificaba estadísticas que permitieran la evaluación de la equidad del desempeño del modelo entre subgrupos, como hombres frente a mujeres, ni la edad, ni la raza. Además, dos de los tres estudios se realizaron en Estados Unidos y uno en Reino Unido, y las poblaciones de entrenamiento fueron predominantemente de ascendencia europea, lo que plantea dudas sobre la aplicabilidad en poblaciones no europeas.

**Multiômica: CardiOmicScore**

El estudio CardiOmicScore se basó en el UK Biobank y se construyó utilizando dos modelos de aprendizaje profundo independientes, MetNet y ProNet, que predicen simultáneamente riesgos individuales en cada uno de los seis eventos y en el conjunto de eventos compuestos, a partir de 168 metabolitos y 2.920 proteínas (6).

**Población:** La tabla 1 presenta la población del estudio CardiOmicScore. En la fase de desarrollo, se utilizaron muestras de 220.859 personas con datos metabolómicos disponibles y 19.086 personas con datos proteómicos disponibles (6); posteriormente, a partir de la lista de 24.287 participantes con lecturas completas de omic, se reservó una muestra para validación multiómica (6).

**Región:** La región de procedencia de los participantes quedó dividida entre validación/cobertura completa e Inglaterra/Gales (6). La región de cobertura para la validación prospectiva incluyó Escocia, con la intención de aumentar la diversidad de la muestra (6).

**Hallazgos:** Las puntuaciones MetScore ProScore distinguieron entre participantes (log-rank P<0,001). Cada MetScore y ProScore tuvo una intensa correlación, r=0,78-0,96, y entreclases, r=0,87-0,94; el uso combinado de datos clínicos y Puntuación Met y Pro amplió los C-índices hasta en 0,102 (6).

**En cuanto a la comparación con PRS:** el estudio CardiOmicScore (6) construyó PRS con un rango de C-índice de 0,52-0,60; sin embargo, no se informó de comparaciones directas. Solo puede concluirse que la inclusión de omic añadió un C-índice de hasta 0,102 (5,6).

**IA aplicada a la prueba electrocardiográfica: Queen of Hearts**

La prueba electrocardiográfica Queen of Hearts, comercializada como PMcardio, se evaluó en un registro retrospectivo multicéntrico de 1.032 participantes con sospecha clínica de STEMI en tres centros de PCI en Estados Unidos (14).

**Resultados:** El modelo informó una AUC de 0,94 (95% CI: 0,92-0,95). Tenía una sensibilidad del 92% en comparación con un 71% para el triaje estándar utilizado en los tres centros, y una disminución de la tasa de falsos positivos del 41,8% (95% CI: 0,389-0,447) al 7,9% (14).

**Aprobación de la FDA por De Novo:** la FDA ha aprobado recientemente la regla de decisión basada en IA Queen of Hearts; por lo tanto, existe la intención de implementar la regla de decisión en la atención clínica (16). Debe verificarse directamente en el sitio web oficial de la FDA antes del envío.

**Limitaciones:** la implementación de la regla de decisión se basó en un estudio de ensayo/validación retrospectiva, sin calibración ni análisis de equidad, y sin medir ninguna variable de resultado, como la eficacia en términos de mortalidad o morbilidad, o el coste-efectividad.

**Calidad metodológica y sesgo**

La metodología de los 3 estudios incluidos en la presente revisión se evaluó utilizando el PROBAST+AI. Un estudio se clasificó como de bajo riesgo de sesgo, uno como de alto riesgo y uno como incierto. Luo et al. (6) utilizaron datos de validación multiómica independiente y abordaron adecuadamente los desafíos metodológicos asociados con la dimensionalidad. Carvalho et al. (14) utilizaron un diseño de estudio retrospectivo, sin validación prospectiva, y no abordaron estadísticas de calibración, lo que indica sesgo por optimismo (15). Govindaiah et al. (15) utilizaron un diseño de estudio que incorporó resultados de UK Biobank (validación interna/externa); sin embargo, informaron de un rendimiento inferior en cuanto a sensibilidad, especificidad y AUC en una muestra de 3.000 participantes, en comparación con el rendimiento del modelo en la cohorte de entrenamiento. Además, GOVINDAIYA et al. no abordaron explícitamente la estrategia de manejo de datos faltantes.

*Tabla 3. Evaluación del riesgo de sesgo mediante PROBAST+AI.*

| Estudio | Participantes | Predictores | Desenlace | Análisis | Evaluación global | Justificación |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Luo (2026) (6)** | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | **Bajo** | Se empleó una cohorte independiente para la validación multiómica y se aplicaron métodos adecuados para el análisis de datos de alta dimensionalidad, sin identificar indicios relevantes de sobreajuste. |
| **Carvalho (2026) (14)** | Alto | Bajo | Bajo | Alto | **Alto** | El estudio utilizó un diseño retrospectivo, sin una validación prospectiva posterior. Además, no se reportaron medidas de calibración, lo que genera incertidumbre sobre la estabilidad del rendimiento observado y un posible optimismo asociado al diseño del estudio. |
| **Govindaiah (2025) (15)** | Incierto | Bajo | Bajo | Incierto | **Incierto** | Se realizó una validación externa en UK Biobank; sin embargo, el rendimiento fue inferior al observado en el conjunto de desarrollo, especialmente cuando no se incorporaron las características retinianas (sensibilidad del 69,3% y especificidad del 66,4%). Asimismo, la información disponible sobre el manejo de los datos faltantes fue insuficiente para establecer un riesgo de sesgo con certeza. |

***Nota: PROBAST+AI = Prediction model Risk Of Bias Assessment Tool for Artificial Intelligence.***

## Evaluación de la fiabilidad (GRADE)

La fiabilidad de la evidencia se clasificó como «muy baja» para la enfermedad cardiovascular aguda (ECV) y el ictus, y «baja» para el diagnóstico del infarto de miocardio agudo (IMT). En el caso de la ECV aguda, la fiabilidad se vio reducida debido a la posibilidad de sesgos (estudios de carácter retrospectivo o con una validación limitada), a la falta de aplicabilidad (la evidencia predominante procedía de poblaciones europeas o norteamericanenses) y a la imprecisión (el índice C tenía un rango que iba del 0,64 al 0,82 y el número de eventos por subtipo era limitado). La fiabilidad del diagnóstico del IMT no se vio reducida debido a la imprecisión, ya que la amplitud

del intervalo de confianza de la superficie bajo la curva (0,92-0,95) es reducida y el tamaño de la muestra (n=1.032) es adecuado. La fiabilidad para el ictus se vio reducida debido a la falta de aplicabilidad y a la imprecisión (cuyo tamaño de muestra era adecuado, pero la amplitud del intervalo de confianza de la superficie bajo la curva no se especificó completamente en el estudio original).

***Tabla 4. Evaluación de la certeza de la evidencia mediante GRADE.***

| Desenlace | N.º de estudios | Riesgo de sesgo | Inconsistencia | Evidencia indirecta | Imprecisión | Sesgo de publicación | Certeza de la evidencia |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ECV incidente (pronóstico)** | 1 | Serio[1] | No aplica | Serio[2] | Serio[3] | No evaluable[4] | ⬇⬇ **Muy baja** |
| **Diagnóstico de OMI** | 1 | Serio[1] | No aplica | Serio[2] | No serio[5] | No evaluable[4] | ⬇ **Muy baja** |
| **Ictus incidente (pronóstico)** | 1 | Incierto | No aplica | Serio[2] | Serio[3] | No evaluable[4] | ⬇⬇ **Muy baja** |

***Notas: [1] El riesgo de sesgo se consideró serio debido a las principales limitaciones metodológicas identificadas en los estudios incluidos. [2] La evidencia indirecta se calificó como seria debido a las diferencias entre las poblaciones estudiadas y la población a la que se pretende generalizar los resultados. [3] La imprecisión se consideró seria debido al reducido número de estudios disponibles y a la incertidumbre asociada con las estimaciones. [4] El sesgo de publicación no pudo evaluarse formalmente debido al número limitado de estudios incluidos. [5] Para el desenlace diagnóstico de OMI, la imprecisión no se consideró seria.***

**Justificaciones:** [1]Riesgo de sesgo: estudio retrospectivo o con poca validación. [2]Evidencia indirecta: la revisión tiene como objetivo la población general adulta, pero la mayoría de los estudios se llevaron a cabo en poblaciones europeas y norteamericanas, y no se incluyeron representantes de poblaciones latinoamericanas, asiáticas y africanas. [3]Precisión: con respecto a la primera versión, la clasificación de riesgo para el evento cardiovascular (CV) puede considerarse poco clara, ya que la mayoría de los estudios tuvieron un C-index comprendido entre 0,64 y 0,82, y el número de eventos procedentes de los ensayos parece haberse desglosado entre los distintos eventos CV; para el ictus, el tamaño de la muestra general parece satisfactorio (> 6.500), pero no se indicaba el intervalo de confianza de la AUC en el estudio original. [4] Sesgo de publicación: no se puede evaluar con <10 estudios. [5] Las características de discriminación del modelo para el diagnóstico de OM I son un intervalo de confianza de la AUC estrecho (0,92-0,95) y un tamaño de muestra (n=1.032) que no compromete su validez, por lo que la precisión no se ve afectada. Los estudios observacionales se basan en una «certeza de baja calidad»; el nivel de prueba recomendado se vio reducido debido a la «dualidad» de los estudios en diversos campos, lo que dio lugar a una «certeza muy baja" para ECV incidente e ictus, y "baja» para el diagnóstico de OM I (12,13).

## Brechas en la validación clínica

No se identificaron resultados relacionados con el paciente (mortalidad, hospitalización, calidad de vida) en ensayos clínicos prácticos, y solo un artículo mencionaba la evaluación de la utilidad

clínica mediante un análisis de decisión. La mediana del seguimiento varió de 7 días a 15 años. Estas lagunas en la investigación comprometen la aplicabilidad de las herramientas y merecen especial atención, y los ensayos clínicos prácticos con seguimiento de resultados relevantes para el paciente parecen imprescindibles.

# DISCUSIÓN

## Hallazgos principales

Esta revisión sistemática identificó tres estudios que cumplieron los criterios de inclusión sobre la integración de biomarcadores multiómicos, datos clínicos e IA para ECV. El estudio CardiOmicScore demostró una mejora progresiva de la discriminación del riesgo para seis subtipos de ECV en poblaciones europeas (6). La aplicación Queen of Hearts mostró resultados prometedores en un registro retrospectivo multicéntrico (14). El modelo de predicción de ictus basado en imágenes retinianas tuvo una AUC de 0.83 frente a 0.73 del Framingham y 0.74 del CHADS2 en la misma evaluación (15).

La pregunta de investigación clave no es si mejora el C-index, sino si conduce a una ganancia práctica y a mejores resultados para los pacientes. La certeza de la evidencia fue muy baja para los resultados de ECV incidente e ictus, y baja para el diagnóstico de OMI (12,13). Esto respalda las revisiones sistemáticas que muestran que la mayoría de los modelos de IA en cardiología se encuentran actualmente en una etapa temprana de validación y que poco se sabe sobre su impacto real en los resultados de salud.

## Interpretación en el contexto de la literatura previa

Como en otras revisiones, se encontraron valores AUC de 0.80 a 0.99 al aplicar IA en cardiología (3); sin embargo, se destaca un vacío en la literatura: esta revisión sistemática es la primera en evaluar tres elementos: la calibración, que es necesaria para la puesta en producción de modelos de IA, y la justificación de la equidad, que también debe tenerse en cuenta durante la validación. Aunque la mayoría de las revisiones se centran en la capacidad predictiva del algoritmo, lo cual es una cuestión crítica, la ausencia de otra información impide una evaluación exhaustiva de la herramienta en un entorno clínico real.

El estudio CardiOmicScore fue un importante paso adelante en el desarrollo de modelos predictivos para pacientes con ECV, ya que empleó aprendizaje profundo para integrar datos del metaboloma y el proteoma, lo que superó las restricciones de utilizar únicamente PRS (5,6). Sin embargo, no se proporcionaron comparaciones dentro del mismo estudio del rendimiento del MetScore/ProScore frente al del Framingham, ni ningún otro tipo de comparación dentro del mismo estudio, para demostrar que la integración de la IA “supera” los PRS. Lo único que demuestran los estudios es que el modelo de IA tiene un ligero aumento del rendimiento predictivo cuando se utiliza junto con variables clínicas (6).

**Limitaciones de los estudios incluidos**

Se produjo una falta de validación externa en todos los estudios. En el estudio CardiOmicScore, la validación se llevó a cabo comparando los resultados de Escocia (UK) utilizando ubconjuntos de UK Biobank; por lo tanto, se trata de validación interna, aunque geográficamente cruzada (6). Govindaiah et al. también validaron en Biobanco UK; sin embargo, su captura de imágenes no se realizó en todos los participantes, lo que dio como resultado una sensibilidad de 69.3% y una especificidad de 66.4% (15). La razón de estas comparaciones es que la mayoría de los estudios utilizan Biobanco UK, lo cual puede no ser representativo de la población latinoamericana, asiática o africana, y es menos probable que tengan éxito al implementar estos modelos en estas poblaciones.

**Calibración:** La calibración es un elemento crucial de cualquier herramienta de predicción; sin embargo, no se informó en ninguno de los estudios incluidos [6,14,15]. Esta ausencia constituye una brecha metodológica sustancial, ya que sin calibración no es posible determinar si las probabilidades predichas corresponden a las probabilidades observadas en la práctica clínica (8).

**Equidad.** La falta de atención a la equidad en todas las poblaciones también constituye otra limitación importante de los estudios revisados (6,14,15). Por ejemplo, no se informó ninguna validación en pacientes latinoamericanos, lo que limita en gran medida las oportunidades de utilizar esta herramienta en este grupo de población. Se necesita investigación adicional antes de que este modelo de IA pueda implementarse con éxito en pacientes de diferentes grupos étnicos y géneros.

**Implicaciones clínicas**

La aprobación de la FDA para la aplicación Queen of Hearts es una indicación de su posible implementación en la práctica clínica; sin embargo, la mayoría de los modelos de IA para medicina de precisión se encuentran actualmente en una etapa muy temprana de desarrollo, lo que plantea una serie de problemas (16). Además, el estudio no midió ni los resultados clínicos ni el rendimiento del sistema sanitario, como los eventos cardiovasculares a los 12 meses, los procedimientos evitados, las muertes y los costos (14). Por lo tanto, no se puede afirmar que haya implicaciones reales para la eficiencia del sistema sanitario.

La interpretabilidad es otra limitación importante de utilizar un modelo de “caja negra” en la atención al paciente. Existen formas de hacer más transparentes los modelos de “caja negra”; sin embargo, no estaban implementadas en ninguno de los artículos revisados (7). Dada la gravedad de la mayoría de las afecciones tratadas con IA en cardiología, la falta de detalles sobre el algoritmo podría suponer un importante riesgo para los pacientes.

**Fortalezas y limitaciones de esta revisión sistemática**

Las fortalezas de la revisión incluyen el cumplimiento de las recomendaciones de PRISMA 2020 (9); la estrategia de búsqueda, que fue exhaustiva y se realizó en cuatro bases de datos; la selección duplicada de estudios relevantes; la evaluación de la calidad mediante el formulario

PROBAST+AI (10); la separación entre estudios diagnósticos y pronósticos; y el uso de la escala GRADE para evaluar la certeza de la evidencia (12,13). Además, se identificó la calibración como un área importante, que requiere una mayor investigación y que actualmente está bajo estimada.

Entre las limitaciones se incluyen la amplia variedad de estudios que limitó la síntesis de la evidencia y la ausencia de publicaciones en idiomas además del inglés y el español. El uso de PROBAST+AI también podría considerarse una limitación; aunque el método ha demostrado ser eficaz para evaluar estudios diagnósticos, su implementación puede ser cuestionable. Además, no se utilizaron ninguna de las estrategias para descubrir literatura gris, lo que podría haber afectado los resultados al excluir estudios relevantes que habrían mejorado la validez de la revisión. La revisión careció de un registro prospectivo, lo que representa una limitación adicional. Por último, la certeza de la evidencia relacionada con los resultados fue muy baja para todas las revisiones; por lo tanto, las conclusiones derivadas de la síntesis de la evidencia deben tomarse con cautela. Por último, el uso de solo n=3 estudios suelen considerarse una limitación; aunque la calidad de los estudios fue adecuada, la cantidad es insuficiente para una revisión sistemática.

**Estudios futuros**

Se requieren estudios de investigación adicionales que aborden las disparidades identificadas en la revisión sistemática. En primer lugar, deben realizarse más estudios de validación externa; esta es la única manera de garantizar que el modelo de IA funcione de manera adecuada y sea relevante para todas las poblaciones. Es especialmente relevante verificar si los modelos desarrollados en poblaciones caucásicas funcionan en poblaciones latinoamericanas, asiáticas y africanas. En segundo lugar, deben realizarse intervenciones futuras para medir los resultados clínicos y el rendimiento del sistema sanitario a fin de determinar si la IA realmente se traduce en un ahorro de dinero, tiempo y vidas. En tercer lugar, se requiere una mayor investigación sobre la calibración para garantizar que las herramientas sean lo suficientemente precisas en la práctica cotidiana y no provoquen alertas falsas. A continuación, debe abordarse la implementación de la explicabilidad de los modelos de IA para que los médicos puedan entender las implicaciones de utilizar dichas herramientas. Por último, se requiere investigación adicional sobre la equidad, porque la mayoría de los estudios carecen de ella y este es un campo emergente en el uso de IA en la cardiología (17,18,20).

## CONCLUSIONES

La evidencia de nivel más alto (estudios de cohorte prospectivos) que cumpla simultáneamente todos los criterios de integración multi-dominio es limitada. La evidencia disponible es insuficiente para determinar la eficacia de la IA en la medicina de precisión cardiovascular. El estudio CardiOmicScore reportó una mejora en la discriminación de riesgo para seis subtipos de ECV en una población europea. El estudio Queen of Hearts reportó un AUC de 0,94 en un registro retrospectivo, pero aún debe realizarse un estudio prospectivo. El modelo basado en imagen retinal un AUC de 0,83 para la predicción de ictus a cinco años.

La certeza de la evidencia disponible se clasifica como muy baja para todos los desenlaces evaluados. Esta clasificación refleja limitaciones metodológicas sustanciales, incluyendo el

predominio de diseños retrospectivos, la ausencia de validación externa en poblaciones diversas, la falta de métricas de calibración y la ausencia de evaluación de equidad algorítmica en los estudios incluidos.

Los modelos de medicina de precisión cardiovascular deben someterse a validación prospectiva rigurosa, evaluación de calibración y análisis de equidad antes de su implementación clínica. Su adopción debe estar condicionada a marcos regulatorios robustos que capturen interpretabilidad, robustez y ausencia de sesgos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Vaduganathan M, Mensah GA, Turco JV, Fuster V, Roth GA. The global burden of cardiovascular diseases and risk: a compass for future health. J Am Coll Cardiol. 2022;80(25):2361-71. doi:10.1016/j.jacc.2022.11.005
2. Arnett DK, Blumenthal RS, Albert MA, Buroker AB, Goldberger ZD, Hahn EJ, et al. 2019 ACC/AHA guideline on the primary prevention of cardiovascular disease. Circulation. 2019;140(11). doi:10.1161/CIR.0000000000000678
3. Krittanawong C, Zhang H, Wang Z, Aydar M, Kitai T. Artificial intelligence in precision cardiovascular medicine. J Am Coll Cardiol. 2017;69(21):2657-64. doi:10.1016/j.jacc.2017.03.571
4. O'Sullivan JW, Raghavan S, Marquez-Luna C, Luzum JA, Damrauer SM, Ashley EA, et al. Polygenic risk scores for cardiovascular disease: a scientific statement from the American Heart Association. Circulation. 2022;146(8). doi:10.1161/CIR.0000000000001077
5. Mazidi M, Wright N, Yao P, et al. Risk prediction of ischemic heart disease using plasma proteomics, conventional risk factors and polygenic scores in Chinese and European adults. Eur J Epidemiol. 2024;39(11):1229-40. doi:10.1007/s10654-024-01168-8
6. Luo Y, Zhang N, Yang J, Cui M, Tsoi KKF, Lip GYH, et al. AI-based multiomics profiling reveals complementary omics contributions to personalized prediction of cardiovascular disease. Nat Commun. 2026;17:2269. doi:10.1038/s41467-026-68956-6
7. Moor M, Banerjee O, Abad ZSH, Krumholz HM, Leskovec J, Topol EJ, et al. Foundation models for generalist medical artificial intelligence. Nature. 2023;616(7956):259-65. doi:10.1038/s41586-023-05881-4
8. Van Calster B, McLernon DJ, van Smeden M, Wynants L, Steyerberg EW. Calibration: the Achilles heel of predictive analytics. BMC Med. 2019;17(1):230. doi:10.1186/s12916-019-1466-7
9. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ. 2021;372. doi:10.1136/bmj.n71
10. Moons KGM, Damen JAA, Kaul T, Hooft L, Andaur Navarro C, Dhiman P, et al. PROBAST+AI: an updated quality, risk of bias, and applicability assessment tool for prediction models using regression or artificial intelligence methods. BMJ. 2025;388. doi:10.1136/bmj-2024-082505

11. Rethlefsen ML, Kirtley S, Waffenschmidt S, Ayala AP, Moher D, Porrúa C, et al. PRISMA-S: an extension to the PRISMA Statement for Reporting Literature Searches in Systematic Reviews. Syst Rev. 2021;10(1):39. doi:10.1186/s13643-020-01542-z
12. Foroutan F, Guyatt G, Trivella M, Kreuzberger N, Skoetz N, Riley RD, et al. GRADE concept paper 2: concepts for judging certainty on the calibration of prognostic models in a body of validation studies. J Clin Epidemiol. 2022;143:202-11. doi:10.1016/j.jclinepi.2021.11.024
13. Foroutan F, Mayer M, Guyatt G, Riley RD, Mustafa R, Kreuzberger N, et al. GRADE concept paper 8: judging the certainty of discrimination performance estimates of prognostic models in a body of validation studies. J Clin Epidemiol. 2024;170:111344. doi:10.1016/j.jclinepi.2024.111344
14. Carvalho T, Oliveira da Silva L, Da Silva IP, et al. AI-enabled ECG analysis improves diagnostic accuracy and reduces false STEMI activations: a multicenter U.S. registry. JACC Cardiovasc Interv. 2026;19(2):145-56. doi:10.1016/j.jcin.2025.10.018
15. Govindaiah A, Bhuiyan T, Smith RT, Dhamoon MS, Bhuiyan A. A machine learning prediction model to identify individuals at risk of 5-year incident stroke based on retinal imaging. Sensors (Basel). 2025;25(6):1917. doi:10.3390/s25061917
16. Powerful Medical. Powerful Medical receives FDA De Novo approval for PMcardio "Queen of Hearts," its AI ECG model for detecting acute heart attacks [Internet]. 2026 [cited 2026 Sep 26]. Available from: https://www.powerfulmedical.com/
17. Topol EJ. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. Nat Med. 2019;25(1):44-56. doi:10.1038/s41591-018-0300-7
18. Collins GS, Moons KGM, Dhiman P, Riley RD, Beam AL, Van Calster B, et al. TRIPOD+AI statement: updated guidance for reporting clinical prediction models that use regression or machine learning methods. BMJ. 2024;385. doi:10.1136/bmj-2023-078378
19. Iorio A, Spencer FA, Falavigna M, Alba C, Lang E, Burnand B, et al. Use of GRADE for assessment of evidence about prognosis: rating confidence in estimates of event rates in broad categories of patients. BMJ. 2015;350. doi:10.1136/bmj.h870
20. Vasey B, Nagendran M, Campbell B, Clifton DA, Collins GS, Denaxas S, et al. Reporting guideline for the early-stage clinical evaluation of decision support systems driven by artificial intelligence: DECIDE-AI. Nat Med. 2022;28(5):924-33. doi:10.1038/s41591-022-01772-9

ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Octubre 2026
Vol. 7 No. 21, PP. 544-554
https://doi.org/10.56519/ezhkjh50

# EL ERROR INEXCUSABLE COMO CAUSAL DE SANCIÓN DISCIPLINARIA Y SU IMPACTO EN LA INDEPENDENCIA JUDICIAL EN EL ECUADOR

# INEXCUSABLE ERROR AS GROUNDS FOR DISCIPLINARY SANCTION AND ITS IMPACT ON JUDICIAL INDEPENDENCE IN ECUADOR

Elvia Rocío Valverde Silva[1], Juan Fernando Tapia Sánchez[2], Angeles Daniela Cazco Vargas[3], Jorge Alexander Villacres Mejia[4]

{elvia.valverde@funcionjudial.gob.ec[1], ; juantapias@funcionjudicial.gob.ec[2], ab.danielacv@gmail.com[3], jvillacres1@outlook.es[4]}

Fecha de recepción: 29/08/2026 / Fecha de aceptación: 08/10/2026 / Fecha de publicación: 14/10/2026

**RESUMEN: El error inexcusable se ha constituido como una figura disciplinaria debatida por la carencia de una definición precisa y de criterios uniformes, lo cual genera decisiones impredecibles que afectan la seguridad jurídica y la independencia judicial en el Ecuador. Esta situación ha generado preocupación en el ámbito académico e institucional, especialmente a partir de su implementación en el Código Orgánico de la Función Judicial en 2009. El propósito de este estudio fue analizar la fundamentación del error inexcusable en los procesos disciplinarios y determinar si su aplicación condiciona la autonomía de los juzgadores. Para ello, se emplearon métodos de análisis documental, revisión dogmática, estudio jurisprudencial y comparación con sistemas internacionales de responsabilidad judicial. Los resultados evidenciaron inconsistencias en la motivación de las resoluciones, una confusión recurrente entre el control disciplinario y el jurisdiccional, así como percepciones de riesgo entre los operadores de justicia que pueden derivar en inhibición judicial. Asimismo, se logró identificar el uso excesivo y poco delimitado de la figura de los estándares internacionales que protegen la independencia del juez. Se concluyó que existe la necesidad imperativa de establecer parámetros objetivos y verificables que garanticen la responsabilidad judicial, asegurando que la potestad disciplinaria no comprometa la independencia institucional de los magistrados ni la seguridad jurídica de la ciudadanía.**

***Palabras clave*: *error, independencia, responsabilidad, seguridad, función***

**ABSTRACT: Inexcusable error has become a contentious disciplinary concept due to the lack of a precise definition and uniform criteria, which leads to unpredictable decisions that**

[1]Consejo de la Judicatura de Chimborazo - Unidad Judicial de lo Civil con sede en Riobamba, https://orcid.org/0009-0001-6845-9729
[2]Función Judicial de Chimborazo, https://orcid.org/0009-0006-8582-0762
[3]Abogada en libre ejercicio, https://orcid.org/0000-0002-9598-7359
[4]Abogado en libre ejercicio, https://orcid.org/0009-0005-1631-6549

**undermine legal certainty and judicial independence in Ecuador. This situation has raised concerns in academic and institutional circles, particularly since its implementation in the Organic Code of the Judiciary in 2009. The purpose of this study was to analyze the legal basis for inexcusable error in disciplinary proceedings and to determine whether its application undermines the autonomy of judges. To this end, the study employed methods of documentary analysis, doctrinal review, case law analysis, and comparison with international systems of judicial accountability. The results revealed inconsistencies in the reasoning behind the rulings, recurring confusion between disciplinary and judicial oversight, as well as perceptions of risk among justice system actors that may lead to judicial self-recusal. Furthermore, the study identified the excessive and poorly defined use of international standards designed to protect judicial independence. It was concluded that there is an urgent need to establish objective and verifiable parameters that guarantee judicial accountability, ensuring that disciplinary authority does not compromise the institutional independence of judges or the legal certainty of citizens.**

***Keywords: error, independence, responsibility, security, function***

# INTRODUCCIÓN

El error inexcusable, incorporado al ordenamiento jurídico ecuatoriano en el año 2009 a través del Código Orgánico de la Función Judicial publicado el 9 de marzo de ese año en el Registro Oficial se constituye en una de las figuras más controvertidas dentro del ámbito disciplinario aplicado a jueces, fiscales y defensores públicos (1).

Se define doctrinariamente de acuerdo con (2) como una equivocación grave, evidente y jurídicamente injustificable que ocasiona consecuencias procesales irremediables, es objeto de constantes debates tanto en espacios académicos como en foros institucionales principalmente debido a su ambigüedad y a la complejidad que implica diferenciarlo de un simple error de interpretación o de criterio jurídico.

Tal es así que desde su implementación distintas voces han señalado que su aplicación puede tensionar los principios de independencia y autonomía judicial los cuales conforman pilares esenciales para la vigencia del Estado constitucional de derechos y justicia; un aspecto crítico que motiva el presente estudio es la ausencia de una definición uniforme y una aplicación coherente del error inexcusable especialmente a partir del año 2020.

Esto por cuanto la falta de criterios claros ha provocado en diversos casos, decisiones disciplinarias impredecibles por parte del Consejo de la Judicatura lo que genera incertidumbre en la actuación de los operadores de justicia y vulnera la seguridad jurídica de la ciudadanía (3); este escenario no solo afecta la estabilidad institucional sino que introduce un riesgo latente en el cual la figura disciplinaria sea utilizada de manera discrecional o incluso como un mecanismo de presión frente a decisiones jurisdiccionales que por su naturaleza deberían adoptarse con plena libertad intelectual y técnica.

Estudiar el error inexcusable resulta fundamental para examinar si su utilización responde verdaderamente a un objetivo de control disciplinario legítimo o por el contrario está influyendo negativamente en el correcto funcionamiento del sistema judicial del país; es por esta razón la revisión doctrinaria, normativa y jurisprudencial facilitara comprender la

evolución del concepto sus alcances reales y la falta de interpretativos que persisten; este estudio busca contribuir elementos que proporcionen a la construcción de una aplicación más precisa y garantista en la que se respeten la autonomía judicial, el debido proceso y los estándares constitucionales que orientan la función jurisdiccional.

Pretende ofrecer una reflexión crítica y razonada sobre una persona que, a pesar del objetivo original de mejorar la calidad de las sentencias judiciales, ha planteado diversos interrogantes profundos sobre su impacto en la independencia judicial real y la seguridad jurídica en el Ecuador.

Como objetivo general se tiene, evaluar si la aplicación del error inexcusable en los procesos disciplinarios de la Función Judicial ecuatoriana vulnera los principios de independencia y autonomía judicial.

**Objetivos específicos**

1. Identificar los fundamentos jurídicos, argumentativos y procedimentales utilizados por el Consejo de la Judicatura para declarar la existencia del error inexcusable.

2. Determinar el impacto de la aplicación del error inexcusable en la autonomía de los jueces al emitir decisiones jurisdiccionales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló bajo un enfoque jurídico cualitativo, de carácter dogmático, jurisprudencial y comparado, orientado a examinar la naturaleza, evolución y aplicación del error inexcusable en el ordenamiento jurídico ecuatoriano y su incidencia en la independencia judicial.

Corpus y criterios de selección. Se analizó un corpus deliberado (muestreo intencional o teórico) compuesto por: (a) 28 resoluciones disciplinarias emitidas por el Consejo de la Judicatura entre 2015 y 2024, seleccionadas por ser resoluciones definitivas que aplicaron o discutieron expresamente la causal de error inexcusable (art. 109.7 del COFJ); (b) 12 sentencias y dictámenes de la Corte Constitucional del Ecuador, con especial atención a los casos 3-19-CN/20 y 38-21-CN/25, por su relevancia en la delimitación de la figura y la protección de la independencia judicial; y (c) 9 pronunciamientos de la Corte Nacional de Justicia relacionados con la tipificación y límites del error inexcusable. Se excluyeron resoluciones meramente formales, de trámite o que no contenían argumentación sustantiva sobre la causal.

Análisis documental. La búsqueda documental se realizó en las siguientes bases y repositorios: Lexis Ecuador, Registro Oficial, página oficial del Consejo de la Judicatura, repositorio de la Corte Constitucional, SciELO, Redalyc, Dialnet y Google Scholar. El periodo de cobertura de la literatura académica y de los informes institucionales abarcó de 2009 a 2025. Se incluyeron artículos indexados, tesis de posgrado, informes de organismos internacionales (Comisión Interamericana de Derechos Humanos, Principios de Bangalore) y documentos administrativos del Consejo de la Judicatura. La selección de fuentes se orientó por relevancia

temática, vigencia y calidad argumentativa, priorizando textos que abordaran directamente la tensión entre responsabilidad disciplinaria e independencia judicial.

Técnicas de análisis y validez. El material se sometió a un análisis de contenido cualitativo mediante codificación abierta y axial. Se definieron categorías analíticas a priori (definición normativa, criterios de tipicidad, confusión entre control disciplinario y jurisdiccional, efectos sobre la autonomía judicial, estándares de derecho comparado) y se refinaron durante el proceso. Se realizó triangulación metodológica entre la norma (COFJ y Constitución), la jurisprudencia disciplinaria y constitucional, y la doctrina especializada. La validez se fortaleció mediante la saturación teórica de las categorías y el contraste sistemático con estándares internacionales de independencia judicial.

Método comparado. Se contrastaron los siguientes aspectos específicos: (1) la definición y tipicidad del error o negligencia judicial en Chile, Colombia, España, Argentina y Costa Rica; (2) los límites entre control disciplinario y control jurisdiccional; (3) la exigencia de dolo o negligencia grave como requisito de sanción; y (4) las garantías de motivación y tipicidad estricta. Las fuentes primarias utilizadas fueron las leyes orgánicas judiciales de esos países, jurisprudencia de sus más altos tribunales y doctrina especializada. No se aplicó el protocolo PRISMA, por tratarse de un estudio dogmático-jurídico y no de una revisión sistemática de literatura empírica; no obstante, se documentaron los criterios de inclusión/exclusión y las bases consultadas para garantizar trazabilidad.

El conjunto de estos procedimientos permitió examinar la figura del error inexcusable desde su dimensión normativa, jurisprudencial, histórica y comparada, con el fin de evaluar su impacto en la independencia y autonomía de los jueces en el Ecuador.

## RESULTADOS

El análisis integral realizado desde los distintos métodos propuestos permitió examinar la figura del error inexcusable desde su dimensión normativa, jurisprudencial, histórica y comparada. La evidencia reunida demuestra que, si bien esta herramienta disciplinaria nació con la intención de fortalecer la calidad y la responsabilidad de la función judicial, su desarrollo posterior ha estado marcado por importantes tensiones interpretativas y por efectos que inciden directamente en la independencia de los jueces. Los resultados que se presentan a continuación reflejan estas complejidades y ofrecen una lectura amplia del fenómeno.

La persistente ambigüedad normativa del error inexcusable. La revisión dogmático-jurídica confirma que el Código Orgánico de la Función Judicial contempla al error inexcusable como una infracción gravísima en su artículo 109, numeral 7 (4), pero lo hace sin ofrecer una definición completa ni criterios que orienten su aplicación práctica. La norma indica su gravedad, pero no precisa las condiciones específicas que hacen que un error adquiera tal naturaleza. Esta ausencia de delimitación conceptual ha propiciado que el término funcione como una cláusula abierta y susceptible de ser interpretada según el criterio del órgano disciplinario que la examine.

Dicha falta de precisión tiene efectos evidentes. En primer lugar, de acuerdo con lo manifestado por Cevallos y Mena (5), se genera una incertidumbre en los operadores judiciales, quienes no pueden anticipar si una interpretación jurídica arriesgada o una

valoración probatoria compleja podría ser posteriormente considerada como error inexcusable. Además, puede llegar a dificultar la distinción entre la equivocación propia del ejercicio jurisdiccional misma que resulta inevitable en un sistema basado en criterios interpretativos y la conducta que es realmente negligente o dolosa (6). El estudio documental evidencia que esta preocupación ha sido señalada tanto por académicos como por organismos internacionales, que advierten sobre la necesidad de normas claras y previsibles en materia disciplinaria.

**Trayectoria histórica y transformaciones del concepto desde 2009**

El error inexcusable ha atravesado varias etapas desde su incorporación a la normativa ecuatoriana en el año 2009. Inicialmente se lo concibió como un mecanismo excepcional destinado a sancionar actuaciones jurisdiccionales abiertamente dolosas o negligentes (4). En esos primeros años, su aplicación fue limitada y se empleó únicamente en supuestos en los que la infracción era evidente y la afectación procesal notoria.

Sin embargo, con el tiempo se produjo una expansión significativa del alcance de esta figura. Entre 2011 y 2018, el Consejo de la Judicatura empezó a utilizar el error inexcusable para revisar decisiones judiciales controversiales, particularmente en procesos constitucionales, penales y de violencia de género. Dicha ampliación propició un clima de preocupación en el foro jurídico (7). Diversos análisis académicos han señalado que el órgano disciplinario estaba rebasando los límites de su competencia, al incursionar en la valoración jurisdiccional y reinterpretar el sentido de fallos debidamente motivados.

A partir de 2019 la situación adquirió un matiz distinto. Aunque la Corte Nacional comenzó a emitir pronunciamientos más restrictivos, el panorama disciplinario se volvió irregular. Hoy coexisten decisiones que exigen dolo o negligencia grave con otras que sancionan discrepancias hermenéuticas perfectamente razonables, situación que ha producido un sistema fragmentado, difícil de comprender y de anticipar (8).

**Criterios jurisprudenciales dispares y la ausencia de una línea interpretativa estable**

Criterios jurisprudenciales dispares y la ausencia de una línea interpretativa estable. La revisión de jurisprudencia disciplinaria ha permitido identificar que no existe actualmente un estándar único que permita reconocer cuándo una actuación judicial constituye, verdaderamente, un error inexcusable (9). En este sentido, se pueden identificar tres tendencias interpretativas principales que conviven de manera simultánea, de acuerdo con lo manifestado por Guanoluisa et al. (10), una visión amplia que sanciona prácticamente cualquier interpretación contraria a la literalidad normativa; una visión intermedia que exige cierta irracionalidad en la decisión; y una visión estricta que se limita a casos de dolo, violación consciente de precedentes o negligencia evidente.

La coexistencia de estos criterios provoca un efecto corrosivo en la seguridad jurídica, dado que los jueces no saben qué criterio prevalecerá ante la presencia de un eventual proceso disciplinario. Esta situación no solo afecta la previsibilidad de las sanciones, sino que también reduce la calidad del debate jurídico (11). Además, los análisis muestran que en algunos casos la sanción se fundamenta más en la discrepancia interpretativa que en la conducta negligente en sí misma, lo que contradice el propósito original de la figura. Esta falta de uniformidad también facilita que el error inexcusable pueda ser utilizado de forma selectiva, especialmente

en casos sensibles o de alto impacto público (12). Este riesgo, identificado tanto en informes institucionales como en estudios doctrinarios, constituye uno de los hallazgos más relevantes del análisis.

**Efectos del error inexcusable en la independencia y autonomía judicial**

Los resultados muestran que la utilización expansiva o imprecisa del error inexcusable ha generado efectos concretos en la actividad jurisdiccional. De hecho, autores como Suing (13), señalan que los jueces, especialmente aquellos que deben resolver casos complejos o políticamente sensibles, manifiestan una preocupación constante por las posibles repercusiones disciplinarias de sus decisiones. Este temor, más que hipotético, se refleja en testimonios recogidos en estudios y en declaraciones públicas de magistrados sometidos a procesos disciplinarios.

La consecuencia más evidente es un fenómeno de inhibición judicial: muchos jueces optan por decisiones conservadoras, estrictamente literales o alineadas con criterios mayoritarios, incluso cuando la interpretación constitucional o la naturaleza del caso permitiría una lectura más razonada o protectora de derechos (14). En lugar de incentivar la calidad, el error inexcusable parece, en algunos contextos, restringir la creatividad jurídica, reducir la pluralidad interpretativa y limitar la independencia funcional de los jueces, principio fundamental en un Estado de derecho.

Este clima disciplinario ha deteriorado, además, la percepción ciudadana sobre la estabilidad del sistema judicial, puesto que las sanciones no siempre responden a parámetros objetivos. En este sentido, la falta de claridad termina afectando no solo a los operadores jurídicos, sino a la ciudadanía que espera decisiones justas y fundadas (7).

**Lecciones del derecho comparado: un contraste revelador**

Lecciones del derecho comparado: un contraste revelador. El estudio comparado permitió observar la figura del error inexcusable desde una perspectiva más amplia y matizada, situando al Ecuador frente a modelos con mayor tradición y estabilidad en materia disciplinaria judicial. En países como Chile, Colombia y España, la responsabilidad de los jueces se activa únicamente ante conductas que revelan una intención clara y manifiesta de dañar, un desconocimiento evidente del derecho o una negligencia tan grave que compromete la esencia misma de la función jurisdiccional (15). De esta manera, se establece que lo determinante no es si la sentencia fue acertada o discutible, sino si la decisión muestra un razonamiento jurídico coherente y una motivación suficiente. Mientras exista ese sustento, la discrepancia interpretativa queda protegida dentro del ámbito natural del debate judicial.

Algo similar ocurre en Argentina y Costa Rica, donde los más altos tribunales han trazado límites estrictos para evitar que el poder disciplinario se convierta en un mecanismo de revisión encubierta de decisiones jurisdiccionales (16); estos sistemas afirman que la independencia de los jueces no puede fragmentarse con el pretexto de fijar criterios: el juez debe ser libre de interpretar la norma sin temor a la represión administrativa.

La responsabilidad existe, pero funciona como una herramienta extraordinaria, no como un mecanismo recursivo de estandarización del pensamiento jurídico. De esta experiencia se desprende claramente que el modelo ecuatoriano, al mantener un concepto amplio y flexible

de error inexcusable, se aleja de estándares que apuntan a conciliar control y autonomía. Los resultados comparativos sugieren la conveniencia de avanzar hacia una definición más estricta y precisa, que preserve la independencia judicial sin renunciar a un régimen disciplinario serio y legítimo.

**Dificultades estructurales en la aplicación actual del error inexcusable**

Resulta evidente que la aplicación del error inexcusable en el Ecuador presenta problemas que no son meramente circunstanciales, sino de carácter estructural. Uno de los elementos más visibles es la limitada formación técnica de algunos operadores disciplinarios, cuyas resoluciones reflejan un tratamiento superficial de conceptos esenciales del derecho judicial. En varios expedientes analizados, la argumentación disciplinaria revela escasa comprensión de la complejidad interpretativa con la que trabaja un juez al resolver casos concretos, lo que termina generando imputaciones débiles o insuficientemente fundamentadas (17).

Otro obstáculo relevante es la persistente confusión entre el control disciplinario y el control jurisdiccional. Solano (18) indica que, en múltiples ocasiones, el órgano disciplinario no se limita a analizar la conducta del juez desde los parámetros del deber funcional, sino que avanza hacia una revisión del contenido mismo de la sentencia. Este desplazamiento de competencias no solo desnaturaliza la finalidad del proceso disciplinario, sino que coloca al juez en una posición de vulnerabilidad, pues permite que su razonamiento jurisdiccional sea reemplazado por el criterio administrativo de turno.

A estas dificultades se suman la falta de parámetros uniformes para determinar qué constituye un error grave, los vacíos en la definición de estándares probatorios y la percepción, cada vez más extendida entre los jueces, de que la figura analizada podría funcionar como un mecanismo de presión en casos políticamente sensibles o de alto impacto público (2). En conjunto, estas falencias demuestran la necesidad urgente de fortalecer la institucionalidad disciplinaria para evitar que una herramienta destinada a garantizar la calidad judicial termine afectando la independencia del juzgador.

**Líneas de solución y propuestas derivadas del análisis**

Líneas de solución y propuestas derivadas del análisis. La integración de los resultados expuestos permite identificar diversas líneas de mejora. En primer lugar, se evidencia la necesidad de una reforma normativa que defina con claridad qué debe entenderse por error inexcusable, cuáles son sus elementos esenciales y cuáles son los límites de su aplicación. Una definición precisa permitiría reducir los márgenes de discrecionalidad y otorgar mayor predictibilidad a los operadores (8). Asimismo, resulta pertinente que la Corte Nacional establezca criterios vinculantes que unifiquen el uso de la figura, teniendo en cuenta que la existencia de un precedente claro podría disminuir la fragmentación jurisprudencial y fortalecer el sentido de justicia disciplinaria (19).

Por otra parte, la capacitación especializada del personal a cargo de los procesos disciplinarios es crucial. De acuerdo con Catucuango et al. (1), temas como hermenéutica jurídica, argumentación, precedentes y motivación judicial deben formar parte del perfil de quienes evalúan el desempeño de los jueces para orientar la figura del error inexcusable hacia la finalidad original para la que fue creada: evitar abusos de poder por parte de servidores judiciales sin comprometer su autonomía y criterio jurisprudencial. Finalmente, el estudio

sugiere que Ecuador podría incorporar algunas de las buenas prácticas observadas en el derecho comparado; por ejemplo la adopción de estándares internacionales, como los Principios de Bangalore o los lineamientos de la Comisión Interamericana de Derechos Humanos, contribuiría a equilibrar responsabilidad y autonomía judicial, evitando que el aspecto disciplinario se convierta en un obstáculo para la independencia jurisdiccional (15).

## DISCUSIÓN

La figura del error inexcusable, tal como se aplica en el sistema disciplinario ecuatoriano, pone de manifiesto una tensión estructural entre dos principios esenciales del constitucionalismo contemporáneo: la independencia judicial y la responsabilidad de los operadores de justicia (1), (7). El problema central no radica en la existencia misma de la causal, sino en la ausencia de una definición normativa precisa, de criterios uniformes de aplicación y de una metodología estable para su evaluación. Esta carencia de tipicidad estricta genera un margen de discrecionalidad que debilita tanto la seguridad jurídica como la legitimidad institucional del control disciplinario (5), (8).

Las resoluciones del Consejo de la Judicatura analizadas revelan que, en no pocos casos, el órgano disciplinario trasciende el examen de la conducta funcional del juez y se adentra en una revisión de fondo del razonamiento jurisdiccional (2), (11). Esta práctica desconoce la doctrina consolidada de la Corte Interamericana de Derechos Humanos, según la cual los jueces no pueden ser sancionados por el contenido de sus decisiones cuando estas se encuentran debidamente motivadas y se sustentan en una interpretación razonable del derecho (15). La Sentencia 3-19-CN/20 de la Corte Constitucional del Ecuador avanzó en esa dirección al establecer límites a la aplicación del error inexcusable, exigiendo que la sanción no se funde en meras discrepancias interpretativas (17). Sin embargo, la posterior Sentencia 38-21-CN/25, si bien reafirma la necesidad de parámetros claros, aún no ha logrado generar una línea jurisprudencial suficientemente uniforme que oriente de manera vinculante al Consejo de la Judicatura (19).

Desde la perspectiva de las implicaciones prácticas, el Consejo de la Judicatura enfrenta el desafío de rediseñar sus protocolos de investigación y resolución disciplinaria. Resulta indispensable que los sumarios por error inexcusable se limiten a verificar la existencia de dolo, negligencia manifiesta o desconocimiento evidente del derecho, y no a reescribir la sentencia impugnada (9), (13). Para la Corte Constitucional, la oportunidad es igualmente relevante: solo una doctrina clara, reiterada y de aplicación obligatoria puede reducir la fragmentación interpretativa que hoy caracteriza la materia (12), (18). La ausencia de estándares vinculantes deja a los jueces en un estado de incertidumbre permanente sobre los límites de su margen de apreciación.

Una objeción frecuente consiste en preguntar si existe un auténtico “efecto disuasorio” (chilling effect) documentado o si se trata principalmente de una percepción subjetiva de los operadores. La evidencia disponible es mixta. No existen estudios cuantitativos de gran escala que midan, por ejemplo, la reducción del número de interpretaciones creativas o garantistas tras la apertura de sumarios. No obstante, los testimonios recogidos en la literatura especializada, las declaraciones públicas de magistrados sometidos a procesos disciplinarios y la reiterada preocupación expresada en foros judiciales constituyen indicios consistentes de que el temor a la sanción condiciona, al menos en casos políticamente sensibles, la libertad argumentativa del juzgador (7), (13), (14). Aunque se trate en buena medida de una

percepción, esa percepción tiene efectos reales sobre el clima institucional y, por tanto, sobre la calidad de la justicia.

La doctrina de Hart sobre el núcleo y la penumbra de los conceptos jurídicos, así como la noción de integridad del derecho de Dworkin, resultan especialmente útiles para comprender por qué la sanción de discrepancias hermenéuticas es problemático (20). La interpretación judicial no es una operación mecánica; ante lagunas, contradicciones o ambigüedades normativas, los jueces construyen razonamientos que, aunque divergentes, pueden ser jurídicamente válidos si respetan un proceso argumentativo coherente. Sancionar esas divergencias equivale a imponer una visión monolítica del derecho incompatible con el pluralismo interpretativo propio de un Estado constitucional.

El derecho comparado refuerza esta lectura. En Chile, Colombia, España, Argentina y Costa Rica, la responsabilidad disciplinaria judicial se activa solo ante dolo manifiesto, corrupción, abuso de poder o negligencias extremas que producen daños concretos (15), (16). En ninguno de esos sistemas se admite que un órgano administrativo sustituya la valoración jurídica del juez cuando esta se encuentra motivada. El modelo ecuatoriano, al conservar un concepto amplio y flexible de error inexcusable, se distancia de esos estándares y genera un espacio de intervención disciplinaria excesivamente amplio (8), (10).

En consecuencia, el desafío no consiste en eliminar la responsabilidad de los jueces lo cual sería igualmente indeseable, sino en dotar a la figura de parámetros objetivos, verificables y respetuosos de la independencia judicial (1), (12). Solo así se podrá recuperar la coherencia, la previsibilidad y la confianza institucional que todo régimen disciplinario debe ofrecer en un Estado de derecho.

## CONCLUSIONES

En respuesta al primer objetivo específico, la investigación demuestra que los fundamentos jurídicos, argumentativos y procedimentales utilizados por el Consejo de la Judicatura para declarar el error inexcusable carecen de uniformidad y de una definición técnica suficiente. La revisión de las 28 resoluciones disciplinarias y de las sentencias constitucionales analizadas evidencia el uso de nociones amplias, argumentaciones imprecisas e interpretaciones extensivas del artículo 109.7 del COFJ. Esta falta de tipicidad estricta convierte a la causal en una herramienta propensa a aplicaciones desiguales y, en algunos casos, contradictorias, vulnerando el principio de legalidad sancionadora.

En respuesta al segundo objetivo específico, se confirma que la aplicación actual del error inexcusable genera un impacto negativo en la autonomía judicial. Aunque no siempre se traduzca en destitución efectiva, el solo riesgo de un sumario administrativo fundado en discrepancias interpretativas produce en un número significativo de jueces la percepción de que sus decisiones pueden ser controladas más allá de los límites constitucionales. Esta percepción documentada en testimonios, literatura especializada y el propio reconocimiento de la Corte Constitucional en los casos 3-19-CN/20 y 38-21-CN/25 incide directamente sobre la libertad del juzgador para resolver conforme a su criterio jurídico, especialmente en asuntos complejos o políticamente sensibles.

Al integrar ambos objetivos, se concluye que la aplicación del error inexcusable sin directrices claras y objetivas no solo afecta individualmente a los jueces, sino que produce efectos sistémicos sobre la coherencia institucional, la seguridad jurídica y la confianza ciudadana. El Ecuador requiere una redefinición normativa y jurisprudencial más precisa y acotada de esta figura, en armonía con la doctrina especializada y las mejores prácticas del derecho comparado, de modo que se garantice un equilibrio real entre responsabilidad judicial e independencia jurisdiccional.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS


1. Catucuago Inlago DE, Chugá Quemac RE, Puetate Paucar JM. El error inexcusable: un freno al abuso mediante la determinación del procedimiento en la legislación ecuatoriana. Dilemas contemporáneos: educación, política y valores. 2022;9(1):1-29.
2. Romero Romero CD, González Alberteris AD, Betancourt Pereira EJ, Cárdenas Paredes KD, Naranjo Estrada ÁT. El error inexcusable en Ecuador. Análisis constitucional. Universidad y Sociedad. 2022;14(2):589-597.
3. Cuesta Álvarez WJ, Durán Ocampo AR. El error inexcusable en la legislación ecuatoriana. Universidad y Sociedad. 2019;11(4):436-442.
4. Asamblea Nacional del Ecuador. Código Orgánico de la Función Judicial. Quito: Asamblea Nacional del Ecuador; 2009 (reformado a 2023).
5. Cevallos Ortega FJ, Mena Manzanillas PL. El derecho a la tutela judicial efectiva y el debido proceso en Ecuador: el error inexcusable. Revista de Derecho. 2023;8(1):64-79.
6. Ronquillo-Riera OI, Cano-Paredes MA, Macías-Díaz AD, Najera-Tello GM. Análisis del dictamen constitucional sobre el error inexcusable en Ecuador. Iustitia Socialis. 2021;6(1):683-687.
7. Blacio Villa Rd, Orellana Izurieta WG. Violación del derecho a la defensa en el procedimiento del error inexcusable. Sociedad & Tecnología. 2022;5(1):237-252.
8. Sarango Rodríguez JA. La sanción administrativa de destitución por error inexcusable vulnera la independencia del juez. Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas. 2020;23(30):23-30.
9. Narváez Andrade W. Dolo, manifiesta negligencia y error inexcusable. Revista de estudios jurídicos Cálamo. 2022;17(1):141-155.
10. Guanoluisa Almache FA, Crespo-Berti LA, Liscano Chapeta CJ. Principio constitucional de responsabilidad judicial en el Distrito de Imbabura 2015-2021. Dilemas contemporáneos: educación, política y valores. 2021;8(4):1-15.
11. Silva Velásquez M, Castro Sánchez F, Vaca Acosta P. La aplicación de la figura del error inexcusable en el régimen disciplinario del Consejo de la Judicatura. Neutrosophic Computing and Machine Learning. 2022;19(1):57-65.
12. Zapata-Fajardo MJ, Ronquillo-Riera OI, Atencio-González RE. La Corte Constitucional como garante del principio de independencia judicial en Ecuador. Iustitia Socialis. 2020;6(10):33-46.
13. Suing J. El error inexcusable, causal de destitución de jueces. Revista Cálamo. 2023;9(1):26-35.
14. Gaibor Becerra AM, Ballesteros Jiménez RD, Bazantes Escobar WJ. El error inexcusable en la legislación ecuatoriana. Revista Universidad de Guayaquil. 2018;126(1):85-100.
15. Perlingeiro R. Análisis comparativo de los sistemas de justicia administrativa en América Latina. Estudios Socio-Jurídicos. 2022;24(1):233-266.

16. Martín Ríos P. La relación entre la independencia y la responsabilidad disciplinaria judicial: especial mención a las «diligencias informativas». Revista Española de Derecho Constitucional. 2020;118(1):77-108.
17. Corte Constitucional del Ecuador. Caso No. 3-19-CN (error inexcusable). Quito: Corte Constitucional del Ecuador; 2020.
18. Solano Paucay V. La independencia judicial: análisis de la Sentencia No. 3-19-CN/20 de la Corte Constitucional del Ecuador. Juees. 2022;2(1):1-17.
19. Corte Constitucional del Ecuador. Sentencia 38-21-CN/25. Quito: Corte Constitucional del Ecuador; 2025.
20. Ramírez Anguiano D. Derecho, moral e interpretación: correlación entre la filosofía analítica de H. L. A. Hart y el pensamiento de Lon Fuller y Ronald Dworkin. Problema. Anuario de Filosofía y Teoría del Derecho. 2019;1(13):387-418.

📖 Revista Científica Multidisciplinaria InvestiGo

ISSN: 2953-6367

Octubre 2026

⊙ Ecuador

Código Postal 060102

✆ Contacto +593 97 911 9620 | ✉ revisinvestigo@gmail.com

✉ investigo@istra.edu.ec