

**REVISTA CIENTÍFICA DE DOCENCIA,
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**





Axioma • Año XIX • número 31 • Diciembre 2024. Revista semestral de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Ibarra, en las áreas de: investigación, docencia y proyección social. Publicación bilingüe dedicada a estudios relacionados con las ciencias sociales y exactas. Los artículos informativos y opiniones expresadas en las colaboraciones son de exclusiva responsabilidad de los autores.



Directores:

Dr. Jesús Muñoz
Dra. Augusta Cueva

Editoras:

Dra. Jhenny Cayambe
Mgs. Irma Daniela Batallas González

Ibarra: Av. Jorge Guzmán Rueda y Av. Aurelio
Espinoza Pólit. Cdla. "La Victoria"
Teléfono: 06 2615 500 / 06 2615 631
web Site: www.pucesi.edu.ec

Email: axioma@pucesi.edu.ec

ISSN:1390-6267

ISSN electrónico: 2550-6684

Indizada/Resumida en

Latindex-Directorio- Catálogo 2.0

Folio 1986

Ilustración de portada:

Título: Horizontes del Conocimiento

Autor: Mgs. Guillermo Geovanny Guzmán Chávez
Escuela de Arquitectura, Diseño y Artes (EADA)

Diagramación:

Mgs. Oswaldo Portilla Villamagua
(593) 099 423 4774



CONSEJO EDITORIAL

EDUCACIÓN

Dr. JUAN CARLOS MARTÍN QUINTANA
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España
ORCID: 0000-0001-7283-1952

Dr. STEFOS EFSTATHIOS
Universidad Nacional de Educación, Ecuador
ORCID: 0000-0002-5679-8002

Dr. AGUSTÍN SANTANA TALAVERA
Universidad de la Laguna-Tenerife, España
ORCID: 0000-0002-4046-0904Dr

Dr. OSCAR VALVERDE RIASCOS
Universidad Mariana Pasto, Colombia
ORCID: 0000-0002-2306-4053

Dr. JOAQUÍN ALEJANDRO LIÑAYO RIVERO
Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos,
Madrid, España

ORCID: 0009-0006-9001-137X
Dr. JOSÉ LUIS ROJAS-SOLÍS
Universidad Autónoma de Puebla México
ORCID: 0000-0001-6339-4607Dr.

ARTES Y HUMANIDADES

Dr. MARIO DUARTE GARCÍA
Universidad Nacional Autónoma de México
ORCID: 0000-0002-3540-6647

CIENCIAS SOCIALES, PERIODISMO, INFORMACIÓN Y DERECHO

Dr. FRANCISCO CAMPOS FREIRE
Universidad de Santiago de Compostela, España
ORCID: 0000-0003-1831-1838

Dr. MIGUEL TÚÑEZ LÓPEZ
Universidad Santiago de Compostela, España
Dra. PILAR CHARRO BAENA

Universidad Rey Juan Carlos, España
ORCID: 0000-0003-3665-9694

Dra. ASTRID UZCÁTEGUI ANGULO
Universidad de Los Andes, Venezuela
ORCID: 0000-0002-3470-6381

Revisión de Estilo y Redacción

Mgs. Beatriz Camero Bejarano

Traducción

Mgs. Sandra Ayala

Con el aval de la Escuela de Ciencias Humanas y Sociales de la PUCE I

Corrección general

Dirección de Investigación, Vinculación y Emprendimiento

ADMINISTRACIÓN

Dr. JUAN MANUEL BENÍTEZ DEL ROSARIO
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España

CIENCIAS NATURALES, MATEMÁTICAS Y ESTADÍSTICA

Dr. LARRY FROLICH
Miami Dade College Wolfson Campus, EEUU
ORCID: 0000-0002-9371-7806

Dr. JOSEP LINARES
Universidad Politécnica de Valencia, España
ORCID: 0000-0002-9740-3281

Dr. JUAN PABLO SUÁREZ CHACÓN
Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador
ORCID: 0000-0002-9453-5545

Dr. MARCO GERARDO HEREDIA RENGIFO
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
<https://orcid.org/0000-0002-6039-3411>

Dr. EDMUNDO RECALDE POSSO
Pontificia Universidad del Ecuador Ibarra

TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN (TIC)

Dr. FRANCKLIN RIVAS ECHEVERRÍA
MIU City University Miami, EEUU
ORCID: 0000-0002-5201-2877

INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

Dr. CARLOS M. CASTRO V
Universidad Técnica Federico Santa María, Chile
ORCID: 0000-0002-5293-3107

Dr. CRISTIAN LEONARDO GARCÍA
Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador
ORCID: 0000-0003-3996-8222

Dra. MARÍA GABRIELA CAMARGO MORA
Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador
ORCID: 0000-0003-2984-5675

SERVICIOS

Dr. AGUSTÍN SANTANATALAVERA
Universidad de la Laguna-Tenerife, España
ORCID: 0000-0002-4046-0904Dr

ÍNDICE

EDUCACIÓN

- [Competencias docentes para adaptarse al uso de las TIC en el proceso de enseñanza de la estadística](#) 5
Teaching skills to adapt to the use of ICT in the teaching process of statistics
Lizbeth Ponce, Irene Tituaña, Roberto Páez, Noralma Quelal, Myriam Tupiza, Hery Verduga
- [Tecnoestrés en usuarios universitarios: caso de estudio](#) 11
Technostress in university users: case study
Mario Paguay-García, Eduardo Valarezo, Edmundo Cabezas-Heredia

EDUCACIÓN COMERCIAL Y ADMINISTRACIÓN

- [La importación de vehículos: un beneficio desconocido para las personas con discapacidad](#) 21
Vehicle importation: an unknown benefit for people with disabilities
Yolanda Bejarano, Esteban Garrido
- [El Marketing digital y su aporte a la comercialización caso: Avícola Aviburz](#) 27
Digital marketing and its contribution to commercialization. Case: Aviburz poultry
Karen Piloso, Andrés Zambrano
- [Análisis de métricas en revista científica Ecos de la Academia con Google Analytics](#) 34
Analysis of metrics in the scientific journal Ecos de la Academia with Google Analytics
Jaime Portilla Chagna, David Ortiz Dávila, Darwin Mafla Tobatr, Gandhi Godoy

ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN

- [Análisis de la variación temporal entre áreas verdes y construidas usando imágenes satelitales. Caso de estudio: crecimiento urbano de Otavalo \(Ecuador\)](#) 42
Analysis of temporal variation between green and built areas using satellite images. Case study: urban growth in Otavalo (Ecuador)
Guzmán Chávez Guillermo Geovanny, Ortiz Almeida Patricia Alexandra, Juan Andrés Sánchez García
- [Análisis de ruido con series de tiempo de la Red GNSS de monitoreo continuo del Ecuador \(REGME\)](#) 51
Noise analysis with time series from the Ecuadorian continuous monitoring GNSS network (REGME)
Gustavo Roberto León Lara
- [Línea Base para la Medición de la Plusvalía de Inmuebles Aledaños a la Primera Línea de Metro de Quito \(PLMQ\): Un Estudio para 5 Estaciones](#) 61
Descriptive analysis of properties adjacent to the First Line of the Quito Metro: a study for 5 stations
Edwin Santiago Nunez Naranjo, Johanna Elizabeth Morocho Teran, Luis Enrique Ortega Pintado
- [Radiografía de la informalidad urbana en el centro histórico de la ciudad de Ibarra](#) 74
X-ray of urban informality in the historic center of the city of Ibarra
Patricio Díaz Quintana, Morella Briceño Ávila

CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AFINES

- [ARDUINO como alternativa en la enseñanza de la Química Instrumental: Analizador espectroscópico ESPECTRUINO](#) 80
Arduino as an alternative in the teaching of instrumental chemistry: ESPECTRUINO spectroscopic analyzer
David Sebastián Chuquer Sola

Presentación

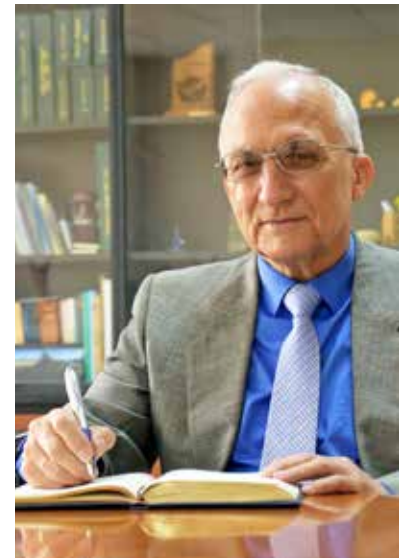
La investigación universitaria, sus fuentes y, sobre todo, sus probos resultados alimentan el proceso de aprendizaje-enseñanza de nuestros estudiantes y profesores, así como a la necesaria vinculación con la sociedad a cuya mejora continua la universidad se debe. Nuestra Pontificia Universidad Católica del Ecuador-PUCE marca el camino a seguir en el desarrollo de estas funciones sustantivas de la educación superior y para lo superior. Y esta Sede de Ibarra se suma al trabajo mancomunado de las siete que conforman la primera Universidad privada del Ecuador. La PUCE, junto al resto de 23 universidades nacionales que forman parte del ranking internacional QS Latin America Ranking, muestra resultados objetivos al respecto, como lo constata la publicación realizada por la empresa Quacquarelli Symonds (QS) el 03 de octubre del presente año.

En general, entre todas las 23 IES participantes del Ecuador, nos encontramos catalogados en este ranking en uno de los tres primeros puestos y en el número ochenta y ocho a nivel de nuestra región hispanoamericana. Sin duda, aspiramos a mejorar estas marcas. De hecho, estamos catalogados como la primera universidad del Ecuador en "reputación académica", bajo la percepción de académicos mundiales que privilegian, para esta catalogación, la investigación. Mantenemos esta primera posición en reputación académica desde el año 2021.

Nos encontramos en el Ecuador calificados entre las tres primeras universidades que ofrecen al mercado laboral profesionales a quienes se les reconoce como los mejor formados integralmente, con una notable capacidad emprendedora en su vida personal y en la necesaria transformación de nuestra sociedad.

Es digno de destacar en la edición No. 31 de nuestra Revista AXIOMA que la PUCE ocupa en el Ecuador un privilegiado segundo lugar en "investigación a nivel internacional", a tan solo seis décimas de diferencia de otra universidad ecuatoriana, que ocupa el primer lugar. Nuestro reto es que ese 71,6/100 se incremente con la calidad, cantidad y efectividad transformacional de nuestras investigaciones, para un Ecuador necesitado de académicos virtuosos, íntegros y capaces para unirse a otros que sumen calidad humana, científica, sabia y visionaria a la necesaria mejora permanente de nuestra sociedad.

Acompañamos y animamos a nuestros lectores a que puedan constatar, en los diez artículos de otros tantos equipos de investigación que presentamos en esta edición de AXIOMA, que nuestra aspiración de influir poderosamente en la transformación social desde el mundo universitario no es una aspiración falaz o quimérica. Gracias a nuestros profesores investigadores, a cada uno de los integrantes de sus equipos, por estos reconocidos resultados de su perseverancia y laboriosidad que demuestran estos resultados de sus investigaciones.



Rector PUCE-SI
Ph.D. Jesús Muñoz Diez

Competencias docentes para adaptarse al uso de las TIC en el proceso de enseñanza de la estadística

Lizbeth Gisselle Ponce Tituaña¹, Fabiola Irene Tituaña Suárez², Roberto Wladimir Páez Herrera³, Noralma Magdalena Quelal González¹, Myriam del Pilar Tupiza Cumbal¹, Henry Alejandro Verduga Shiguango⁴

¹Universidad Central del Ecuador

²Ministerio de Educación

³Unidad Educativa Municipal San Francisco

⁴Unidad Educativa Municipal Calderón

*Autor para correspondencia: gisselleliz@hotmail.com

Recibido: 2024/05/28

Aprobado: 2024/11/30

DOI: <https://doi.org/10.26621/ra.v1i31.951>

RESUMEN

La pregunta de investigación que aborda el trabajo académico es: ¿de qué manera las competencias docentes deben adaptarse al uso de las TIC en el proceso de enseñanza de la estadística? El objetivo principal de este estudio es identificar las competencias que los docentes deben desarrollar para adaptarse al uso de las TIC. Los objetivos específicos son describir y caracterizar las competencias digitales necesarias para la enseñanza de la estadística. El enfoque metodológico de este estudio es cualitativo y tiene un alcance descriptivo. Se llevó a cabo una revisión sistemática de la información, siguiendo algunas etapas propuestas por la declaración PRISMA. Además, se realizó una triangulación de la información para aumentar la fiabilidad de las fuentes bibliográficas utilizadas en la conceptualización. Dentro de los hallazgos más relevantes de este trabajo, destaca que haberle otorgado un énfasis excesivo a las competencias digitales ha llevado a un descuido investigativo de las competencias emocionales, lo que puede tener consecuencias negativas en la práctica docente y en el bienestar tanto personal como profesional de la comunidad educativa. Asimismo, otro de los hallazgos fue que el modelo de competencias propuesto por la UNESCO busca abordar las necesidades de los docentes considerando una variedad de contextos, mientras que el modelo de la Comisión Europea se centra en las necesidades más específicas de los países que son miembros de la Unión Europea. Adicionalmente, una de las conclusiones más relevantes fue que la integración efectiva de las TIC en el proceso de enseñanza de la estadística requiere de un enfoque holístico, que aborde tanto las habilidades técnicas como las competencias pedagógicas y emocionales de los docentes.

Palabras clave: competencias digitales, TIC, estadística, TPACK


ABSTRACT

The research question to be addressed by the academic work is: how should teaching competencies be adapted to the use of ICT in the statistics teaching process? The main objective of this study is to identify the competencies that teachers should develop to adapt to the use of ICT. The specific objectives are to describe and characterize the digital competencies needed for teaching statistics. The methodological approach of this study is qualitative and descriptive in scope. A systematic review of the information was carried out, following some stages proposed by the PRISMA statement. In addition, a triangulation of the information was carried out to increase the reliability of the bibliographic sources used in the conceptualization. Among the most relevant findings of this work, it stands out that having given excessive emphasis to digital competencies has led to research neglect of emotional competencies, which can have negative consequences on teaching practice and both personal and professional well-being in the educational community. Likewise, another finding was that the competency model proposed by UNESCO seeks to address the needs of teachers considering a variety of contexts, while the European Commission's model focuses on the more specific needs of the countries that are members of the European Union. Additionally, one of the most relevant conclusions was that the effective integration of ICT in the statistics teaching process requires a holistic approach, addressing both the technical skills and the pedagogical and emotional competencies of teachers.

Keywords: digital competencies, TIC, statistics, TPACK

Lizbeth Gisselle Ponce Tituaña  <https://orcid.org/0000-0002-9126-4866>

Fabiola Irene Tituaña Suárez  <https://orcid.org/0009-0005-6149-0589>

Roberto Wladimir Páez Herrera  <https://orcid.org/0009-0007-2320-251X>

Noralma Magdalena Quelal González  <https://orcid.org/0000-0001-5451-9420>

Myriam del Pilar Tupiza Cumbal  <https://orcid.org/0009-0004-2273-7940>

Henry Alejandro Verduga Shiguango  <https://orcid.org/0009-0004-1849-8537>

INTRODUCCIÓN

La sociedad globalizada ha reestructurado los estratos sociales y las identidades individuales desde inicios del siglo XXI, en gran parte debido a la llegada de las TIC a diversos ámbitos, como la educación. Según Castells (2000), "la continua transformación de la tecnología de la comunicación en la era digital pone al alcance de los medios de comunicación todos los aspectos de la vida social en una red" (p. 28).

En este contexto, es crucial discutir la sociedad del conocimiento, la cual, según Krüger (2006), "aparentemente resume las transformaciones sociales que se están produciendo en la sociedad moderna y sirve para analizarlas" (p. 1). Krüger también señala que la sociedad actual se caracteriza por una estructura económica y social en la que "el conocimiento ha sustituido al trabajo, a las materias primas y al capital como fuente más importante de productividad, crecimiento y desigualdades sociales" (p. 743). Aunque el conocimiento es clave, los recursos naturales y la capacidad laboral humana siguen siendo esenciales en las estructuras económicas de muchas sociedades.

El propósito de este artículo no es debatir la validez de las premisas de la sociedad del conocimiento frente a la realidad, sino reconocer que la sociedad ha cambiado, en gran parte gracias a las tecnologías. Estas han dado lugar a lo que algunos autores denominan "sociedad en red", generando nuevas formas de interacción, junto con riesgos, fortalezas y oportunidades.

Así, el presente trabajo se centra en las competencias docentes para adaptarse al uso de las TIC en la enseñanza de la estadística. Su objetivo principal es identificar las competencias que los docentes deben desarrollar para integrar las TIC en su enseñanza, describiendo y caracterizando las competencias digitales necesarias para la educación estadística.

Este estudio es relevante porque destaca la necesidad de que los docentes adquieran nuevas habilidades para aprovechar las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje y aporta elementos clave al debate sobre la formación docente en el contexto digital.

Contexto educativo

Es fundamental describir, de manera general, las características del actual escenario educativo. A partir de esta descripción, es posible identificar los desafíos que los docentes enfrentan para desarrollar un proceso de enseñanza-aprendizaje que responda a las necesidades de la realidad contemporánea. Para ello, se pueden comparar diversos elementos de referencia, pero el análisis se centrará en los siguientes: el entorno institucional, la empleabilidad, el conocimiento y el rol del docente.

La pandemia expuso tanto las desigualdades sociales entre las personas como la asimetría entre los Estados, lo que complica la definición abstracta de los sistemas educativos. Sin embargo, la crisis sanitaria aceleró la incorporación de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la educación de la mayoría de los países, un proceso que ya se había iniciado a finales del siglo pasado. Hoy, las TIC son esenciales en la educación: han transformado los contextos de aprendizaje, las relaciones entre docentes y estudiantes, y los métodos de enseñanza y evaluación. En este nuevo contexto, los docentes no pueden seguir comprendiendo ni practicando la educación de la misma manera. Abordar el presente con perspectivas y métodos del pasado es ineficaz; tanto maestros como estudiantes deben adquirir y desarrollar nuevas competencias.

Cano (2005) define las competencias, en su forma más básica, como "técnicas o capacidades instrumentales concretas" (p. 3). La reflexión educativa actual toma como referencia las competencias profesionales, que adquirieron relevancia en los años 2000, impulsadas por el conocimiento como motor de la economía y factor clave de la competitividad (CEPAL, 2013). La CEPAL propone un marco de análisis de competencias docentes basado en tres dimensiones: contenido, formación y clasificación, que abarcan "qué enseñar, cómo enseñar, a quiénes enseñar y para qué" (CEPAL, 2013, pp. 8-9). Por su parte, Zabalza (2006) destaca que el reto no radica solo en este marco, sino en entender "cómo adquirimos esas competencias y cómo podemos desarrollarlas" (p. 89).

La tradición pedagógica ha dicho siempre que los profesores tenemos tres grandes ámbitos en lo que significa nuestra formación: tenemos que ser buenos en lo que es el ámbito disciplinar, entendido como la materia o disciplina que nosotros vamos a cursar; deberíamos ser buenos en lo que es la formación pedagógica y esto es lo que ahora se empieza a introducir en la universidad por diversas vías, y existe además un problema intangible, que no es fácilmente abordable pero todo el mundo sabe que la profesión docente está muy relacionada con ciertas cualidades personales que determinan el ejercicio docente. Efectivamente, las cualidades personales juegan un papel fundamental. (Zabalza, 2006, p. 104)

Según lo expuesto anteriormente, el autor señala que el docente debe desarrollar nueve competencias básicas para su ejercicio profesional: reflexionar e investigar sobre la enseñanza, ofrecer tutoría y acompañamiento a los estudiantes, establecer relaciones constructivas con ellos, gestionar las metodologías de trabajo didáctico y las tareas de aprendizaje, proporcionar información y explicaciones claras, seleccionar y presentar adecuadamente los contenidos, implicarse institucionalmente, planificar el proceso de enseñanza-aprendizaje y, finalmente, desarrollar su alfabetización tecnológica y el uso didáctico de las TIC.

Para fines explicativos, en este trabajo las primeras ocho competencias serán denominadas "competencias tradicionales", mientras que la última se clasificará como la "competencia del siglo XXI". A continuación, se explicarán las competencias que favorecen y permiten el uso efectivo de las TIC.

Garzón (2021) afirma que "las TIC han transformado la interacción entre las personas, revolucionando numerosos campos de la actividad humana" (p. 180). La implementación de tecnologías en la educación tiene sus raíces en la Declaración Grünwald de 1982, que exigía a los sistemas políticos y educativos la incorporación de la educación mediática en los currículos de la educación básica (Rodríguez et al., 2018, p. 11). Aunque la presencia de las TIC en la educación no es reciente, la pandemia del COVID-19 aceleró su integración.

Esto ha llevado a que "tanto docentes como estudiantes adquieran las competencias del siglo XXI: creatividad, trabajo colaborativo y alfabetización digital" (Rambay y De la Cruz, 2020, p. 513). Sin embargo, también se han evidenciado las dificultades de los maestros para aplicar las TIC en la enseñanza. Por ejemplo, en un estudio realizado en Perú se concluyó lo siguiente:

Respecto al uso pedagógico de las TIC y cómo integrarlas en el salón de clases, los resultados no son alentadores, pues demuestran que los docentes contaban con un conocimiento bajo a nulo en las diversas metodologías. Entre la más alta se encuentran los videos educativos, con 1.93 puntos, y las estrategias para el trabajo colaborativo, con 1.52 puntos, mientras que la más baja es la gamificación. (González, 2021, p. 7)

De igual manera, en una investigación realizada en México, se reveló que un "35,2 % de los docentes coincidieron en enfrentar problemáticas pedagógicas, como la falta de conocimiento suficiente sobre herramientas didácticas para la educación a distancia, el manejo de grupos en este entorno y la evaluación de los estudiantes, entre otros" (Rambay y De la Cruz, 2020, p. 525).

Competencias digitales

Definimos la competencia digital docente como la "comprensión profunda y el desarrollo de capacidades y actitudes en el ámbito digital para el desempeño de su labor profesional" (Rodríguez et al., 2018, p. 15). La adquisición y el desarrollo de esta competencia trasciende el uso adecuado de las TIC, ya que "requieren un proceso de formación y desarrollo profesional docente cuya planificación es fundamental" (Salinas et al., 2014, p. 147).

Los resultados del análisis de la competencia digital docente dependen del marco conceptual utilizado. Existen varios marcos o modelos; por ejemplo, la Comisión Europea desarrolló en 2017 el Marco Europeo de Competencias Digitales para los Ciudadanos. Asimismo, destacan el modelo TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) y el Marco de Competencias de los Docentes en Materia de TIC, elaborado por la UNESCO, entre otros.

Para establecer un diálogo entre autores sobre las competencias digitales, se toma como referencia el Marco de Competencias de los Docentes en Materia de TIC de la UNESCO, el artículo "Las competencias docentes en el siglo XXI de cara a la virtualidad de la educación con ocasión del COVID-19", de Cecilia Garzón Daza, la investigación "Competencias docentes para los nuevos escenarios de aprendizaje", de Jesús Salinas, Bárbara de Benito y Alexandra Lizana, y el Marco Europeo para la Competencia Digital de los Educadores de la Comisión Europea. El marco de competencias de la UNESCO se basa en la Agenda 2030 y en los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, e incorpora nociones como la sociedad del conocimiento, el desarrollo de las TIC y la brecha digital. Su objetivo es "formar a los docentes en el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la educación" (Organización de las Naciones Unidas et al., 2019, p. 13). La integración eficaz de las TIC depende de la capacidad de los educadores para estructurar el aprendizaje de forma innovadora y combinar tecnología y pedagogía, promoviendo la cooperación y el aprendizaje colaborativo (Organización de las Naciones Unidas et al., 2019, p. 22). Este marco propone el desarrollo de 18 competencias, organizadas en tres niveles con seis aspectos cada uno, para mejorar el manejo y aplicación de las TIC.

Tabla 1. Marco de competencias de los docentes en materia de TIC

Aspecto	Nivel 1 Competencias a desarrollar	Nivel 2 Competencias a desarrollar	Nivel 3 Competencias a desarrollar
Comprensión del papel de las TIC en la educación	Conocimiento de las políticas	Aplicación de las políticas	Innovación de las políticas
Currículo y evaluación	Conocimientos básicos	Aplicación de los conocimientos	Competencias de la sociedad del conocimiento
Pedagogía	Enseñanza potenciada por TIC	Resolución de problemas complejos	Autogestión
Aplicación de competencias digitales	Aplicación	Infusión	Transformación
Organización y administración	Aula estándar	Grupos de colaboración	Organización de aprendizaje
Aprendizaje profesional de los docentes	Alfabetización digital	Creación de redes	El docente como innovador

Fuente. Marco de competencias de los docentes en materia de TIC, UNESCO (Organización de las Naciones Unidas et al., 2019)
Elaboración propia.

En 2017, la Comisión Europea desarrolló el Marco Europeo de Competencias Digitales para los Ciudadanos con el objetivo de "promover la competencia digital de los ciudadanos y estimular la innovación en el ámbito educativo" (Redecker, 2017, p. 7). Este marco busca, de manera específica, "identificar y describir competencias digitales clave para los educadores, proponiendo veintidós competencias fundamentales organizadas en seis áreas" (Redecker, 2017, p. 9).

Las áreas incluidas en el marco son: 1) compromiso profesional, 2) contenidos digitales, 3) enseñanza y aprendizaje, 4) evaluación y retroalimentación, 5) empoderamiento de los estudiantes, y 6) desarrollo de la competencia digital de los estudiantes. Las competencias dentro de estas seis áreas abarcan: comunicación organizativa, colaboración profesional, práctica reflexiva, desarrollo profesional continuo a través de medios digitales, selección, creación y modificación de contenidos, protección, gestión e intercambio de información, enseñanza, orientación y apoyo al aprendizaje, aprendizaje colaborativo, aprendizaje autorregulado, estrategias de evaluación, análisis del aprendizaje, retroalimentación, planificación y toma de decisiones, accesibilidad e inclusión, personalización, compromiso activo de los estudiantes con su aprendizaje, alfabetización informacional y mediática, comunicación, creación de contenido, uso responsable de tecnologías y resolución de problemas.

Tabla 2. Áreas y competencias digitales

Áreas	Competencias
Compromiso profesional	Comunicación organizativa, colaboración profesional, práctica reflexiva, desarrollo profesional continuo a través de medios digitales.
Contenidos digitales	Selección, creación y modificación, protección, gestión e intercambio.
Enseñanza y aprendizaje	Enseñanza, orientación y apoyo en el aprendizaje, aprendizaje colaborativo, aprendizaje autorregulado.
Evaluación y retroalimentación	Estrategias de evaluación, analíticas de aprendizaje, retroalimentación, programación y toma de decisiones.
Empoderamiento de los estudiantes	Accesibilidad e inclusión, personalización, compromiso activo de los estudiantes con su propio aprendizaje.
Desarrollo de la competencia digital de los estudiantes	Información y alfabetización mediática, comunicación, creación de contenido, uso responsable, solución de problemas.

Fuente. Marco Europeo para la Competencia Digital de los Educadores: DigCompEdu. (Redecker, 2017)
Elaboración propia.

En su investigación "Las competencias docentes en el siglo XXI de cara a la virtualidad de la educación con ocasión del COVID-19", Garzón destaca que la educación moderna exige el desarrollo de nuevas competencias centradas en el uso de las TIC. El autor identifica cinco competencias esenciales que los docentes deben desarrollar: "competencia tecnológica, competencia comunicativa, competencia pedagógica, competencia de gestión y competencia investigativa" (Garzón, 2021, p. 182).

En el texto "Competencias docentes para los nuevos escenarios de aprendizaje", los autores, basándose en el modelo Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK), sostienen que las competencias digitales deben integrar el conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenido. El conocimiento tecnológico se refiere a "la capacidad de aprender y adaptarse a las nuevas tecnologías" (Salinas et al., 2014, p. 148). El conocimiento pedagógico se enfoca en la adquisición de habilidades y el desarrollo de hábitos, mientras

que el conocimiento del contenido abarca las teorías, procedimientos y categorías conceptuales de un campo específico. Asimismo, señalan que, dentro de las competencias digitales, "el conocimiento tecnológico no puede desvincularse de la metodología adecuada para los nuevos escenarios de aprendizaje" (Salinas et al., 2014, p. 148).

Importancia de las competencias digitales para la enseñanza de la estadística

En la era digital, la enseñanza de la estadística se ve notablemente potenciada por las competencias digitales de los educadores. Garzón (2021). Estas competencias permiten a los docentes integrar las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en sus metodologías, facilitando la comprensión de conceptos estadísticos complejos mediante herramientas interactivas y visuales. En este contexto, la competencia tecnológica se erige como un pilar esencial para mejorar la calidad educativa en el ámbito de la estadística.

El modelo Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) destaca la importancia de combinar el conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenidos para una enseñanza efectiva (Salinas et al., 2014). En la docencia de la estadística, esto implica que los educadores no solo deben dominar las herramientas tecnológicas, sino también aplicarlas de manera pedagógica y contextualizar su uso para la enseñanza de teorías y métodos estadísticos. La capacidad de adaptar y emplear tecnologías innovadoras en los nuevos escenarios de aprendizaje es crucial para mantener el compromiso de los estudiantes y facilitar su comprensión.

Además, la incorporación de competencias digitales mejora significativamente la evaluación y retroalimentación en la enseñanza de la estadística. Según la Comisión Europea (2017), las estrategias de evaluación y las analíticas de aprendizaje son competencias clave que los docentes deben desarrollar. Estas herramientas digitales permiten realizar evaluaciones más precisas y ofrecer retroalimentación en tiempo real, lo cual es fundamental para identificar áreas de mejora y reforzar el aprendizaje. Asimismo, las plataformas digitales permiten a los docentes gestionar un gran volumen de datos, lo que es particularmente relevante en la enseñanza de esta disciplina.

El empoderamiento de los estudiantes mediante el desarrollo de competencias digitales también es un aspecto esencial. Salinas et al. (2014) sostienen que el conocimiento tecnológico debe estar acompañado de una metodología adaptada a los nuevos escenarios de aprendizaje. En estadística, esto se traduce en el uso de tecnologías que permitan a los estudiantes explorar y analizar datos de manera independiente, a fin de fomentar un aprendizaje activo y autorregulado. De este modo, al adquirir competencias digitales, los estudiantes no solo aprenden estadística de manera más eficaz, sino que también desarrollan habilidades críticas para el análisis de datos, valiosas para su futuro profesional.

Finalmente, la alfabetización digital y mediática es crucial en la enseñanza de la estadística. Garzón (2021) y la Comisión Europea (2017) coinciden en que las competencias comunicativas y de gestión son fundamentales para el desarrollo profesional continuo de los educadores. En el campo de la estadística, esto incluye la capacidad de comunicarse eficazmente mediante herramientas digitales y gestionar recursos educativos en línea. La alfabetización digital permite a los docentes acceder a una amplia gama de recursos didácticos y mantenerse al día de las últimas innovaciones en la enseñanza de la estadística, lo que mejora su práctica educativa y el aprendizaje de sus estudiantes.

MÉTODOS

La investigación tiene un enfoque cualitativo, el cual, según Hernández et al. (2014), "ofrece una perspectiva fresca, natural y holística de los fenómenos, además de brindar flexibilidad" (p. 16). El estudio es de carácter descriptivo, ya que permite "describir fenómenos, situaciones, contextos y eventos; es decir, detallar cómo son y cómo se manifiestan" (Hernández-Sampieri et al., 2014, p. 92). Se llevó a cabo una revisión sistemática de la literatura especializada en temas relacionados con competencias docentes, competencias digitales docentes y tecnologías de la información y la comunicación.

La revisión sistemática siguió las fases propuestas por la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Valverde-Berrococo et al., 2022).

Fase 1. Criterios de elegibilidad y fuentes de información: Se seleccionaron artículos publicados en revistas científicas y tesis de posgrado (maestría y doctorado) entre 2005 y 2021, que incluyeran en su título conceptos como "competencias docentes", "competencias digitales docentes", "tecnologías de la información y comunicación" y "modelos de competencias digitales docentes".

Fase 2. Estrategias de búsqueda: La selección de trabajos académicos se realizó a través de los buscadores Google Académico, Redalyc, Dialnet y Scielo.

Fase 3. Proceso de selección de estudios: La búsqueda inicial arrojó más de 50 artículos, de los cuales se seleccionaron 20, en función de dos criterios: impacto (medido por el número de citas) y orden cronológico (publicaciones recientes dentro del rango establecido en la fase anterior).

Al ser una revisión literaria, no se diseñaron instrumentos específicos ni se seleccionó una población de estudio, ya que es una investigación de carácter netamente bibliográfico. Se realizó una triangulación de la información para garantizar la fiabilidad y validez de las fuentes bibliográficas seleccionadas; esta es una estrategia metodológica clave para asegurar la validez y confiabilidad en la investigación educativa. Según Denzin (1978), la triangulación implica el uso de múltiples métodos, fuentes de datos, investigadores o teorías para abordar una cuestión, lo que permite corroborar los hallazgos y reducir el sesgo. Flick (2018) sostiene que esta estrategia no solo fortalece la credibilidad de los resultados, sino que también proporciona una comprensión más completa del fenómeno al integrar diversas perspectivas y fuentes de información.

Criterios de inclusión y exclusión

Se aplicaron criterios de inclusión y exclusión rigurosos para garantizar la relevancia y calidad de los estudios seleccionados. Los criterios de inclusión abarcaron artículos publicados en revistas científicas indexadas, entre 2005 y 2021, que abordasen específicamente las competencias docentes y su adaptación al uso de las TIC en la enseñanza de la estadística. Se consideraron estudios en inglés y español que utilizaran metodologías cualitativas, cuantitativas o mixtas, y que ofreciesen análisis empíricos o revisiones teóricas sobre el tema. En contraste, se excluyeron aquellos artículos que no estuviesen relacionados directamente con la enseñanza de la estadística, trabajos que no involucrasen el uso de las TIC en contextos educativos, publicaciones duplicadas y estudios que no cumplieran con criterios de rigor metodológico, tales como falta de revisión por pares o ausencia de datos empíricos sólidos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El avance de las tecnologías ha transformado profundamente las relaciones sociales. Carneiro afirma que "las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC) son la principal palanca de transformaciones sin precedentes en el mundo contemporáneo" (2021, p. 14). La educación no ha sido una excepción, y ahora los docentes enfrentan el reto de integrar adecuadamente las TIC en el ámbito educativo. Sin embargo, la relación entre educación y TIC no es automática ni simple.

Para implementar eficazmente los recursos tecnológicos, es fundamental que los docentes posean actitudes y aptitudes favorables hacia el uso de las TIC (Cobos et al., 2019, p. 82). Este conjunto de habilidades y disposiciones, necesarias para el ejercicio profesional, se conocen como competencias. No obstante, las competencias digitales por sí solas no garantizan una mejora educativa, ya que "lo que sucede en el aula es el resultado de la interacción de muchos aspectos que se mezclan e influyen mutuamente" (Rodríguez et al., 2018, p. 23).

Para que los docentes utilicen las TIC de manera adecuada y eficaz en el proceso de enseñanza-aprendizaje, es necesario que desarrollen nuevas competencias, especialmente las digitales. En este contexto, "la competencia digital docente es un aspecto más, pero uno cada día más importante" (Esteve et al., 2018, p. 107). Además, es necesario destacar que no se trata de una única competencia, sino de un conjunto de competencias digitales que deben ser desarrolladas.

No existe un consenso universal sobre cuáles son las competencias docentes necesarias para el uso efectivo de las TIC, ya que esto varía según el modelo de competencias digitales utilizado. Por ejemplo, el Marco de Competencias de los Docentes en TIC, creado por la UNESCO, establece dieciocho competencias, mientras que el Marco Europeo de Competencias Digitales, desarrollado por la Comisión Europea, propone veintidós competencias agrupadas en seis áreas.

Las diferencias entre ambos modelos no radican en el propósito fundamental de las competencias ni en el verbo que las describe, sino más bien en el contexto al que se dirigen. El modelo de la UNESCO abarca las necesidades de los docentes en una variedad de contextos globales, mientras que el modelo de la Comisión Europea se enfoca en las necesidades específicas de los países miembros de la Unión Europea. Sin embargo, ambos comparten el objetivo de equipar a los educadores con un "conjunto de competencias digitales específicas para su profesión, con el fin de aprovechar el potencial de las tecnologías digitales para mejorar e innovar en la educación" (Redecker, 2017, p. 8).

A principios del nuevo milenio, el surgimiento de la sociedad del conocimiento marcó un cambio profundo en la educación, impulsando la enseñanza basada en competencias como una solución ideal en investigaciones y políticas educativas. Con la llegada de la sociedad en red, cuya estructura social se basa en redes de información a través de las TIC, especialmente por medio de Internet (Castells, 2000, p. 18), las políticas públicas y las investigaciones educativas han evolucionado. Hoy en día, gran parte de los esfuerzos se centran en investigar y promover las competencias digitales de los docentes. Aunque esto representa un avance positivo, ha llevado en algunos casos a subestimar otras competencias igualmente importantes:

El mayor interés por la competencia digital docente ha ocasionado un rezago investigativo de las competencias emocionales, que se deben desarrollar a la par de las competencias profesionales para

conseguir una formación integral del docente y lograr un adecuado balance entre lo profesional y lo personal, que permitirá al docente realizar su labor más allá del cumplimiento de un currículo. (Toribio-López y Deroncela-Acosta, 2022, p. 294)

Es fundamental equilibrar el desarrollo de competencias digitales y emocionales en la formación y el crecimiento profesional de los docentes. El énfasis desmedido en las competencias digitales ha ocasionado un descuido en la investigación y promoción de las competencias emocionales, lo que puede tener repercusiones negativas tanto en la práctica docente como en el bienestar personal y educativo. Para lograr una formación integral del docente y un adecuado equilibrio entre lo profesional y lo personal, es esencial reconocer la importancia de las competencias emocionales y fomentar su desarrollo en paralelo a las competencias técnicas. Así, el desarrollo equilibrado de competencias digitales, pedagógicas y emocionales permite al docente enfrentar de manera integral los retos de la educación moderna. En concreto, las competencias emocionales ayudan al docente a trascender las exigencias curriculares y adaptarse a los desafíos diarios del aula, promoviendo un enfoque más humano y flexible en la enseñanza.

CONCLUSIONES

Una habilidad docente se define como "una combinación de comportamientos sociales, emocionales, cognitivos, psicológicos y sensoriales" (Torres et al., 2014, p. 134). La adquisición y mejora de estas habilidades permite a los maestros integrarse al trabajo docente en condiciones más favorables. En la actualidad, en el contexto de la sociedad en red, es imprescindible que los docentes desarrollen nuevas habilidades, entre ellas las habilidades digitales.

Las habilidades digitales docentes tienen como objetivo principal la "aplicación, promoción y utilización de las TIC" en el ámbito educativo (Villarreal-Villa et al., 2019, p. 10). Aunque no existe un consenso absoluto sobre las categorías específicas que deben incluirse en estas habilidades, las diferencias entre los distintos modelos son mínimas.

Según el Marco de Competencias de la UNESCO, las habilidades digitales de los docentes facilitan la integración efectiva de las tecnologías en la educación. Entre las principales competencias digitales se incluyen la alfabetización digital, la creación de redes y la capacidad de innovación docente; estas son competencias relacionadas con la sociedad del conocimiento y la enseñanza potenciadas por las TIC.

La integración efectiva de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la enseñanza de la estadística requiere de un enfoque holístico que abarque tanto las habilidades técnicas como las competencias pedagógicas y emocionales de los docentes. Este estudio enfatiza la importancia de desarrollar competencias digitales específicas para la enseñanza de la estadística y habilidades para diseñar actividades educativas innovadoras, así como la capacidad de adaptarse a los avances tecnológicos. También resalta la necesidad de fomentar un entorno colaborativo y de apoyo entre los docentes para facilitar la adopción exitosa de las TIC en el aula.

La investigación sobre las competencias docentes necesarias para el uso de las TIC en la enseñanza de la estadística proporciona una base sólida para diseñar programas de formación profesional y desarrollo curricular enfocados en fortalecer las habilidades de los educadores en este campo. Los resultados sugieren que el éxito en la integración de las TIC no depende únicamente de la disponibilidad de recursos

tecnológicos, sino también de la adecuada capacitación docente y de un enfoque centrado en el estudiante que promueva la participación activa y el aprendizaje significativo. En última instancia, este estudio contribuye al avance de la educación estadística al identificar las competencias clave que los docentes deben desarrollar para mejorar la calidad y efectividad de su enseñanza en la era digital.

Contribución de los autores: Conceptualización: Fabiola Irene Tituaña Suárez; metodología: Lizbeth Ponce Tituaña; investigación: Henry Verduga Shiguango y Roberto Páez Herrera; redacción y preparación del borrador original: Noralma Quelal González; redacción, revisión y edición: Myriam Tupiza Cumbal.

Fuente de financiamiento: Esta investigación no recibió financiamiento externo.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

REFERENCIAS

- Cano, E. (2005). Competencias de los docentes. En *Cómo mejorar las competencias de los docentes. Guía para la autoevaluación y el desarrollo de las competencias del profesorado* (pp. 1-6). Graó.
- Carneiro, R. (2021). Las TIC y los nuevos paradigmas educativos: La transformación de la escuela en una sociedad que se transforma. En *Los desafíos de las TIC para el cambio educativo* (pp. 14-27). Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI).
- Castells, M. (2000). *Internet y la Sociedad Red*. Conferencia de Presentación del Programa de Doctorado sobre la Sociedad de la Información y el Conocimiento.
- CEPAL. (2013). *Economía digital para el cambio estructural y la igualdad*.
- Cobos, J., Jaramillo, L. y Vinuesa, S. (2019). Las competencias digitales en docentes y futuros profesionales de la Universidad Central del Ecuador. *Revista Cátedra*, 2(1), Article 1.
- Comisión Europea. (2017). *Marco europeo de Competencias Digitales para los Ciudadanos*. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.
- Denzin, N. (1978). *The Research Act: A Theoretical Introduction to Sociological Methods*. McGraw-Hill.
- Esteve, F., Castañeda, L. y Adell, J. (2018). Un modelo holístico de competencia docente para el mundo digital. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 105-116.
- Flick, U. (2018). *An Introduction to Qualitative Research*. SAGE Publications.
- Garzón, C. (2021). Las competencias docentes en el siglo XXI de cara a la virtualidad de la educación con ocasión del Covid-19. *Revista Boletín REDIPE*, 10(5), Article 5.
- González, M. (2021). Competencias digitales del docente de bachillerato ante la enseñanza remota de emergencia. *Apertura*, 13(1), Article 1.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández, C. y Baptista, M. del P. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta edición). McGRAW-HILL. <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- Krüger, K. (2006). El concepto de «sociedad del conocimiento». *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, 11(683), Article 683.
- Organización de las Naciones Unidas, para la Educación y Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2019). *Marco de competencias de los docentes en materia de TIC UNESCO* (Orientaciones educativas 3; Número 3, pp. 1-64). UNESCO.
- Rambay, M. y De la Cruz, J. (2020). Desarrollo de las competencias digitales en los docentes universitarios. *In Crescendo*, 11(4), Article 4.
- Redecker, C. (2017). *Marco Europeo para la Competencia Digital de los Educadores: DigCompEdu*. Prodigioso Volcán.
- Rodríguez, M., Palomero, J., Fernández, M., Fernández, E. y Teruel, M. (2018). La formación del profesorado en educación mediática. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 1-34.
- Salinas, J., De Benito, B. y Lizana, A. (2014). Competencias docentes para los nuevos escenarios de aprendizaje. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 79(28.1), Article 28.1.
- Toribio-López, A. y Deroncele-Acosta, Á. (2022). Competencia humorística docente: definición, modelo y rúbrica de evaluación. *Revista Conrado*, 18(84), Article 84.
- Torres, A., Badillo, M., Valentin, N. y Ramírez, E. (2014). Las competencias docentes: el desafío de la educación superior. *Revista Innovación Educativa*, 14(66), Article 66.
- Valverde-Berrocoso, J., González-Fernández, A. y Acevedo-Borrega, J. (2022). Desinformación y multialfabetización: una revisión sistemática de la literatura. *Revista Científica de Educomunicación*, 70, Article 70.
- Villarreal-Villa, S., García-Guliany, J., Hernández-Palma, H. y Steffens-Sanabria, E. (2019). Competencias docentes y transformaciones en la educación en la era digital. *Revista Formación Universitaria*, 12(6), Article 6.
- Zabalza, M. (2006). Competencias docentes. En *La universidad y la docencia en el mundo de hoy* (p. 142). Pontificia Universidad Javeriana.

Tecnoestrés en usuarios universitarios: caso de estudio

Mario Paguay-García¹, Eduardo Valarezo¹, Edmundo Cabezas-Heredia²

¹Universidad Técnica Particular de Loja, San Cayetano Alto, Loja 1101608, Ecuador

²Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador

Autor para correspondencia: mvpaguay@utpl.edu.ec

Recibido: 2024/07/17

Aprobado: 2024/11/30

DOI: <https://doi.org/10.26621/ra.v1i31.961>

RESUMEN

El presente estudio aborda el fenómeno del tecnoestrés en usuarios universitarios, examinando su impacto en docentes, estudiantes y personal administrativo. Las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) han revolucionado el ámbito educativo, ofreciendo mejoras significativas, pero también desafíos psicológicos como el tecnoestrés. El tecnoestrés se define como la tensión psicológica derivada de la interacción con tecnologías digitales, que afecta a diversos aspectos cognitivos, emocionales y físicos de los individuos. Este estudio se centra en evaluar niveles de tecnoestrés en un entorno universitario, identificando sus dimensiones y factores desencadenantes.

El estudio adoptó un diseño no experimental transversal, empleando un método descriptivo y correlacional. Se utilizó un cuestionario validado de 16 ítems para medir el tecnoestrés, aplicado a una muestra representativa de 51 individuos, entre docentes, estudiantes y personal administrativo de una universidad. Los resultados revelaron que el 66 % de los participantes experimentaron niveles bajos de tecnoestrés, mientras que un 4 % mostró niveles altos. Las dimensiones analizadas incluyeron escepticismo, fatiga, ansiedad e ineficacia, destacando prevalencias variables según cada dimensión. El análisis estadístico confirmó una buena fiabilidad del cuestionario utilizado.

Este estudio resalta la relevancia del tecnoestrés en el contexto universitario y su impacto en el bienestar y el rendimiento académico y laboral de los individuos. Las diferencias de género y edad también influyen en la percepción y manifestación del tecnoestrés, destacando la necesidad de estrategias específicas para mitigar sus efectos negativos. Se recomienda implementar programas de salud mental y promover el uso consciente de las TIC para mejorar el equilibrio entre vida académica y personal.

Palabras clave: tecnoestrés, educación superior, TIC, bienestar tecnología

ABSTRACT

The present study addresses the phenomenon of technostress among university users, examining its impact on faculty, students, and administrative staff. Information and communication technologies (ICT) have revolutionized the educational environment, offering significant improvements, but also psychological challenges such as technostress. Technostress is defined as the psychological strain derived from the interaction with digital technologies, affecting various cognitive, emotional, and physical aspects of individuals. This study focuses on assessing levels of technostress in a university setting, identifying its dimensions and triggering factors.

The study adopted a non-experimental cross-sectional design, employing a descriptive and correlational method. A validated 16-item questionnaire was used to measure technostress, administered to a representative sample of 51 individuals including faculty, students, and administrative staff from a university. Results revealed that 66 % of participants experienced low levels of technostress, while 4 % showed high levels. Dimensions analyzed included skepticism, fatigue, anxiety, and inefficacy, with varying prevalences observed for each dimension. Statistical analysis confirmed good reliability of the questionnaire used.

This study highlights the relevance of technostress in the university context and its impact on the well-being and academic/work performance of individuals. Gender and age differences also influence the perception and manifestation of technostress, highlighting the need for specific strategies to mitigate its negative effects. Implementing mental health programs and promoting conscious use of ICTs are recommended to enhance the balance between academic and personal life.

Keywords: technostress, higher education, ICT, well-being

Mario Paguay-García  orcid.org/0000-0002-1631-3947

Eduardo Valarezo  orcid.org/0000-0001-9958-5042

Edmundo Cabezas-Heredia  orcid.org/0000-0001-5708-0054



INTRODUCCIÓN

La rápida evolución de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) ha transformado significativamente el panorama educativo, especialmente en el ámbito universitario (Rey-Merchán & López-Arquillos, 2022). Las TIC ofrecen amplias posibilidades para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje, beneficiando tanto a docentes como estudiantes en el aspecto cognitivo (Nisafani et al., 2020). Si bien estas herramientas digitales ofrecen oportunidades sin precedentes para la enseñanza, el aprendizaje y la gestión administrativa, su adopción no está exenta de desafíos, y uno de los fenómenos emergentes más destacados es el tecnoestrés (Solis et al., 2023).

El tecnoestrés es la tensión psicológica que resulta de la integración de las TIC en la vida diaria (Dragano & Lunau, 2020). Ertiö et al. (2024) definen el tecnoestrés por primera vez como una enfermedad moderna de adaptación causada por una incapacidad para interactuar con las nuevas tecnologías computacionales de una manera saludable. Weil and Rosen (1997) no consideran el tecnoestrés una enfermedad, sino que lo definen como cualquier impacto negativo (en los planos cognitivo, emocional, fisiológico, actitudinal y conductual) causado directa o indirectamente por la tecnología. En la actualidad, Wang and Zhao (2023) han definido el tecnoestrés como un estado de ansiedad resultante de una evaluación negativa de las habilidades propias para enfrentar las demandas tecnológicas en el trabajo y en la vida cotidiana. Asad et al. (2023) consideran que el tecnoestrés es la tensión y la ansiedad causadas por la sobrecarga de información y la constante exposición a dispositivos electrónicos. Según Cataldo et al. (2023), el tecnoestrés dificulta la capacidad de gestionar eficazmente la avalancha de datos y notificaciones. Estas definiciones recogen la idea de que el tecnoestrés no es simplemente una consecuencia inevitable de la tecnología, sino más bien una respuesta subjetiva que varía según la capacidad de adaptación individual (Riedl, 2022).

La definición del tecnoestrés en el ámbito de la seguridad y la salud ocupacional, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), se centra en el bienestar integral, es decir, a nivel físico, mental y social. Según Gabbiadini et al. (2023), la relevancia de este tema reside en la identificación de factores de riesgo psicosocial, estrés y tecnoestrés que provocan malestar y afectan a la salud. Este enfoque destaca la necesidad de abordar no solo los aspectos físicos, sino también los psicológicos y sociales, para garantizar un entorno laboral saludable.

El tecnoestrés puede tener una serie de impactos psicológicos significativos en los usuarios que experimentan una constante interacción con la tecnología (Khedhaouria et al., 2024). La falta de habilidades personales en el manejo de estas tecnologías y la dificultad para discernir la validez de la información digital han generado efectos negativos (tecnoestrés), que destacan la importancia del uso consciente y crítico de las herramientas tecnológicas en el ámbito educativo (Goebel & Carlotto, 2019). Además, el tecnoestrés puede impactar de diversas maneras en las condiciones de salud y la cotidianidad: bajo rendimiento laboral, problemas físicos (Castillo et al., 2023), ansiedad, problemas del sueño, aumento de errores (Ali et al., 2024), estrés, baja satisfacción laboral, dificultad en las relaciones interpersonales (Kaltenegger et al., 2024).

La constante conectividad y la sobreexposición a la información digital pueden contribuir al aumento de los niveles de estrés y depresión (Tarafdar et al., 2007). Zhang (2023) afirma que la interconexión ininterrumpida con dispositivos electrónicos puede generar una carga psicológica que altera el bienestar mental. Asimismo, la saturación de

información, muchas veces negativa o abrumadora, puede desencadenar tensiones emocionales (Thurik et al., 2024) y la presión de mantenerse actualizado y responder de manera inmediata agrega un componente estresante (Ardèvol-Abreu et al., 2023).

El tecnoestrés ocupacional se ve afectado por dos factores de riesgo fundamentales. Por un lado la tecno-demanda, que genera los siguientes efectos negativos: sobrecarga laboral, rutina monótona, falta de desafíos mentales sostenidos, conflictos de roles y tensiones trabajo-familia; y por otro los tecno-recursos, que contribuyen al aumento de la carga de trabajo, generan estrés y frustración, limitan la capacidad de adaptación a entornos laborales tecnológicamente avanzados e impactan en el rendimiento y el bienestar laboral (Ruiz Domínguez et al., 2019).

El tecnoestrés en estudiantes universitarios es un fenómeno relevante en la era digital. Las constantes demandas tecnológicas, como el uso extensivo de dispositivos electrónicos y plataformas en línea, pueden generar una presión adicional, mientras que la necesidad de mantenerse conectado para acceder a información académica y participar en actividades en línea puede contribuir a la fatiga tecnológica (X. H. Wang et al., 2020). Además, la gestión de múltiples tareas digitales, la presión de cumplir con plazos y la exposición constante a información en línea pueden llevar a niveles elevados de estrés y ansiedad (Cataldo et al., 2023). La falta de límites claros entre el tiempo académico y el personal, así como la dificultad para desconectarse, pueden impactar negativamente en el equilibrio entre estudio y vida social (X. Wang et al., 2020).

El tecnoestrés en docentes universitarios se manifiesta como una preocupación significativa en el entorno académico contemporáneo. La integración creciente de tecnologías educativas y la dependencia hacia las plataformas digitales pueden generar presión adicional en los docentes (Nascimento et al., 2024). Además, la carga de trabajo adicional asociada con la preparación de materiales en línea, la administración de plataformas educativas y la comunicación digital con los estudiantes contribuyen al estrés (X. Wang et al., 2020).

El tecnoestrés en el personal administrativo universitario presenta desafíos específicos relacionados con la rápida evolución de las tecnologías y su integración en la gestión administrativa (Hossain et al., 2021). Guíñez-Pérez et al. (2022) señalan que la dependencia hacia los sistemas digitales, la necesidad de aprender y adaptarse a nuevas plataformas y la presión para mantenerse al día con las demandas tecnológicas pueden generar tensiones. Asimismo, la carga de trabajo asociada con la gestión de datos electrónicos, la comunicación constante a través de medios digitales y la presión para resolver problemas técnicos pueden contribuir al estrés (R. Ayyagari et al., 2011). Así, la naturaleza constante de la conectividad digital puede afectar a los límites entre el trabajo y la vida personal, así como al equilibrio y la salud mental del personal administrativo.

El tecnoestrés, que surge de la tensión generada por la rápida evolución tecnológica y la dificultad para adaptarse, puede llegar a mermar el bienestar de quienes se ven abrumados por las demandas digitales (Abilleira et al., 2020). Este término, desarrollado para describir la tensión psicológica a raíz de la interacción con las tecnologías, ha capturado la atención de investigadores y profesionales de la educación (Willermark et al., 2023), y ha permitido desarrollar habilidades de afrontamiento para los nuevos retos de la era digital (Lu & Wang, 2021). Estos factores, sumados a la necesidad de conocer la presencia y efectos de esta enfermedad en los distintos sectores laborales, han motivado a los autores a realizar este estudio con el objetivo de determinar el nivel de tecnoestrés en personal administrativo, docentes y estudiantes universitarios.

MÉTODOS

Diseño y Tipo de investigación

El estudio es de carácter no experimental, con variables que no fueron manipuladas y una perspectiva transversal en el tiempo, examinando los datos en un único punto. Los datos se analizaron a través del método descriptivo, mediante valores característicos, lo que permitió presentarlos en forma de gráfico o tabla. Esta presentación de datos se refiere a las variables individuales y sus características. El propósito de utilizar este método es explorar el impacto del tecnostres en el ámbito universitario mediante el uso de computadora. También se empleó un enfoque correlacional para establecer la relación entre las variables de interés, utilizando la V de Cramer y variables sociodemográficas. La investigación se llevó a cabo en campo, utilizando técnicas de observación en la población participante del proyecto.

Muestreo

La muestra incluyó a profesores, estudiantes y personal administrativo de una facultad universitaria. La población total fue de 2000 individuos y la muestra calculada de 66 individuos, con un margen de error del 10 % y un nivel de confianza del 90 %.

Instrumento

El test de tecnostres incluyó 16 ítems presentados como enunciados; dichos enunciados fueron evaluados utilizando una escala de 6 puntos, desde 0 a 6. La escala incluyó las siguientes opciones de respuesta: 0 = nunca; 1 = un par de veces al año; 2 = una vez al mes; 3 = un par de veces al mes; 4 = una vez por semana; 5 = un par de veces por semana; 6 = todos los días.

Para asegurar el número de encuestas necesario, según la muestra, se enviaron el 150 % (100 encuestas) de las encuestas necesarias. Las muestras fueron enviadas al azar, divididas equitativamente entre los tres grupos de individuos. Las personas que respondieron al cuestionario sobre tecnostres lo hicieron de manera voluntaria y sin revelar su identidad, asegurando así la confidencialidad de sus respuestas. Se les proporcionó un enlace que dirigía al cuestionario, alojado en Google Forms, junto con una explicación sobre cómo completarlo.

Las preguntas del cuestionario sobre tecnostres se basaron en una escala Likert validada en la norma técnica de prevención (NTP 730); además, el cuestionario incluyó variables sociodemográficas. La Tabla 1 detalla las dimensiones para la evaluación del tecnostres.

Tabla 1. Dimensiones del tecnostres

Dimensión	Elementos	Puntaje
Tecnostres	Suma de P1 a P16	Alto: 65 a 96 Medio: 33 a 64 Bajo: 0 a 32
Escepticismo	Suma de P1 a P4	Alto: De 17 a 24 Medio: 9 a 16 Bajo: 0 a 8
Fatiga	Suma de P5 a P8	Alto: De 17 a 24 Medio: 9 a 16 Bajo: 0 a 8
Ansiedad	Suma de P9 a P12	Alto: De 17 a 24 Medio: 9 a 16 Bajo: 0 a 8
Ineficacia	Suma de P13 a P16	Alto: De 17 a 24 Medio: 9 a 16 Bajo: 0 a 8

Fuente. Los autores

Análisis estadístico

La información obtenida en la encuesta fue descargada y organizada en una hoja de cálculo de Microsoft Excel. Posteriormente, estos datos se transfirieron al programa SPSS V26 (Statistical Package for the Social Sciences, versión 26, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) para comparar la correlación de variables. El análisis del tecnostres se llevó a cabo mediante una prueba piloto de datos; para determinar su confiabilidad se aplicó el coeficiente alfa de Cronbach y la confiabilidad a través del índice Kaiser-Meyer-Olkin (KMO).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de las encuestas enviadas, se obtuvo un total de 51, después de eliminar las que contenían errores. El análisis de las variables sociodemográficas revela una predominancia del género masculino entre los encuestados, un 64.7 % del total (Tabla 2). Este grupo mayoritario se caracteriza, además, por ser jóvenes, usuarios activos de computadoras, lo que sugiere una posible susceptibilidad al tecnostres.

En cuanto a la educación, se destaca que el 98 % de los participantes han alcanzado estudios de cuarto nivel, un nivel educativo considerablemente alto. Por otra parte, los resultados muestran una distribución equitativa entre los grupos (docentes, alumnos y empleados) que respondieron la encuesta; el porcentaje más alto, 39.2%, corresponde al cuerpo docente (Tabla 2). Estos hallazgos reflejan una demografía específica dentro de la muestra, en la que predominan hombres jóvenes con un alto grado de familiaridad con la tecnología y un nivel educativo avanzado.

Tabla 2. Variables sociodemográficas

Género	
Hombres	Mujer
64.7 %	35.3 %
Edad	
De 18 a 28 años	5.9 %
De 29 a 39 años	56.9 %
De 40 a 50 años	31.4 %
Más de 51 años	5.9 %
Nivel de Educación	
Tercer Nivel	2 %
Cuarto Nivel	98 %
Rol	
Alumno	35.3 %
Empleado/Trabajador	25.5 %
Docente	39.2 %

Fuente. Los autores

Los resultados obtenidos a partir del análisis de la variable sociodemográfica relacionada con la edad de los encuestados se muestran en la Figura 1. Se evidencia una distribución equilibrada en cuanto a la edad, con una representación significativa de diferentes grupos etarios. Los resultados muestran que la mayoría de los encuestados se encuentran en rangos de edad comprendidos entre los 29 y los 50 años, lo que indica una amplia diversidad generacional dentro de la muestra. Además, se destaca que existe una proporción considerable de participantes mayores de 29 años, lo que refleja una inclusión de personas de diversas edades en el estudio. Estos hallazgos sugieren que la muestra es representativa de diferentes cohortes

generacionales, factor que enriquece la perspectiva sociodemográfica del estudio.

Según el estudio previo de Czaja et al. (2006), la edad influye en la adopción y el uso de tecnologías; los grupos de mayor edad son más propensos a experimentar tecnoestrés debido a una menor familiaridad con las herramientas digitales, en comparación con los grupos más jóvenes.

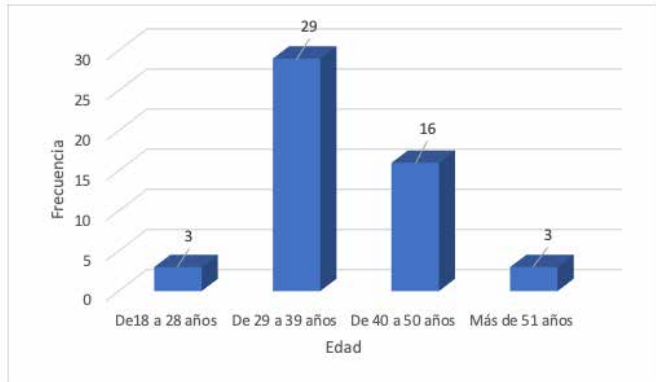


Figura 1. Variable sociodemográfica relacionada con la edad de los encuestados
Fuente. Los autores

La Figura 2 presenta la información sobre la procedencia del tecnoestrés detectado en las personas encuestadas. Se identificó que el 66 % de los encuestados presenta un nivel de tecnoestrés bajo, seguido del 29 %, con nivel medio y un 4 % que presenta un nivel alto. Estos resultados sugieren que la mayoría de las personas encuestadas no experimentan un alto nivel de tecnoestrés. Aunque estos trabajadores interactúan con la tecnología, no sienten que esta sea una fuente significativa de estrés en sus vidas. Esto podría interpretarse como una buena adaptación a las herramientas tecnológicas que utilizan, o tal vez se debe a un contexto laboral o personal que reduce los factores de tecnoestrés. En la literatura, se ha encontrado que los niveles de tecnoestrés varían ampliamente según el contexto y el lugar de trabajo. Ragu-Nathan et al. (2008) identificaron que el nivel de tecnoestrés en empleados de empresas tecnológicas era elevado, con un enfoque especial en factores como la sobrecarga de información y la presión de adaptación a nuevas tecnologías. Tarafdar et al. (2010) encontraron que, en el ámbito educativo, especialmente en personal docente, los niveles de tecnoestrés eran moderados, pero aumentaban en función de la falta de habilidades tecnológicas.

Por otro lado, aunque el porcentaje es bajo, el 4 % con un nivel alto de tecnoestrés merece atención. Este grupo podría estar experimentando sobrecarga o frustración tecnológica, lo cual puede tener implicaciones importantes en su bienestar y su desempeño. La investigación en el área ha identificado varios factores que contribuyen al tecnoestrés. Ramakrishna Ayyagari et al. (2011) señalaron que el aumento en la carga de trabajo debido a la tecnología, así como la complejidad de los sistemas, son causas comunes de tecnoestrés. La baja proporción de personas con alto tecnoestrés en el estudio podría indicar una buena adaptación a las herramientas tecnológicas en el entorno de los encuestados, lo cual contrasta con estudios en entornos más tecnificados o con mayor presión de uso de tecnología. Brivio et al. (2018) encontraron un nivel más alto de tecnoestrés en el ámbito universitario, donde el uso de la tecnología es crítico y constante.

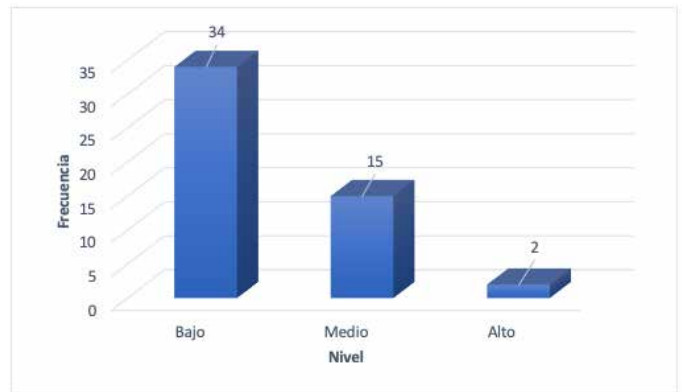


Figura 2. Resultado del tecnoestrés en las personas encuestadas
Fuente. Los autores

Se realizaron análisis exhaustivos de las cuatro dimensiones del tecnoestrés. El resultado del escepticismo se ilustra en la Figura 3. Se encontró que el 58 % de los encuestados muestran un bajo nivel de tecnoestrés, seguido del 29 %, que indican un nivel medio; estos datos son consistentes con estudios que sugieren que una adecuada familiaridad y formación en el uso de tecnologías pueden mitigar los efectos negativos del tecnoestrés (Ragu & Tarafdar, 2008). En otros contextos, como en organizaciones que facilitan capacitaciones continuas, se ha observado que los usuarios muestran una actitud más positiva y menos escepticismo, lo cual coincide con el hallazgo de un nivel bajo de tecnoestrés en la mayoría de las personas encuestadas.

No obstante, alrededor del 11 % de los encuestados mostraron un nivel alto de tecnoestrés, debido a factores como la sobrecarga de tareas y la falta de capacitación, resultado que también se alinea con estudios previos. Ramakrishna Ayyagari et al. (2011) encontraron que la sobrecarga tecnológica es una causa común de tecnoestrés, pues afecta al bienestar emocional y contribuye al escepticismo hacia las TIC. Brivio et al. (2018) mencionan que la reducción del tecnoestrés mediante capacitaciones adecuadas y un ambiente ergonómico contribuye a una percepción positiva de la tecnología.

Además, la presencia de un escepticismo medio-alto sugiere la importancia de mejorar la percepción de las TIC mediante la capacitación sobre sus beneficios y el uso de herramientas informáticas que sean intuitivas y adaptables al contexto de trabajo. Estas alternativas están respaldadas por investigaciones como las de Tarafdar et al. (2010), quienes resaltan la necesidad de adaptar las tecnologías a los usuarios y de ofrecer entrenamiento continuo para reducir la resistencia y mejorar la adopción de tecnologías de manera efectiva.

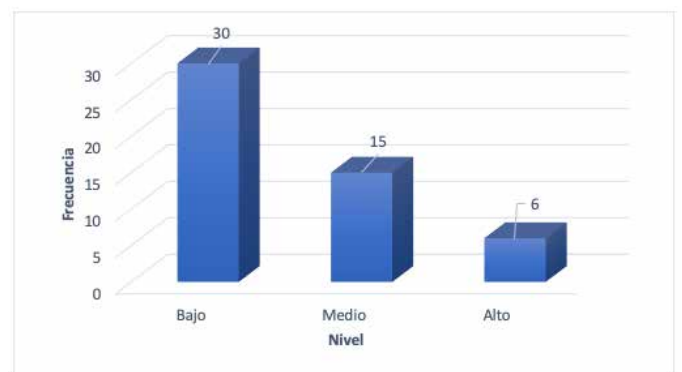


Figura 3. Dimensión del escepticismo hacia el tecnoestrés en las personas encuestadas
Fuente. Los autores

Los hallazgos concernientes a la dimensión “fatiga” en relación con el tecnoestrés, basados en el análisis de los datos de las personas encuestadas, se muestran en la Figura 4. Esta dimensión de fatiga muestra que el 51 % de los encuestados tienen un nivel bajo de tecnoestrés, seguido del 31 %, con un nivel medio, datos positivos que indican que el uso de las tecnologías no está generando un desgaste considerable en la mayoría de las personas. Este hallazgo coincide con estudios previos que sugieren que, cuando se cuenta con una estructura organizativa y recursos tecnológicos adecuados, los niveles de fatiga relacionados con el uso de la tecnología tienden a mantenerse bajos. Según Ragu (2008), una infraestructura de apoyo adecuada y la gestión equilibrada de las demandas tecnológicas en el lugar de trabajo pueden reducir significativamente la fatiga en los usuarios.

Aproximadamente el 17 % de las personas encuestadas tiene un nivel alto de tecnoestrés en esta dimensión; esta información sugiere la presencia de fatiga en un nivel medio-alto y puede indicar una necesidad de intervenciones específicas para aquellos individuos que están experimentando una sobrecarga o un mal manejo de sus horarios de trabajo. Ramakrishna Ayyagari et al. (2011) señalan que la fatiga causada por el uso excesivo de tecnología o la falta de pausas adecuadas puede derivar en problemas de salud a largo plazo.

Además, la propuesta de ejercicios visuales, como el método 20-20-20, es respaldada por estudios que destacan la importancia de pausas regulares para prevenir la fatiga visual y reducir el agotamiento digital (Coles-Brennan et al., 2019). Esta técnica, que implica mirar algo a 20 pies de distancia cada 20 minutos durante 20 segundos, ha demostrado ser eficaz para aliviar el cansancio ocular y mejorar la concentración.

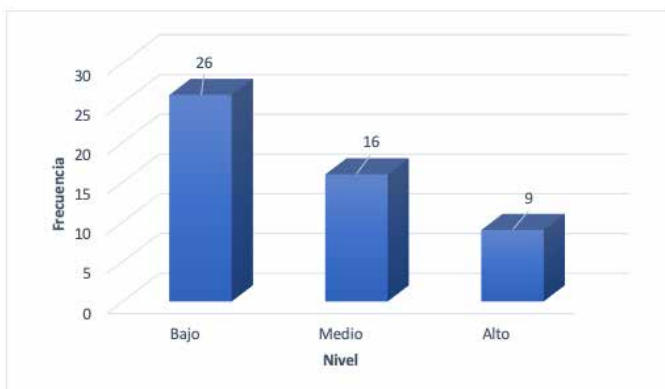


Figura 4. Dimensión fatiga del tecnoestrés en las personas encuestadas
Fuente. Los autores

Los resultados relativos a la ansiedad en el contexto del tecnoestrés, derivados del análisis de las personas encuestadas, se presentan en la Figura 5. En la dimensión de ansiedad, se observa que aproximadamente el 74 % de los encuestados tiene un nivel bajo de tecnoestrés, seguido de un 17 % con un nivel medio, lo cual puede interpretarse como una adaptación positiva a las tecnologías utilizadas. Por tanto, los encuestados no enfrentan una sobrecarga tecnológica y poseen una familiaridad adecuada con las herramientas digitales, lo que reduce el riesgo de estrés tecnológico. Este hallazgo se alinea con estudios previos, como el de Ragu-Nathan et al. (2008), que señalan cómo la integración efectiva de la tecnología y el entrenamiento adecuado disminuyen los niveles de ansiedad en el contexto del tecnoestrés.

Por otra parte, el 7 % de los encuestados muestra un nivel alto de tecnoestrés, que indica que hay un nivel medio-alto de ansiedad

relacionada con el uso de tecnologías, es decir, son un grupo susceptible al impacto emocional de estas herramientas. Según Ramakrishna Ayyagari et al. (2011), la ansiedad en este contexto puede surgir cuando los individuos perciben una amenaza a su estabilidad o una presión para adaptarse rápidamente a las innovaciones tecnológicas. Estos datos invitan a realizar un análisis detallado de los aspectos positivos y negativos asociados con la ansiedad generada por el uso prolongado de computadoras y tecnologías de la información, considerando sus impactos en la salud.

Para este grupo, se recomienda evaluar las prácticas de uso de la tecnología y promover estrategias para reducir la ansiedad, como sesiones de formación, pausas planificadas y técnicas de manejo de estrés. Salanova et al. (2012) indican que el fortalecimiento de la autoeficacia tecnológica y el apoyo organizacional pueden reducir la ansiedad y mejorar la satisfacción con el uso de la tecnología.

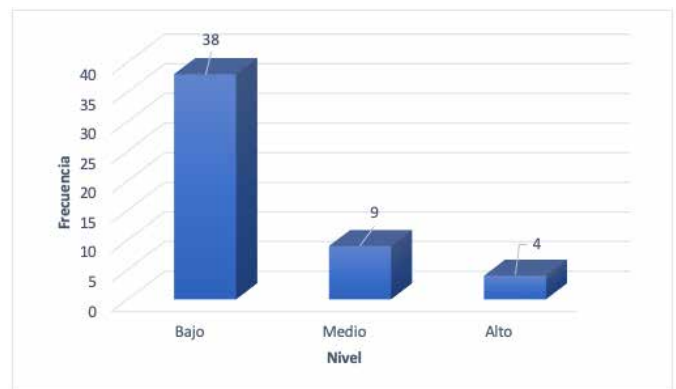


Figura 5. Dimensión ansiedad del tecnoestrés en las personas encuestadas
Fuente. Los autores

Los resultados relativos a la ineficiencia en el contexto del tecnoestrés se muestran en la Figura 6. Aquí se observa que el nivel bajo de ineficiencia abarca aproximadamente el 86 % de los encuestados, en general, dato que sugiere que estos usuarios perciben tener una buena competencia en el uso de tecnologías y no enfrentan grandes dificultades que afecten a su rendimiento. Este hallazgo es positivo, ya que indica que la tecnología, en general, se está utilizando de manera efectiva en sus tareas diarias y no es un obstáculo para la productividad. Estos resultados son consistentes con estudios previos, como el de Ragu-Nathan et al. (2008), que sugiere que una alta competencia en el manejo de herramientas tecnológicas reduce los niveles de tecnoestrés y mejora el rendimiento.

El 14 % presenta un nivel medio, es decir, una ineficiencia de nivel medio-bajo, lo cual sugiere que este grupo podría estar experimentando algunas dificultades que, aunque no sean severas, impactan moderadamente en su eficiencia. La ausencia de niveles altos de ineficiencia indica que, aunque algunos usuarios enfrentan demoras o desafíos moderados, no hay un impacto significativo en la productividad general. Para estos casos, estudios como el de Tarafdar et al. (2010) resaltan la importancia del entrenamiento continuo y el fortalecimiento de habilidades tecnológicas para ayudar a los usuarios a mejorar su eficiencia y confiabilidad en el manejo de sus tareas.

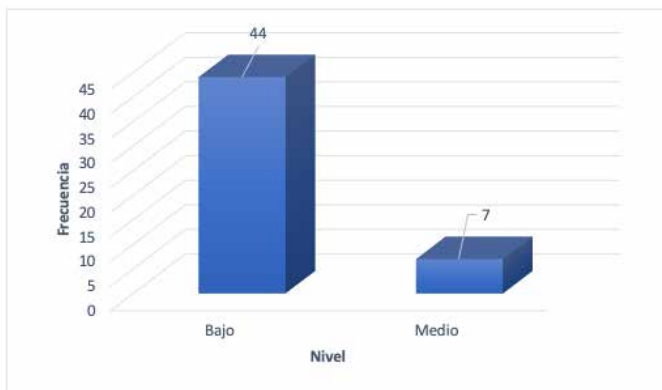


Figura 6. Dimensión de ineficiencia del tecnoestrés de las personas encuestadas Fuente. Los autores

La fiabilidad estadística del test de tecnoestrés se determinó mediante el coeficiente alfa de Cronbach. Para el cálculo, se utilizaron 16 elementos y el resultado fue un valor de 0.893, lo que indica una fiabilidad buena y garantiza que la prueba es confiable. La confiabilidad del test de tecnoestrés se evaluó utilizando el coeficiente de adecuación de la muestra de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO). Se obtuvo un valor de KMO de 0.786, que indica una buena fiabilidad y asegura la confiabilidad del test. Por lo tanto, se concluye que el test de tecnoestrés es confiable para ser aplicado en el contexto de esta investigación.

La correlación entre las variables género y el tecnoestrés, evaluada mediante el coeficiente V de Cramer, se presenta en la Tabla 3. El análisis de variables de nuestro estudio en relación con el género revela patrones en el contexto laboral y muestra una asociación moderada entre el tecnoestrés y el escepticismo con el género. Pocinho and Garcia (2008) indican que los hombres tienden a experimentar niveles medios y altos de estrés tecnológico y a mostrar actitudes más críticas hacia las nuevas tecnologías, en comparación con las mujeres. Mientras que el estudio realizado por (Sandoval, 2017) establece que las mujeres pueden experimentar niveles más altos de estrés y fatiga debido a las múltiples responsabilidades del hogar y el trabajo. Riedl (2022) menciona que, en algunos entornos, las mujeres pueden percibir una falta de apoyo en el uso de las TIC, lo que incrementa su vulnerabilidad al tecnoestrés e impacta en su bienestar físico y emocional.

Tabla 3. Correlación entre género y tecnoestrés con sus dimensiones

Denominación	Hombres			Mujeres			V de Cramer
	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	
Género - Tecnoestrés	21	11	1	13	4	1	0.126
Género - Escepticismo	18	11	4	12	4	2	0.124
Género - Fatiga	17	11	5	9	5	4	0.094
Género - Ansiedad	25	6	2	13	3	2	0.090
Género - Ineficacia	28	5	0	16	2	0	0.056

Fuente. Los autores

Por otro lado, la fatiga y la ansiedad presentan una asociación más débil con el género, con una leve tendencia hacia que las mujeres reporten niveles medios y altos en estos aspectos. Aunque la relación es menos

pronunciada, se observa que estas variables impactan de manera más significativa a las mujeres en comparación con los hombres. La Torre et al. (2020) señalan que las mujeres podrían enfrentar desafíos adicionales relacionados con la fatiga y la ansiedad en ciertos entornos laborales.

La ineficacia muestra una asociación muy débil con el género; ambos sexos perciben niveles bajos de ineficacia de manera similar. Mientras que un estudio realizado por Riedl (2012) indica que tanto hombres como mujeres perciben niveles similares de competencia y eficacia en el trabajo, hecho que puede ser atribuible a cambios en las dinámicas laborales y a la evolución de los roles de género en las últimas décadas. Estos resultados resaltan la importancia de considerar las diferencias de género al diseñar estrategias de gestión del estrés, promoción del bienestar y mejora del rendimiento en el lugar de trabajo.

La correlación entre las variables edad y tecnoestrés, junto con sus dimensiones, evaluada mediante el coeficiente V de Cramer, se muestra en la Tabla 4. El análisis, con base en el coeficiente V de Cramer, describe que el tecnoestrés, el escepticismo, la fatiga, la ansiedad y la ineficacia muestran un efecto bajo en relación con la variable edad en adultos jóvenes. Sin embargo, hay una prevalencia significativa de tecnoestrés y fatiga en una frecuencia media-alta, mientras que el escepticismo también se destaca, con una incidencia notable en esta misma frecuencia. Por otro lado, la ansiedad se presenta de manera sustancial en una frecuencia media-baja, al igual que la ineficacia. El estudio realizado por Tarafdar (2007) destaca una prevalencia significativa de tecnoestrés en frecuencias medias-altas entre adultos jóvenes, lo cual coincide con hallazgos previos que sugieren que este grupo puede ser especialmente vulnerable a las tensiones asociadas con el uso intensivo de la tecnología en el trabajo.

Tabla 4 Correlación entre edad y tecnoestrés con sus dimensiones

Denominación	Rango de edad de 18 a 28 años			Rango de edad de 29 a 39 años			Rango de edad de 40 a 50 años			Mayores de 51 años			V de Cramer
	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	
Edad - Tecnoestrés	1	2	0	21	7	1	10	5	1	2	1	0	0.168
Edad - Escepticismo	1	2	0	19	7	3	8	5	3	2	1	0	0.197
Edad - Fatiga	2	1	0	13	11	5	8	4	4	3	0	0	0.219
Edad - Ansiedad	1	2	0	12	10	6	8	3	5	4	0	0	0.217
Edad - Ineficacia	2	1	0	26	3	0	14	2	0	2	1	0	0.210

Fuente. Los autores

Investigaciones adicionales han identificado que el tecnoestrés puede estar relacionado con la falta de habilidades tecnológicas adecuadas, la sobrecarga de información y la constante necesidad de adaptarse a nuevas tecnologías (Ragu-Nathan et al. (2008). R. Ayyagari et al. (2011) establecen que factores como la percepción de control sobre la tecnología y el apoyo organizacional juegan un papel crucial en mitigar los efectos negativos del tecnoestrés en las personas de mayor rango de edad. Finalmente, Cheng et al. (2023) consideran que es importante entender cómo el tecnoestrés se manifiesta en adultos jóvenes para desarrollar intervenciones efectivas que promuevan un entorno laboral saludable y productivo.

La correlación entre la variable nivel de estudio y tecnoestrés, junto con sus dimensiones, evaluada mediante el coeficiente V de Cramer, se presenta en la

Tabla 5. Mientras que el nivel de estudios puede influir de manera significativa en la percepción de fatiga y escepticismo, posiblemente relacionados con las demandas académicas o laborales, las asociaciones con ansiedad e ineficiencia son menos claras y podrían estar influenciadas por otros factores.

Tipo de Trabajo	17	1	0	9	4	0	18	2	0	0.295
- Ineficacia										

Fuente. Los autores

Se observa que el tecnoestrés muestra una asociación moderada y es más pronunciado en estudiantes y docentes, en comparación con empleados. El escepticismo también presenta una asociación notable; es más prevalente entre docentes y empleados. El estudio realizado por Syvanen señala la asociación significativa de escepticismo entre docentes y empleados (Syvänen et al., 2016). Dong indica posibles diferencias en la percepción crítica hacia políticas organizacionales o expectativas profesionales, lo cual se alinea con investigaciones que han examinado la percepción de justicia organizacional y satisfacción laboral según el tipo de empleo (Dong et al., 2020). Por otro lado, la fatiga muestra la asociación más fuerte, más elevada entre empleados y docentes que entre estudiantes. La ansiedad también exhibe una asociación significativa, con niveles más altos entre empleados y docentes.

Finalmente, la ineficacia muestra una asociación considerable, más pronunciada entre empleados. Un estudio destaca cómo las demandas y responsabilidades específicas de cada tipo de trabajo pueden influir de manera diferencial en el bienestar psicológico; así se subraya la importancia de enfoques personalizados para la gestión del estrés y la promoción del bienestar en entornos educativos y laborales (Umair et al., 2023).

Tabla 5. Correlación entre nivel de estudios y tecnoestrés con sus dimensiones

Denominación	Tercer Nivel			Cuarto Nivel			V de Cramer
	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	
	Nivel de Estudios – Tecnoestrés	1	0	0	33	15	
Nivel de Estudios – Escepticismo	1	0	0	29	15	6	0.118
Nivel de Educación – Fatiga	1	0	0	25	16	9	0.139
Nivel de estudios – Ansiedad	1	0	0	37	9	4	0.083
Nivel de estudios – Ineficacia	1	0	0	43	7	0	0.056

Fuente. Los autores

Se observa que el nivel de estudios muestra efectos de magnitud variable según el coeficiente V de Cramer; la fatiga es la dimensión con la asociación más fuerte, seguida por el escepticismo. El estudio realizado por Marchiori destaca que los niveles educativos más altos pueden estar asociados con mayores demandas cognitivas o laborales, que a su vez pueden contribuir a mayores niveles de fatiga o actitudes críticas hacia ciertos contextos (Marchiori et al., 2019). Mientras que la ansiedad e ineficiencia muestran asociaciones insignificantes, la literatura menciona que individuos con trastornos de ansiedad pueden mostrar asociaciones más fuertes entre la ansiedad y la ineficiencia en comparación con individuos sanos (Jurek et al., 2021).

La correlación entre la variable tipo de trabajo y tecnoestrés, junto con sus dimensiones, evaluada mediante el coeficiente V de Cramer, se presenta en la Tabla 6. Los datos muestran relaciones significativas entre el tipo de trabajo (estudiante, empleado, docente) y diversas dimensiones psicológicas evaluadas mediante el coeficiente V de Cramer. El estudio realizado por Ozgur en el año 2020 expone que los empleados en entornos corporativos pueden enfrentar presiones relacionadas con la productividad digital y la interrupción constante debido a la comunicación electrónica, mientras que los estudiantes pueden enfrentar estrés asociado con el manejo de múltiples plataformas educativas y la presión de los plazos de entrega Özgür (2020).

Tabla 6. Correlación entre tipo de trabajo y tecnoestrés con sus dimensiones

Denominación	Estudiante			Empleado			Docente			V de Cramer
	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	
	Tipo de Trabajo – Tecnoestrés	12	4	2	0	5	0	14	6	
Tipo de Trabajo – Escepticismo	9	5	4	8	5	0	13	5	2	0.202
Tipo de Trabajo – Fatiga	11	2	5	6	4	3	9	10	1	0.284
Tipo de Trabajo – Ansiedad	14	1	3	9	4	0	15	4	1	0.241

CONCLUSIONES

El estudio revela que el uso de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) no ha causado un incremento significativo en el estrés tecnológico entre los usuarios. Este hallazgo indica una posible adaptación efectiva de las personas a las exigencias tecnológicas en sus contextos de trabajo y estudio, posiblemente atribuible a una mayor alfabetización digital, al acceso a capacitación y a un diseño más intuitivo de las interfaces tecnológicas.

Los datos analizados indican que las personas de mayor edad presentan una mayor propensión a experimentar tecnoestrés en sus entornos laborales. Esta tendencia podría atribuirse a varios factores, entre ellos, una menor familiaridad y experiencia con las nuevas tecnologías, una velocidad de aprendizaje tecnológica más lenta y una menor flexibilidad para adaptarse a los cambios rápidos en las herramientas digitales. Estos aspectos sugieren que los trabajadores de mayor edad podrían beneficiarse de programas de capacitación tecnológica más específicos y de apoyo adaptado, lo que podría mejorar su adaptación y reducir los niveles de estrés asociados al uso de las TIC en el trabajo.

Se observa que las personas jóvenes son menos propensas a experimentar niveles elevados de tecnoestrés debido a su capacidad para adaptarse rápidamente a las TIC. La familiaridad con la tecnología desde edades tempranas y su flexibilidad para aprender nuevas herramientas parecen facilitar una integración natural de las TIC en sus actividades diarias, reduciendo así las tensiones y el estrés asociados al uso intensivo de tecnología en entornos académicos y laborales.

El estudio sugiere implementar programas de capacitación continua enfocados en el desarrollo de competencias digitales específicas para cada grupo (personal administrativo, estudiantes y profesores). Estos programas deben incluir no solo el aprendizaje de herramientas tecnológicas esenciales, sino también el fortalecimiento de habilidades de resiliencia, como estrategias de afrontamiento y manejo del cambio.

Es importante implementar políticas institucionales que promuevan el equilibrio entre el uso de tecnología y la salud mental. Por ello, se recomienda integrar programas de formación continua en habilidades tecnológicas y técnicas de manejo del estrés, así como establecer políticas claras de desconexión digital para fomentar un ambiente laboral y educativo más saludable.

Facilitar el uso de las TIC a través de interfaces intuitivas y ergonómicas, adaptadas a las necesidades de cada grupo de usuarios, puede reducir la sobrecarga cognitiva y, por tanto, el tecnoestrés.

Además, implementar un sistema de soporte técnico ágil y accesible, con asistencia personalizada, resolverá problemas tecnológicos de manera rápida y disminuirá la frustración. Esta estrategia, acompañada de horarios de uso balanceados y prácticas de desconexión digital, también ayudará a reducir la presión tecnológica en el entorno universitario.

No obstante, la implementación de estas estrategias en las universidades puede enfrentar diversas limitaciones, entre ellas la disponibilidad de recursos financieros y humanos suficientes para llevar a cabo capacitaciones especializadas y soporte técnico personalizado. Además, la variabilidad en las competencias tecnológicas y la resistencia al cambio de ciertos grupos (especialmente entre personal administrativo y algunos profesores) podría dificultar la efectividad de los programas.

Agradecimientos: Extendemos nuestro agradecimiento a los estudiantes, docentes y administrativos que han contribuido significativamente al desarrollo de este estudio. Sin su apoyo, este trabajo no hubiera sido posible.

Contribución de los autores: Conceptualización: Paguay-García, Valarezo; metodología: Paguay-García; validación: Paguay-García, Valarezo; análisis formal: Paguay-García, Cabezas-Heredia; investigación: Paguay-García; recursos: Paguay-García, Cabezas-Heredia, Valarezo; curación de datos: Paguay-García, Valarezo; redacción y preparación del borrador original: Paguay-García, Valarezo; redacción, revisión y edición: Paguay-García, Valarezo; visualización: Paguay-García. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del documento”.

Fuente de financiamiento: Esta investigación no recibió financiamiento externo.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

REFERENCIAS

- Abilleira, M. P., Rodicio-García, M. L., Ríos-de-Deus, M. P., & Mosquera-Gonzalez, M. J. (2020). Technostress in Spanish University Students: Validation of a Measurement Scale. *Frontiers in Psychology, 11*, 582317. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.582317>
- Ali, F., Yasar, B., Khan, U., Ali, L., & Ryu, K. (2024). Can the compulsive use of e-learning lead to lower academic performance? The role of technology fatigue and technostress in hospitality and tourism students. *Journal of Hospitality, Leisure, Sport & Tourism Education, 34*, 100478. <https://doi.org/10.1016/j.jhlste.2024.100478>
- Ardévol-Abreu, A., Delponti, P., Bonache, H., & Rodríguez-Wangüemert, C. (2023). Mobile Instant Messaging Uses and Technostress: A Qualitative Approach. *International Journal of Human-Computer Interaction, 39*(15), 3003-3015. <https://doi.org/10.1080/10447318.2022.2090525>
- Asad, M. M., Erum, D., Churi, P., & Moreno Guerrero, Antonio J. (2023). Effect of technostress on Psychological well-being of post-graduate students: A perspective and correlational study of Higher Education Management. *International Journal of Information Management Data Insights, 3*(1), 100149. <https://doi.org/10.1016/j.jjime.2022.100149>
- Ayyagari, R., Grover, V., & Purvis, R. (2011). Technostress: Technological antecedents and implications. *MIS quarterly, 831-858*.
- Ayyagari, R., Grover, V., & Purvis, R. (2011). Technostress: Technological antecedents and implications [Article]. *MIS Quarterly: Management Information Systems, 35*(4), 831-858. <https://doi.org/10.2307/41409963>
- Brivio, E., Gaudio, F., Vergine, I., Mirizzi, C. R., Reina, C., Stellari, A., & Galimberti, C. (2018). Preventing technostress through positive technology. *FRONTIERS IN PSYCHOLOGY, 9*, 2569.
- Castillo, J. M., Galy, E., & Théroutane, P. (2023). Le Technostress et sa relation avec la charge mentale en contexte professionnel. *Psychologie du Travail et des Organisations, 29*(4), 197-213. <https://doi.org/10.1016/j.pto.2023.06.001>
- Cataldo, A., Bravo-Adasme, N., Araya, P., & Ormeño, V. (2023). Why university students are technostressed with remote classes: Study-Family conflict, satisfaction with university life, and academic performance. *Telematics and Informatics, 80*, 101982. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2023.101982>
- Cheng, X., Huang, X., Yang, B., & Xiao, Y. (2023). Unveiling the paradox of technostress: Impacts of technology-driven stressors on the elderly's avoidance behaviors. *Information & Management, 60*(8), 103875. <https://doi.org/10.1016/j.im.2023.103875>
- Coles-Brennan, C., Sulley, A., & Young, G. (2019). Management of digital eye strain. *Clinical and experimental Optometry, 102*(1), 18-29.
- Czaja, S. J., Charness, N., Fisk, A. D., Hertzog, C., Nair, S. N., Rogers, W. A., & Sharit, J. (2006). Factors predicting the use of technology: findings from the Center for Research and Education on Aging and Technology Enhancement (CREATE). *Psychology and aging, 21*(2), 333.
- Dong, Y., Xu, C., Chai, C. S., & Zhai, X. (2020). Exploring the structural relationship among teachers' technostress, technological pedagogical content knowledge (TPACK), computer self-efficacy and school support. *The Asia-Pacific Education Researcher, 29*, 147-157. <https://doi.org/10.1007/s40299-019-00461-5>
- Dragano, N., & Lunau, T. (2020). Technostress at work and mental health: concepts and research results. *CURRENT OPINION IN PSYCHIATRY, 33*(4), 407-413. <https://doi.org/10.1097/YCO.0000000000000613>
- Ertiö, T., Eriksson, T., Rowan, W., & McCarthy, S. (2024). The role of digital leaders' emotional intelligence in mitigating employee technostress. *Business Horizons, 67*(4), 399-409. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2024.03.004>
- Gabbiadini, A., Paganin, G., & Simbula, S. (2023). Teaching after the pandemic: The role of technostress and organizational support on intentions to adopt remote teaching technologies. *Acta Psychologica, 236*, 103936. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2023.103936>
- Goebel, D. K., & Carlotto, M. S. (2019). Predictors of Technostress in distance education teachers. *REVISTA TECNOLOGIA E SOCIEDADE, 15*(38), 229-241. <https://doi.org/10.3895/rt.v15n38.8475>
- Guiñez-Pérez, M., Araya-Guzmán, S., & Salazar-Concha, C. (2022).

- Exploring factors that affect technological anxiety (technoanxiety) of university administrative staff. Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI. DOI: 10.23919/CISTI54924.2022.9820599
- Hossain, M. E., Mahmud, I., & Idrus, R. M. (2021). Modelling end users' continuance intention to use information systems in academic settings: Expectation-confirmation and stress perspective [Review]. *Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management*, 16, 371-395. <https://doi.org/10.28945/4841>
- Jurek, P., Olech, M., & Brycz, H. (2021). Perceived technostress while learning a new mobile technology: Do individual differences and the way technology is presented matter? *s(3)*, 197-212. <https://doi.org/10.14254/1795-6889.2021.17-3.2>
- Kaltenegger, H. C., Marques, M. D., Becker, L., Rohleder, N., Nowak, D., Wright, B. J., & Weigl, M. (2024). Prospective associations of technostress at work, burnout symptoms, hair cortisol, and chronic low-grade inflammation. *Brain, Behavior, and Immunity*, 117, 320-329. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2024.01.222>
- Khedhaouria, A., Montani, F., Jamal, A., & Hussain Shah, M. (2024). Consequences of technostress for users in remote (home) work contexts during a time of crisis: The buffering role of emotional social support. *Technological Forecasting and Social Change*, 199, 123065. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.123065>
- La Torre, G., De Leonardis, V., & Chiappetta, M. (2020). Technostress: how does it affect the productivity and life of an individual? Results of an observational study. *Public health*, 189, 60-65. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2020.09.013>
- Lu, L., & Wang, X. (2021). Technostress inhibitors and creators and their impacts on university teachers' work performance in higher education. *Cognition, Technology & Work*, 23(2), 315-330. <https://doi.org/10.1007/s10111-020-00625-0>
- Marchiori, D. M., Mainardes, E. W., & Rodrigues, R. G. (2019). Do individual characteristics influence the types of technostress reported by workers? *International Journal of Human-Computer Interaction*, 35(3), 218-230. <https://doi.org/10.1080/10447318.2018.1449713>
- Nascimento, L., Correia, M. F., & Califf, C. B. (2024). Towards a bright side of technostress in higher education teachers: Identifying several antecedents and outcomes of techno-eustress. *Technology in Society*, 76, 102428. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102428>
- Nisafani, A. S., Kiely, G., & Mahony, C. (2020). Workers' technostress: a review of its causes, strains, inhibitors, and impacts. *Journal of Decision Systems*, 29(sup1), 243-258. <https://doi.org/10.1080/12460125.2020.1796286>
- Özgür, H. (2020). Relationships between teachers' technostress, technological pedagogical content knowledge (TPACK), school support and demographic variables: A structural equation modeling. *COMPUTERS IN HUMAN BEHAVIOR*, 112, 106468. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106468>
- Pocinho, M. D., & Garcia, J. C. (2008). Psychosocial impact of information and communication technologies (ICT): technostress, physical damage and professional satisfaction. *Acta Colombiana de Psicología*, 11(2), 127. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-91552008000200012&script=sci_abstract
- Ragu-Nathan, T., Tarafdar, M., Ragu-Nathan, B. S., & Tu, Q. (2008). The consequences of technostress for end users in organizations: Conceptual development and empirical validation. *INFORMATION SYSTEMS RESEARCH*, 19(4), 417-433.
- Ragu, N. t. (2008). The consequences of technostress for end users in organizations: Conceptual development and empirical validation. 397-521. <https://doi.org/10.1287/isre.1070.0165>
- Ragu, N. t., & Tarafdar, M. (2008). The consequences of technostress for end users in organizations: Conceptual development and empirical validation. 19(4), 397-521. <https://doi.org/10.1287/isre.1070.0165>
- Rey-Merchán, M. D., & López-Arquillos, A. (2022). Occupational Risk of Technostress Related to the Use of ICT among Teachers in Spain. *SUSTAINABILITY*, 14(14), Article 8746. <https://doi.org/10.3390/su14148746>
- Riedl, R. (2012). On the biology of technostress: literature review and research agenda. *ACM SIGMIS database: the DATABASE for advances in information systems*, 44(1), 18-55. <https://doi.org/10.1145/2436239.243624>
- Riedl, R. (2022). On the stress potential of videoconferencing: definition and root causes of Zoom fatigue. *ELECTRONIC MARKETS*, 32(1), 153-177. <https://doi.org/10.1007/s12525-021-00501-3>
- Ruiz Domínguez, V. E., Ríos-Manríquez, M., & Sánchez-Fernández, M. D. (2019). Work Techno-resources and its impact on Technostress: a case study. *International Journal of Innovation*, 7(2), 299-311. <https://doi.org/10.5585/iji.v7i2.247>
- Salanova, M., Lorente, L., & Martínez, I. M. (2012). The dark and bright sides of self-efficacy in predicting learning, innovative and risky performances. *The Spanish journal of psychology*, 15(3), 1123-1132. https://doi.org/doi.org/10.5209/rev_SJOP.2012.v15.n3.39402
- Sandoval, J. G. (2017). *Efecto de los recursos de la organización en la relación entre estrés laboral y distanciamiento psicológico del trabajo: una perspectiva multidimensional*. Universidad EAN]. Bogotá.
- Solis, P., Lago-Urbano, R., & Castelao, S. R. (2023). Factors That Impact the Relationship between Perceived Organizational Support and Technostress in Teachers. *BEHAVIORAL SCIENCES*, 13(5), Article 364. <https://doi.org/10.3390/bs13050364>
- Syvänen, A., Mäkinen, J.-P., Syrjä, S., Heikkilä-Tammi, K., & Viteli, J. (2016). When does the educational use of ICT become a source of technostress for Finnish teachers? Seminar. net,
- Tarafdar, M., Tu, Q., Ragu-Nathan, & TS. (2010). Impact of technostress on end-user satisfaction and performance. *Journal of Management Information Systems*, 27(3), 303-334. <https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222270311>
- Tarafdar, M., Tu, Q., Ragu-Nathan, B. S., & Ragu-Nathan, T. S. (2007). The Impact of Technostress on Role Stress and Productivity. *Journal of Management Information Systems*, 24(1), 301-328. <https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222240109>
- Thurik, R., Benzari, A., Fisch, C., Mukerjee, J., & Torrès, O. (2024). Techno-overload and well-being of French small business owners: identifying the flipside of digital technologies. *Entrepreneurship & Regional Development*, 36(1-2), 136-161. <https://doi.org/10.1080/08985626.2023.2165713>
- Umar, A., Conboy, K., & Whelan, E. (2023). Examining technostress and its impact on worker well-being in the digital gig economy. *Internet Research*, 33(7), 206-242. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/INTR-03-2022-0214/full/html>
- Wang, Q., & Zhao, G. Q. (2023). Exploring the influence of technostress creators on in-service teachers' attitudes toward ICT and ICT adoption intentions. *BRITISH JOURNAL OF EDUCATIONAL TECHNOLOGY*, 54(6), 1771-1789. <https://doi.org/10.1111/bjet.13315>
- Wang, X., Tan, S. C., & Li, L. (2020). Technostress in university students' technology-enhanced learning: An investigation from multidimensional person-environment misfit. *COMPUTERS IN HUMAN BEHAVIOR*, 105, 106208. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106208>

chb.2019.106208

- Wang, X. H., Tan, S. C., & Li, L. (2020). Technostress in university students' technology-enhanced learning: An investigation from multidimensional person-environment misfit [106208]. *COMPUTERS IN HUMAN BEHAVIOR*, *105*, 106208, Article 106208. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.106208>
- Weil, M. M., & Rosen, L. D. (1997). *Technostress: Coping with technology@work@home@play* (Vol. 13). J. Wiley New York.
- Willermark, S., Högberg, K., & Nilsson, P. (2023). Exploring technostress in disruptive teaching practices. *INTERNATIONAL JOURNAL OF WORKPLACE HEALTH MANAGEMENT*, *16*(4), 328-343. <https://doi.org/10.1108/IJWHM-10-2022-0161>
- Zhang, H. (2023). Technostress, Academic Self-Efficacy, and Resistance to Innovation: Buffering Roles of Knowledge Sharing Culture and Constructive Deviant Behavior. *Psychology Research and Behavior Management*, *16* (null), 3867-3881. <https://doi.org/10.2147/PRBM.S424396>

La importación de vehículos: un beneficio desconocido para las personas con discapacidad

Yolanda Liliana Bejarano Muñoz^{1*}, Héctor Esteban Garrido Salazar²

¹Pontificia Universidad Católica del Ecuador Ibarra

*Autor para correspondencia: ybejarano@pucesi.edu.ec

Recibido: 2024/07/2

Aprobado: 2024/11/30

DOI: <https://doi.org/10.26621/ra.v1i31.955>

RESUMEN

El estudio revisa el proceso de importación de vehículos para personas con discapacidad en Ecuador, analizando los desafíos y el panorama actual de este proceso. Durante el siglo XIX, se fundaron instituciones para personas con discapacidad y se crearon movimientos que abogaban por los derechos y la equidad de estas personas. En los años 90 se aprobó la Ley de Estadounidenses con Discapacidades (ADA), marcando un hito importante en la igualdad de acceso y oportunidades para esta población. A mediados del siglo XX, en el Ecuador, se comienza a dar más importancia a sus derechos y se crean instituciones de ayuda, pero que carecían de recursos y condiciones adecuadas. En los años 70 se fundó la Federación Nacional de Organizaciones para Personas con Discapacidad del Ecuador (FENASEP) y en 1992 se aprobó la Ley sobre Discapacidades, que sentó las bases para la creación del Consejo Nacional de Discapacidades (CONADIS). En 2012 se emitió una nueva ley para garantizar la inclusión social, laboral y educativa. En este sentido, se enfatiza la importancia de importar vehículos adaptados para mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad y promover una mayor integración social. El estudio analiza los desafíos que tienen que enfrentar las personas con discapacidad y el desconocimiento que existe acerca de la oportunidad de obtener este beneficio. Así, el objetivo de esta investigación es identificar los beneficios, examinar las ventajas que ofrece la importación de vehículos para personas con discapacidad, analizar las barreras existentes y evaluar el impacto social y económico, con el fin de avanzar hacia una sociedad más inclusiva, donde las personas con discapacidad tengan igualdad de oportunidades y los mismos derechos que el resto de la población, contribuyendo a la inclusión laboral, educativa o social. La investigación es de carácter cualitativo. Para la obtención de los datos se consideraron opiniones de profesionales del área de estudio y la experiencia de personas que realizaron procesos de importación de vehículos. En conclusión, el artículo enfatiza la importancia de desarrollar estrategias que faciliten los procedimientos de importación de vehículos adaptados a personas con discapacidad, promoviendo de esta manera la inclusión y el bienestar social.

Palabras clave: importación de vehículos, personas con discapacidad, exención de aranceles, inclusión social

ABSTRACT

The study reviews the process of importing vehicles for people with disabilities in Ecuador, analyzing the challenges and the outlook of this process. During the 19th century, institutions for people with disabilities were founded and movements were created to advocate for the rights and equity of people with disabilities. In the 1990s, the Americans with Disabilities Act (ADA) was passed, marking an important milestone in equal access and opportunity for this population. In the mid-twentieth century, in Ecuador, more importance began to be given to their rights, and institutions were created to help them, but they lacked adequate resources and conditions. In the 1970s, the National Federation of Organizations for Persons with Disabilities of Ecuador (FENASEP) was founded and in 1992 the Law on Disabilities was passed, which laid the groundwork for the creation of the National Council on Disabilities (CONADIS). In 2012 a new law was issued to guarantee social, labor, and educational inclusion. In this regard, it emphasizes the importance of importing adapted vehicles to improve the quality of life of people with disabilities and promote greater social integration. The study analyzes the challenges faced by people with disabilities and the lack of knowledge about the opportunity to obtain this benefit. Thus, the objective of this research is to move toward a more inclusive society, where people with disabilities have equal opportunities and the same rights as the rest of the population. The research is qualitative in nature. To obtain the data, the opinions of professionals in the area of study and the experience of people who have carried out vehicle importation processes were considered. In conclusion, the article emphasizes the importance of developing strategies to facilitate the procedures for importing vehicles adapted for people with disabilities, thus promoting inclusion and social welfare.

Keywords: vehicle imports, people with disabilities, tariff exemption, social inclusion

Yolanda Liliana Bejarano Muñoz  orcid.org/0009-0000-8553-0841

Héctor Esteban Garrido Salazar  orcid.org/0009-0000-7997-2897

INTRODUCCIÓN

La presente investigación es el resultado de un análisis de personas que no acceden a los beneficios descritos en la Ley Orgánica de Discapacidades, ya sea por desconocimiento acerca de la ley o por la falta de difusión de los organismos encargados. Este trabajo investigativo tiene gran importancia en el contexto social y comunitario, ya que busca favorecer la inclusión de las personas con discapacidad en el Ecuador, dándoles a conocer los beneficios a los que pueden acceder con la importación de vehículos. Asimismo, tiene un impacto en la sociedad y la comunidad en su conjunto, al promover los valores de la equidad, el respeto y la consideración (Consejo Nacional de Discapacidades, 2012).

La importación de vehículos con beneficios tributarios para personas con discapacidad es una medida que varios países, incluido Ecuador, han implementado como parte de sus políticas de inclusión. Esta propuesta surgió como una forma de promover la movilidad y la independencia de las personas con discapacidad; basada en el reconocimiento de que el transporte es fundamental para la integración social y laboral, permite que muchas personas con discapacidad accedan a vehículos adaptados a sus necesidades, contribuyendo así a mejorar la calidad de vida y la autonomía de los beneficiarios (Servicio Nacional de Aduana del Ecuador, 2024).

No obstante, hay que recalcar otros factores, como los trámites burocráticos complicados y engorrosos, las limitaciones en la aplicabilidad de la normativa aduanera que dificultan la importación, así como la falta de instituciones financieras que otorguen créditos a este sector de la población, que interfieren en este derecho que tienen las personas con discapacidad (Trámites Básicos, 2024).

Si bien existen investigaciones previas de otras universidades con instructivos para importar este tipo de vehículos para personas con discapacidad, están desactualizados respecto a los nuevos procedimientos simplificados emitidos por el SENA. En este sentido, el desconocimiento sobre la importación de vehículos para personas con discapacidad es preocupante y limita el acceso a este derecho.

Otros estudios de la Universidad del Azuay y la Universidad de las Américas (UDLA) se enfocan principalmente en un análisis detallado sobre la legislación de los tributos de importación de vehículos para personas con discapacidad y los procedimientos de importación, pero están enfocados exclusivamente en una marca de vehículo importado desde Estados Unidos (Coello E, Zeas K, 2019).

Uno de los problemas más alarmantes es el desconocimiento del beneficio que tienen las personas con discapacidad, esto es, la posibilidad de importar un vehículo adaptado a sus necesidades, con exenciones tributarias regidas por las normas, procedimientos y leyes del Código Orgánico de Producción, Comercio e Inversiones (COPCI), en el que se detallan los parámetros de importación y exportación.

Según la información del Ministerio de Salud Pública, el total nacional de personas con discapacidad es de 487 575, es decir, entre el 5 % y el 7 % de la población total hasta el 2024. Sin embargo, estos datos no son precisos porque hay personas con discapacidad que no se encuentran registradas y, en otros casos, están registradas personas que ya han superado su discapacidad.

Los resultados de esta investigación contribuyen a que las personas con discapacidad, dependiendo del tipo o grado, puedan conocer toda la información respecto al proceso de obtención de la cédula de

discapacidad y el proceso de importación de bienes y vehículos para personas con discapacidad, incluidos los reglamentos a los que se deben acoger para la importación.

Uno de los desafíos que presenta este beneficio es equilibrar la ayuda a las personas con discapacidad con las necesidades fiscales del país. Numerosas personas con discapacidad desconocen cómo acceder a este beneficio; además, se enfrentan a adversidades y a la complejidad que implica adquirir estos vehículos, especialmente aquellos que deben ser adaptados a las características de la discapacidad que tiene cada persona. Por ello, en Ecuador existe una carencia de este tipo de vehículos y, si los hay, tienen muy altos costos.

Además, existen otros desafíos en el proceso de importación de vehículos especiales, a pesar de los esfuerzos del Gobierno por facilitar este trámite. Así, aunque este proceso ha sido simplificado, todavía existen requisitos administrativos que resultan complicados para muchas personas, lo que constituye un obstáculo significativo para aquellos que no tienen acceso a una asesoría adecuada. Para importar un vehículo exento de tributos, los solicitantes deben presentar varios documentos, incluyendo el carné de discapacidad emitido por el Ministerio de Salud Pública y una declaración juramentada ante un notario (Servicio Nacional de Aduana del Ecuador, 2019).

Un problema recurrente es la falta de conocimiento sobre los beneficios disponibles para las personas con discapacidad en relación con la importación de vehículos especiales. Muchos desconocen los procedimientos y beneficios fiscales, incluso los profesionales del sector que deberían asesorar adecuadamente a los solicitantes; esta situación conduce a que las personas interesadas busquen intermediarios que pueden no estar bien informados, resultando en un uso ineficiente de los recursos disponibles (Vintimilla-Vera, 2023).

Además de las limitaciones para la exoneración tributaria que existen en el país, para la importación de vehículos adaptados u ortopédicos las personas deben cumplir con criterios específicos y demostrar su grado de discapacidad. Este puede ser un proceso engorroso y desalentador, ya que el beneficio se limita a una sola importación cada cinco años, lo que puede no ser suficiente para satisfacer las necesidades cambiantes de las personas con discapacidad (Servicio Nacional de Aduana del Ecuador, 2021).

Es positivo que el proceso de importación se haya digitalizado, pero también puede ser un desafío para aquellos que no están familiarizados con las herramientas tecnológicas necesarias para completar los trámites en línea (Servicio Nacional de Aduana del Ecuador, 2019).

Una vez importado el vehículo, el proceso de matriculación también presenta sus propios retos; requerir múltiples documentos, pagos adicionales y la falta de centros de matriculación accesibles pueden dificultar aún más el procedimiento y resultar en una carga financiera y administrativa para las personas con discapacidad (Alcaldía de Cuenca, 2023).

La investigación sobre la importación de vehículos para personas con discapacidad en Ecuador se puede enmarcar dentro de varias ramas o enfoques de estudio, principalmente en relación con las políticas implementadas por el Gobierno ecuatoriano, como la Ley Orgánica de Discapacidades y las normativas del Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (CONADIS) y el Servicio Nacional de Aduana del Ecuador (SENAE).

Estos estudios pueden evaluar si las políticas actuales promueven una inclusión efectiva en la sociedad, facilitando el acceso a vehículos adaptados y a los beneficios fiscales asociados. Además, en el ámbito legal, la revisión de las normativas, los requisitos y el cumplimiento de los procedimientos a seguir permiten comprender las implicaciones legales que podrían tener las personas con discapacidad para obtener el beneficio de las exoneraciones fiscales.

Desde la perspectiva económica y de comercio exterior, se puede entender el impacto de la importación de vehículos adaptados teniendo en cuenta el análisis de costos, los beneficios fiscales y el efecto en el comercio exterior del país, enfocado en las exoneraciones tributarias que afectan tanto a los individuos como al mercado automotriz.

En cuanto al enfoque social y cultural, se podría mencionar cómo las actitudes sociales hacia las personas con discapacidad afectan a su capacidad para acceder a vehículos adaptados.

Por último, es importante destacar que la importación de estos vehículos puede abrir oportunidades para el desarrollo de un mercado especializado. A medida que crece la demanda de vehículos adaptados, tanto importadores como fabricantes tienen la oportunidad de ofrecer productos y servicios enfocados en este sector. Esto no solo beneficia a las personas con discapacidad, sino que también impulsa la economía al generar nuevos empleos y mejorar la oferta en la industria automotriz.

MÉTODOS

La presente investigación tiene un enfoque cualitativo, pues busca analizar las políticas implementadas en el Ecuador para la importación de vehículos que benefician a las personas con discapacidad. El método utilizado fue el analítico-sintético, que permitió analizar y procesar en profundidad la información referente a la importación de vehículos para personas con discapacidad; asimismo, permitió, en la sistematización de los resultados, generar conclusiones integrales sobre la situación de la importación de vehículos adaptados para personas con discapacidad en Ecuador.

El diseño de la investigación es no experimental, ya que se basa en procedimientos y documentación existente. Además, tiene un diseño transversal, porque los datos de la investigación son de un tiempo único y son recolectados en un solo momento, por lo que si, con el paso del tiempo, los procedimientos y la documentación llegasen a cambiar, se procedería a hacer la actualización respectiva.

Las técnicas de investigación utilizadas fueron las siguientes:

Análisis documental: se analizaron documentos oficiales, como leyes, decretos y normativas aduaneras, que fueron fundamentales para entender el marco legal que regula la importación de vehículos para personas con discapacidad. Este análisis permite revelar cómo se aplican las políticas y si hay algunas que dificultan el acceso a estos beneficios.

Las fuentes de información que se utilizaron fueron:

- Leyes sobre discapacidad en Ecuador.
- Normativas aduaneras y fiscales sobre exoneraciones de aranceles.
- Informes de organismos internacionales o nacionales sobre accesibilidad y derechos de las personas con discapacidad.

Esta investigación cuenta con información relacionada con procedimientos de importación, lineamientos, disposiciones y otras leyes que fue tomada de la Ley Orgánica de Discapacidades, el Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones y la Ley de Reforma Tributaria, así como de sus respectivos reglamentos. También se usaron como fuentes diversas tesis sobre el tema, de las cuales se obtuvo información relevante para la elaboración de esta investigación.

Para conocer la opinión de expertos en el campo de la importación, se utilizó la entrevista como técnica de recolección de información; se elaboró un cuestionario en el que se abordaron los siguientes temas: requisitos, trámites en el proceso de importación, procedimientos para la obtención de la certificación de la discapacidad y experiencias sobre tiempos y costos, con el fin de comprender el contexto de la importación y sus respectivas variables, como tiempos, documentación, inconvenientes, etc.

La selección de expertos que participaron en la investigación se realizó de forma rigurosa. El criterio principal para la selección fue que tuvieran conocimiento y experiencia en aspectos legales para la importación de vehículos especiales, así como experiencia en el proceso de importación, requisitos y documentos requeridos para la obtención del carné de discapacidad. Su opinión permite realizar un diagnóstico del problema a analizar. En esta investigación no se aplicó la muestra al tratarse de una población reducida.

Los datos recolectados fueron obtenidos de tres personas:

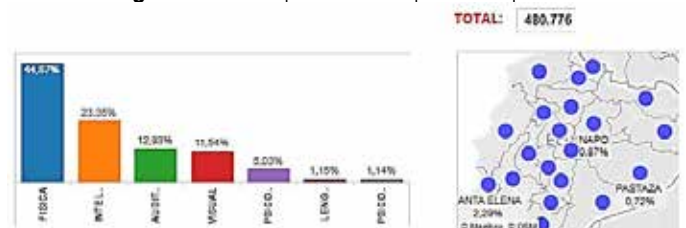
- Profesional del Servicio Nacional de Aduanas del Ecuador (SENAE).
- Funcionario del Ministerio de Salud Pública (MSP).
- Persona con discapacidad con experiencia en la importación de vehículo.

Los datos recolectados contienen preguntas abiertas con el objetivo de interpretar y generar conclusiones tomando en cuenta entornos, experiencias y opiniones respecto al tema tratado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A lo largo de la historia, el tratamiento de las personas con discapacidad ha sido variado y la evolución hacia una sociedad más inclusiva sigue siendo un proceso en desarrollo. La conciencia, la legislación y la promoción de los derechos humanos han sido fundamentales para impulsar cambios positivos en la vida de las personas con discapacidad. En las siguientes tablas se muestran datos de los diferentes tipos y grados de discapacidad en Ecuador.

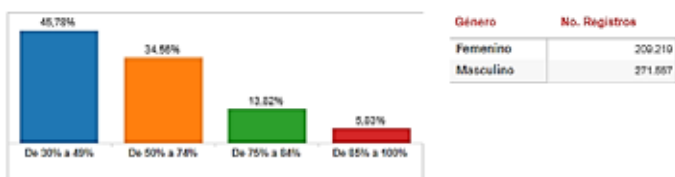
Figura 1 Total de personas con tipo de discapacidad



Nota: En la gráfica se pueden observar los porcentajes de cada tipo de discapacidad de un total de 480 776 personas con discapacidad existentes en el Ecuador. Fuente: Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (2024).

Cada barra en la figura representa un tipo de discapacidad específico; la de color azul muestra un 44.87 % de personas con discapacidad física y la de color anaranjado indica el porcentaje de personas con discapacidad intelectual.

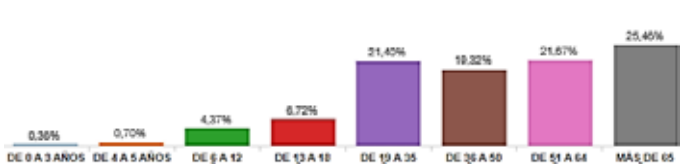
Figura 2 Total de personas con grado de discapacidad



Nota: La figura muestra el grado de discapacidad que tienen las personas en el Ecuador. Fuente: Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (2024).

Del total de personas con discapacidad, la mayor parte es del género masculino. Además, se puede observar que el 45.78 % de las personas registradas tiene una discapacidad del 30 % al 49 %, ya sea por su estado físico, intelectual o auditivo, entre otros.

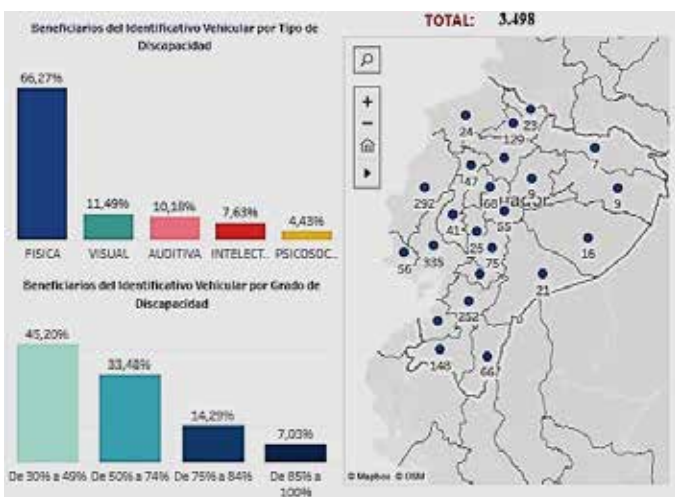
Figura 3 Total de personas con grupos etarios de discapacidad



Nota: La figura permite visualizar la cantidad de personas con discapacidad en función de los diferentes grupos de edad. Fuente: Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (2024).

Al analizar la imagen, se evidencia una relación directa entre la discapacidad y la edad de las personas; es decir, a mayor edad, mayor discapacidad, salvo la edad comprendida entre los 19 y 35 años, que presenta un porcentaje más alto en comparación con la franja etaria de los 36 a 50 años.

Figura 4 Personas con discapacidad beneficiarias del identificativo vehicular



Nota: El gráfico indica la aplicabilidad de los beneficios tributarios por tipo y porcentaje de grado de discapacidad. Fuente: Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (2024).

La mayoría de las personas con discapacidad física, el 66.27 %, aplican a los beneficios de exoneración del pago de tributos a la importación de vehículos. De igual forma, las personas que más se

benefician de este derecho son aquellas que tienen un grado de discapacidad comprendido entre el 30 % y el 49 %. Respecto a las provincias, aquellos que más acceden a este beneficio se encuentran ubicados en Pichincha, Guayas y Manabí.

Tabla 1 Porcentaje de discapacidad y beneficio tributario

Grado de discapacidad	Porcentaje para la aplicación del beneficio	Código liberatorio	Tributo a pagar
Del 30 % al 49 %	60 %	0741	16 %
Del 50 % al 74 %	70 %	0742	12 %
Del 75 % al 84 %	80 %	0743	8 %
Del 85 % al 100 %	100 %	0746	0 %

Nota: Esta tabla muestra a las personas con discapacidad y personas jurídicas que se benefician de la exoneración total o parcial de los tributos, dependiendo del porcentaje de discapacidad. Fuente: Zeas (2018). Análisis de la exención de tributos en la importación de vehículos para las personas con discapacidad en Ecuador desde la entrada en vigencia del COPCI hasta la actualidad [tesis de grado]. Universidad del Azuay, Cuenca.

En la Tabla 1 se evidencia que, mientras más alto sea el porcentaje de discapacidad que tengan las personas, más beneficios tendrán en la exoneración de tributos; así, una persona que tiene un porcentaje de discapacidad del 30 % al 49 % se exonera de un 60 % de tributos, es decir, paga un 16 %, tomando en cuenta el arancel aplicado a los vehículos automotores del 40 %, Las personas con un grado de discapacidad del 85 al 100 % tienen la exoneración total de los derechos arancelarios.

DIAGRAMAS DE FLUJO

Símbolo	●	⊕	➔	■	◐	▼
Significado	Trámite	Operación combinada	Seguimiento	Inspección	Demora	Finalización

Tabla 2 Diagrama del proceso para la obtención de la cédula de persona con discapacidad.

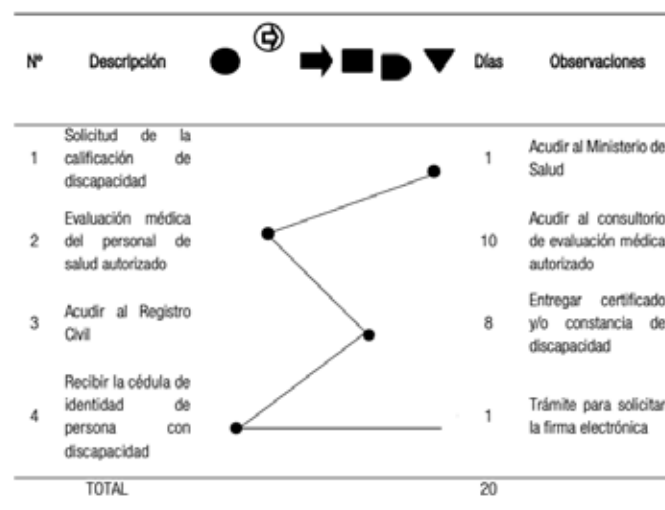
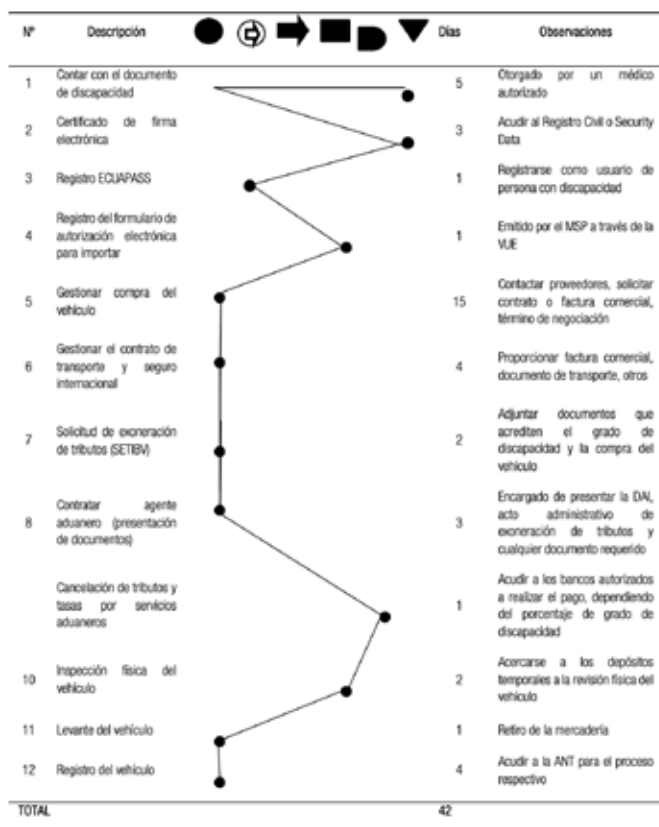


TABLA 3 Diagrama del proceso de importación de vehículos para personas con discapacidad



Desde la perspectiva cualitativa de la entrevista a expertos, se manifiesta que, a partir del 2012, se dan reformas en la ley de discapacidades que otorgan mayores beneficios a este sector de la población; uno de ellos es la importación de bienes y vehículos para personas con discapacidad. Lamentablemente, el desconocimiento de la constitución, de sus derechos y deberes ha impedido que la mayoría de la ciudadanía disfrute de estos beneficios, pese a las campañas de socialización a la comunidad que ha impulsado el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (CONADIS) junto con el Consejo Nacional de Gobiernos Parroquiales Rurales del Ecuador (CONAGOPARE). Asimismo, el factor económico y el tiempo para realizar los procesos aduaneros son algunos de los problemas que se presentan a la hora de acceder a los beneficios de la importación de vehículos.

Según el MSP y el CONADIS, actualmente 480 776 personas cuentan con el carné de discapacidad, esto es, el 2.67 % de la población total; sin embargo, solo 3998 personas han aplicado al beneficio de la exoneración de tributos a la importación de vehículos.

En la entrevista realizada a la Ing. Lucía Díaz, funcionaria del CONADIS como analista de transversalización y participación de la provincia de Imbabura, se señala que la Universidad San Francisco de Quito y el CONADIS se encuentran en el proceso de elaboración de un proyecto de accesibilidad a la información a través de medios digitales, especialmente para personas con discapacidad física y visual.

Discusión

Los resultados de esta investigación apuntan a que las personas con discapacidad y personas jurídicas encargadas de su atención pueden importar vehículos para su uso exclusivo, con exenciones del pago de tributos al comercio exterior en función de su porcentaje de discapacidad; para ello, se debe registrar la solicitud de exoneración de tributos,

accediendo a un beneficio por parte del Gobierno con el compromiso de que reflejen la priorización para personas con discapacidad.

Es importante recalcar que la falta de información por parte de los solicitantes es otro obstáculo, ya que en muchos casos no tienen conocimientos acerca de las leyes de discapacidad ni saben a quién acudir para obtener asesoramiento, por lo que tienen limitaciones con algunos aspectos de la importación, como los valores, el cilindraje o los tipos de vehículos.

Asimismo, existe desconocimiento y falta de asesoramiento por parte de algunas casas comerciales de vehículos sobre la exoneración tributaria para discapacitados. Además, la cotización de costos varía mucho, pues en ciertas concesionarias se ofrecen, para algunos modelos, más beneficios económicos al importar el vehículo exonerado en comparación con otras concesionarias.

También se observó que el proceso simplificado de importación de vehículos tiene algunos inconvenientes; principalmente, los procedimientos a seguir no son suficientemente claros en cuanto a la accesibilidad de la información, dificultad que genera una sensación de exclusión y discriminación para la calificación de las personas con discapacidad.

Por otra parte, se debe enfatizar que los vehículos ortopédicos importados se adaptan a las capacidades de movilidad de las personas con discapacidad; según el tipo de discapacidad de la persona solicitante, estos vehículos tienen incorporadas las respectivas adaptaciones que facilitan su uso y su conducción.

Según el SENA (2024), la procedencia de los vehículos exonerados para personas con discapacidad es: China, con 21.4 %; Indonesia, 20 %; Japón, 18.9 % y el resto de los países con una participación del 39.70 %. Con base en estos datos, se puede deducir que las importaciones provenientes de China podrían aumentar significativamente en años posteriores, sobre todo a causa del tratado de libre comercio que entró en vigor el 1 de mayo de 2024.

Muchos países han adoptado medidas similares, siguiendo las recomendaciones de organismos internacionales como la ONU. Estas medidas han beneficiado a la importación de vehículos para personas con discapacidad en Estados Unidos, Canadá, Reino Unido, Australia, Nueva Zelanda y países europeos. Es importante tomar en cuenta que este beneficio puede variar según el país y está sujeto a cambios en su normativa, pero los requisitos, en general, son similares a los que se solicitan en el Ecuador.

La importación de vehículos para personas con discapacidad en Ecuador está regulada por normativas específicas que conceden beneficios fiscales, pero estos procesos pueden diferir de los de otros países. Por ejemplo, Estados Unidos, la Unión Europea y México otorgan a las personas con discapacidad el beneficio de importar vehículos sin límites estrictos, ofreciendo más amplitud y apertura de criterios en cuanto a costos y posibilitando así adquisiciones más asequibles.

Sin embargo, con el pasar del tiempo, las leyes y reglamentos de nuestro país pueden cambiar, por lo que se requiere actualizar la información para evitar inconvenientes al importar el vehículo y dar a conocer el beneficio para las personas con discapacidad. Ecuador ofrece beneficios significativos dentro de un marco regulatorio más restrictivo y sujeto a limitaciones en cuanto al valor y la frecuencia de importación. Además, proporciona un proceso formalizado con el fin de asegurar el uso adecuado de este beneficio.

A pesar de las leyes o normativas que maneja el Ecuador, lo que se busca es promover la inclusión y facilitar el acceso a vehículos adaptados para personas con discapacidad. Es evidente que existen limitaciones significativas en términos de requisitos burocráticos, restricciones económicas y condiciones de uso. Por otro lado, se debería trabajar en una simplificación de procesos y en la revisión de normativas que permitan una mayor flexibilidad y accesibilidad para las personas con discapacidad.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en esta investigación permiten conocer que las personas con discapacidad deben: acreditar su condición mediante un certificado médico oficial, cumplir con los criterios de calificación establecidos y presentar los documentos requeridos sobre ingresos e identificación. El vehículo a importar debe ajustarse a las especificaciones permitidas, siguiendo los procedimientos administrativos y legales vigentes para solicitar los beneficios tributarios correspondientes.

En síntesis, para facilitar la importación de vehículos adaptados a personas con discapacidad se requiere exención arancelaria, procedimientos simplificados, flexibilización de normas técnicas, criterios objetivos de elegibilidad y acuerdos internacionales. Estos factores garantizarán el acceso a costos razonables, promoviendo la inclusión y la igualdad de oportunidades en medidas de movilidad.

Es importante señalar que la importación de vehículos automóviles por parte de personas con discapacidad está sujeta a beneficios tributarios específicos. El porcentaje de discapacidad determinará el monto de la exención arancelaria y de otros impuestos aplicables. Las autoridades correspondientes evaluarán cada caso particular para definir los tributos a pagar, tomando en cuenta la normativa vigente y los requisitos establecidos.

Finalmente, las personas con discapacidad deben presentar la documentación requerida y cumplir con los procedimientos estipulados dentro de la normativa para acceder a estas exenciones y facilitar el proceso de importación de acuerdo con el grado y tipo de discapacidad. Se debe tener en cuenta que dicha normativa podría cambiar, si se tuviesen revisiones continuas en las limitaciones que existen para las personas con discapacidad.

Estos cambios no solo facilitarían el acceso a vehículos especiales, sino que también mejoraría la calidad de vida de las personas con discapacidad y fomentaría su inclusión social y económica en el país.

Contribución de autores: Conceptualización: Yolanda Bejarano – Esteban Garrido; metodología: Yolanda Bejarano – Esteban Garrido; validación: Yolanda Bejarano – Esteban Garrido; análisis formal: Yolanda Bejarano – Esteban Garrido; investigación: Yolanda Bejarano – Esteban Garrido; recursos: Yolanda Bejarano – Esteban Garrido; redacción y preparación del borrador original: Yolanda Bejarano – Esteban Garrido; redacción, revisión y edición: Yolanda Bejarano – Esteban Garrido. Los autores han leído y aceptado la versión publicada del documento”.

Fuente de financiamiento: Esta investigación no recibió financiamiento externo.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

REFERENCIAS

- Alcaldía de Cuenca. . Matriculación vehículos nuevos-importados por discapacidad. 17<https://www.cuenca.gob.ec/content/maticulaci%C3%B3n-veh%C3%ADculos-nuevos-importados-por-discapacidad> de octubre de 2023
- Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones. (2013). Dirección Nacional Jurídica. Ecuador.
- Coello E. Zeas K. (2019) Análisis de la exención de tributos en la importación de vehículos para las personas con discapacidad en Ecuador desde la entrada en vigencia del COPCI hasta la actualidad, Tesis Universidad del Azuay, <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/8665>.
- Consejo Nacional Para la Igualdad de Discapacidades. (17 de julio de 2024). Estadísticas de Discapacidad. Obtenido de <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>
- Importaciones Ecuador (11 de febrero de 2024). Importación de Bienes para Discapacitados, Obtenido de <https://www.importacionesecuador.com.ec/despacho-aduanero/importacion-de-bienes-para-discapacitados>.
- Ley Orgánica de Discapacidades, Registro Oficial No.796 del 25 de septiembre de 2012. Obtenido en: https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/02/ley_organica_discapacidades.pdf.
- Ministerio de Salud Pública. (27 de abril de 2018). Rapidez y modernización en importación de bienes y vehículos para personas con discapacidad . Obtenido de <https://www.salud.gob.ec/rapidez-y-modernizacion-en-importacion-de-bienes-y-vehiculos-para-personas-con-discapacidad/>
- OMC. (2019). *Aranceles*. Obtenido de Organización Mundial de Comercio: https://www.wto.org/spanish/tratop_s/tariffs_s/tariffs_s.htm
- OMS. (2019). *Discapacidades*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int/topics/disabilities/es/>
- OpenAI (2024). ChatGPT (Marzo 24 version) {Large Language model}. <https://openai.com>
- Plan Nacional de Desarrollo. (2017). Consejo Nacional de Planificación. Toda Una Vida. Ecuador.
- Trámites Básicos. (6 de junio de 2024). *Importación de vehículos exonerados de tributos para personas con discapacidad*. Obtenido de <https://www.tramitesbasicos.com/vehiculos-exonerados-discapacidad/>
- SENAE. (13 de febrero de 2024). Servicios para Personas con Discapacidad Obtenido de <https://www.aduana.gob.ec/servicio-al-ciudadano/para-personas-con-discapacidad/>
- Diario el Universo (11 de febrero de 2024). Paso a paso para renovar la cédula de ciudadanía de personas con discapacidad en Ecuador, Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/ecuador/paso-a-paso-para-renovar-el-carne-de-discapacidad-en-ecuador-nota/>
- Vintimilla-Vera, J. P. (2023). Aspectos legales y elaboración de guía de importación de productos para . *Polo del Conocimiento*, 8 (3), 219-247.

El marketing digital y su aporte a la comercialización. Caso: avícola Aviburz

Karen Johana Piloso Chavez¹, Andrés Antonio Zambrano Carreño¹, Karina Cecibel Zambrano Zambrano¹, Evelyn Tatiana Pinargote Navarrete¹

¹Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí

*Autor para correspondencia: zambranoa95@gmail.com

Recibido: 2024/04/20

Aprobado: 2024/11/30

DOI: <https://doi.org/10.26621/ra.v1i31.947>

RESUMEN

Las organizaciones agroproductivas de Manabí muestran debilidades en su administración, gestión estratégica y conocimiento del marketing digital. Durante la pandemia, la mayoría de los negocios implementaron el uso de las redes sociales, debido a la necesidad de fortalecer las estrategias digitales de marketing. En el sector avícola, específicamente, existen falencias en la gestión de la comercialización que limitan su competitividad. En este contexto, la granja avícola Aviburz ha tenido resultados insatisfactorios en ventas, a pesar de utilizar las redes sociales, lo que sugiere una mala aplicación de las estrategias digitales para la comercialización. De ahí surge la pregunta de investigación acerca de cómo las estrategias de marketing digital pueden contribuir a este proceso comercial. La investigación tuvo como objetivo establecer estrategias de marketing digital que contribuyan a la comercialización en la avícola Aviburz del cantón Bolívar. La metodología aplicada se basó en una investigación cualitativa, que incluyó técnicas como la entrevista para conocer las estrategias existentes en la empresa y el modelo OGSM para planificar acciones de marketing digital. Como herramientas, se utilizó un software de gestión de referencias bibliográficas, Publish or Perish para buscar información en bases de datos científicas y ATLAS.ti para el análisis cualitativo de recursos bibliográficos. Los resultados permitieron fundamentar teóricamente las estrategias de marketing digital y de comercialización. Por otro lado, se determinaron oportunidades de mejora en la estrategia de marketing digital de la empresa. Finalmente, se desarrollaron estrategias mediante un brief de marketing digital y el modelo OGSM; además, se diseñaron contenidos publicitarios para impulsar la comercialización en la avícola Aviburz.

Palabras clave: estrategias, marketing digital, comercialización, avícola

ABSTRACT

The agro-productive organizations of Manabí show weaknesses in their administration, strategic management, and knowledge of digital marketing. During the pandemic, most businesses implemented the use of social networks, due to the need to strengthen digital marketing strategies. In the poultry sector specifically, there are shortcomings in marketing management that limit its competitiveness. In this context, the Aviburz poultry farm has had unsatisfactory results in sales despite using social networks, which suggests a poor application of digital strategies for marketing. From this arises the research question of how digital marketing strategies can contribute to this marketing process. The objective of the research was to establish digital marketing strategies that contribute to marketing in the Aviburz poultry farm in the Bolívar canton. The applied methodology is based on qualitative research, which includes techniques such as interviews to learn about the company's existing strategies and the OGSM model to plan digital marketing actions. Tools such as bibliographic reference management software were used, as well as Publish or Perish to search for information in scientific databases and ATLAS.ti for the qualitative analysis of bibliographic resources. The results allowed us to theoretically base digital marketing and commercialization strategies. On the other hand, opportunities for improvement in the company's digital marketing strategy were determined. Finally, strategies were developed through a digital marketing brief and the OGSM model, in addition to designing advertising content to boost marketing at the Aviburz poultry farm.

Keywords: strategies, digital marketing, merchandising, poultry

Karen Johana Piloso Chavez  orcid.org/0000-0002-6155-3552

Andrés Antonio Zambrano Carreño  orcid.org/0009-0005-9611-8541

Karina Cecibel Zambrano Zambrano  <https://orcid.org/0009-0006-4891-943X>

Evelyn Tatiana Pinargote Navarrete  <https://orcid.org/0000-0002-4197-8422>



INTRODUCCIÓN

Actualmente, las organizaciones están experimentando transformaciones significativas en sus operaciones y en la oferta de productos, impulsadas por las nuevas tendencias digitales. Según Mena y Mena (2021), adaptarse a estas tecnologías emergentes es fundamental, debido a que el marketing digital posibilita el acceso a mercados previamente inaccesibles mediante métodos tradicionales. Esto se logra mediante la implementación de estrategias innovadoras que integran comunicación y tecnología.

Larrea y Loor (2020) exponen que Manabí es una provincia altamente agroproductiva; no obstante, Murillo y Vélez (2019) indican que las organizaciones agroproductivas en Manabí tienen debilidades en su administración, dificultad en aspectos estratégicos y, sobre todo, en el conocimiento del mercado digital. Por otro lado, Zamora et al. (2020) exponen que el 75 % de las micro, pequeñas y medianas empresas (Mipymes) en la zona norte de Manabí, durante el COVID-19, implementaron el uso de redes sociales. Mena y Mena (2021) se refieren al marketing como “un punto básico de la actividad empresarial”; por ende, el contexto actual genera necesidades como mejorar la estrategia a través del uso de las herramientas del marketing digital, aspecto que hoy en día es imprescindible para el proceso de comercialización en las organizaciones. Según Bravo et al. (2021), las empresas avícolas son fuentes de crecimiento para la economía de la provincia de Manabí; asimismo, estas empresas se convierten en un aporte económico y una fuente generadora de empleo para la economía del cantón Bolívar. Sin embargo, Larrea y Loor (2020) argumentan que una de las principales falencias en el sector avícola es la gestión del marketing, factor que se considera común en el sector y que deja a la luz la necesidad de atender a este ámbito en el área de la gestión comercial.

Arteaga et al. (2019) mencionan que “las Pymes agroproductivas son consideradas organizaciones flexibles y adaptables ante los entornos competitivos; sin embargo, requieren ayuda para superar sus debilidades y desarrollar sus fortalezas y así competir en mejores condiciones en los mercados” (p. 61). La realidad de este sector, desde la perspectiva de García y Lucas (2021), es que existen Mipymes del sector avícola aportando al desarrollo de la localidad; no obstante, tienen niveles de gestión bastante bajos en lo concerniente al manejo del marketing.

Herrera (2020) expone que el éxito actual de las empresas avícolas radica en el manejo eficiente de los medios digitales, pues las redes sociales son una alternativa importante para realizar publicidad, fidelizar clientes e incrementar las ventas. Por otro lado, es notorio el interés que las organizaciones tienen en conocer las herramientas tecnológicas y estrategias de marketing digital para conseguir sus objetivos comerciales, tales como aumentar la demanda, generar nuevas necesidades y alcanzar los mejores resultados para su organización (Mena y Mena, 2021; Suárez et al., 2020).

En el contexto de Manabí, las empresas agroproductivas, como las avícolas, han experimentado debilidades en la gestión del marketing digital. En este contexto, la avícola Aviburz del cantón Bolívar ha experimentado poco crecimiento de las ventas, lo cual ha llevado a considerar que existe una deficiencia en la gestión de las estrategias de marketing digital. En este sentido, la idea a defender es que las estrategias de marketing digital contribuyen a la comercialización. Con base en esta premisa, el objetivo de la investigación es establecer estrategias de marketing digital que contribuyan a la comercialización en la avícola Aviburz del cantón Bolívar.

MÉTODOS

Esta investigación es de tipo descriptiva, no experimental, con un enfoque cualitativo, de acuerdo con las definiciones de Hernández-Sampieri y Mendoza (2018). La población del estudio es la organización avícola Aviburz. En cuanto al procedimiento, en la primera fase de la investigación se identificaron teóricamente las estrategias de marketing digital mediante una revisión bibliográfica, empleando el método de análisis analítico-sintético para generar análisis y discusiones. Respecto a la gestión bibliográfica, se usó el software Zotero como base de datos en la nube para resguardar la información utilizada y así facilitar la actividad de gestionar las fuentes de información. Por otro lado, se empleó el software ATLAS.ti para visualizar de manera clara los conceptos relacionados con cada variable y el análisis de la información recopilada en la entrevista. En la segunda fase se analizó la situación actual de las estrategias de marketing digital que usa la empresa mediante una entrevista y el método de análisis inductivo para determinar los resultados del diagnóstico. Finalmente, se realizó una propuesta de estrategias de marketing digital estructuradas mediante la matriz OGSM (objectives, goals, strategies and measures), que es una herramienta de planificación estratégica que establece objetivos claros, metas cuantificables, estrategias específicas y métricas de seguimiento para garantizar el cumplimiento de los resultados esperados (Moreon et al., 2023). En este sentido, con base en esa estructura, se plantearon las estrategias propuestas a la empresa objeto de estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Establecimiento de estrategias

A través del análisis de la literatura existente, se extrajo información sobre las estrategias contemporáneas en el ámbito del marketing digital y la comercialización. Por lo tanto, en la Tabla 1 se detalla la información relacionada con las variables y las estrategias, junto con descripciones conceptuales generadas a partir de la revisión bibliográfica.

Tabla 1. Revisión bibliográfica de las estrategias de marketing digital y comercialización

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	ESTRATEGIAS
MARKETING DIGITAL	Integración y uso de estrategias de marketing con herramientas digitales (Bricio, 2018)	Las 4C
		Social media marketing
		Content marketing
		Email marketing
		SEO (search engine optimization)
		Mobile marketing
		Video marketing
		SEM (search engine marketing)
		Inbound marketing
		Blogging
COMERCIALIZACIÓN	Actividades que intervienen en el proceso por el que un producto está disponible para el consumo, tales como compra, venta y distribución (Kotler y Armstrong, 2017)	Estrategias de producto
		Estrategias de precio
		Estrategias de distribución
		Estrategias de promoción

Fuente. Elaborado por autores

A través del análisis de la literatura existente, se extrajo información sobre las estrategias contemporáneas en el ámbito del marketing digital y la comercialización. Particularmente, se evidencia que las estrategias abarcan varios tipos de herramientas de marketing, tanto del marketing digital como de la comercialización. En este contexto, el estudio de Calero (2022) coincide con estos hallazgos al establecer entre sus objetivos una base teórica para comprender los fundamentos o la conceptualización teórica de las variables en su investigación. Por otro lado, Gonzáles y Vásquez (2020) argumentan que el marketing puede tener diferentes enfoques que se adaptan en función del contexto de la empresa y del tipo de cliente. A nivel teórico, se destaca que ambas variables se caracterizan por representar procesos en las organizaciones, dado que son áreas críticas a nivel estratégico. Este argumento es apoyado por Agarwal (2020) desde un enfoque de transformación digital; señala que diferentes procesos se ven enmarcados en cambios radicales, como el uso de datos para estrategias de marketing digital, en los que surgen estrategias clave como el email marketing o el content marketing.

De manera similar, la perspectiva de Molina (2022) concuerda en la importancia de comprender las herramientas digitales en el ámbito del marketing digital; en las conclusiones de su investigación destaca el papel fundamental de estas para alcanzar los objetivos empresariales. A esto se suman también las contribuciones de Gutiérrez y Pérez (2021), quienes, desde otro enfoque, centran sus resultados en la comprensión teórica de las estrategias de marketing digital como una variable con diversos elementos. Además, señalan que este tema ha ganado relevancia en la actualidad, coincidiendo con la importancia atribuida a las estrategias de marketing digital en el contexto de la digitalización. Adicionalmente, Aikaterini (2019) indica que la aplicación del marketing digital es necesaria a diferentes escalas, incluidos los pequeños negocios, que adaptan su estrategia a segmentos de mercado específicos.

Análisis cualitativo mediante ATLAS.ti

El uso del software ATLAS.ti generó redes semánticas para explicar la conceptualización de las variables y sus elementos, tal y como se muestra en la Figura 1.

De acuerdo con el análisis cualitativo realizado utilizando la herramienta ATLAS.ti, se identificaron los elementos teóricos que sustentan ambas variables. El hallazgo principal resalta la relación de la variable con el modelo de las 4C en el contexto del marketing; por otro lado, la comercialización, se relaciona con el modelo de las 4P. Además, se destaca que ambas variables están caracterizadas por el uso de herramientas digitales. Por lo tanto, la variable de marketing digital se vincula también con la transformación digital, pues se trata de un proceso que se adapta a nuevos modelos para mejorar y ajustarse a las necesidades y al entorno actual de los clientes.

Este enfoque se basa en la priorización del cliente; busca proporcionarle valor antes de recibirlo, lo cual se relaciona con la demanda de una experiencia diferenciada por parte de un cliente cada vez más exigente. En este contexto, Jarad (2020) se enfoca en las 4C, explicando que ofrecen una perspectiva moderna del marketing mix y persiguen una mayor conexión y comprensión de los clientes. Esta postura es respaldada por Ramos y Neri (2022), quienes argumentan que el marketing mix (las 4P) debe ser redefinido como las 4C, para así reflejar mejor la realidad empresarial, considerando la creciente interacción de los consumidores con los canales digitales de las marcas que acostumbran a seguir.

En primera instancia, se analizaron las respuestas de la entrevista con el software cualitativo ATLAS.ti, tal y como se presenta en la Figura 2.

Siguiendo con los resultados de la entrevista, se toma en cuenta la importancia del diagnóstico previo de la empresa como punto de partida para la formulación de estrategias. Este resultado está vinculado con el trabajo de Flores (2019), que señala la necesidad de utilizar herramientas digitales alineadas con una planificación adecuada. Asimismo, la generación de estrategias ha sido abordada en investigaciones como la de Salazar y Sinchiguano (2021), Herrera (2020) y Calero (2022); estas investigaciones proponen estrategias teniendo en cuenta la información previa de la empresa, ya sea en el ámbito del marketing o directamente relacionadas con el público objetivo.

Por otra parte, en el análisis de la entrevista se identificaron las estrategias utilizadas por la empresa, que incluyen el *social media marketing*, *content marketing* y SEO. En relación con estas estrategias, se destaca que la empresa buscaba el aumento de las ventas globales, la obtención de visibilidad para la empresa y la promoción de la línea de producción de huevos blancos. A pesar de la importancia de cada uno de estos objetivos, los resultados no cumplieron con las expectativas de la organización. Además, los resultados de la entrevista sugieren que se deben abordar factores como la generación continua y variada de contenido para mejorar el rendimiento de estas estrategias.

En este panorama se evidencia el uso de las herramientas digitales, que, según Carcaño (2021), permiten incursionar en la búsqueda de un posicionamiento en el mercado. De acuerdo con Varadarajan et al. (2022), las innovaciones fundamentadas en las tecnologías digitales han modificado significativamente los comportamientos de marketing empresarial, así como las pautas de búsqueda y compra de los consumidores, junto con las dinámicas del mercado. Estas herramientas ofrecen una variedad de opciones útiles para el análisis del público objetivo (Carrasco, 2020). Dini et al. (2021) complementan este enfoque al argumentar que no solo se trata de tecnologías avanzadas, sino de una amalgama de soluciones diversas que pueden integrarse en todas las facetas de la actividad empresarial.

En el diagnóstico también se determinó que Facebook es la red social principal, debido a su amplio alcance y a su capacidad para proporcionar estadísticas detalladas de la plataforma. Uno de los desafíos significativos identificados es la creación de contenido. Mantener activas las cuentas de las redes sociales requiere una planificación constante, por lo que se deben desarrollar estrategias que respalden la generación de contenido coherente con la visión de la empresa en los medios digitales y que se basen en una planificación sólida. Ante este resultado, es importante mencionar el aporte de Quiñónez et al. (2020), que señalan un aumento significativo en la oferta comercial y los servicios respaldados por herramientas digitales en los últimos años. La relación entre la comunicación, las redes sociales, el uso web y los nuevos códigos está en constante evolución, lo que los convierte en elementos cada vez más influyentes en el panorama actual. Esta dinámica impone la necesidad de una preparación continua en estas áreas y el establecimiento de comunidades para mantenerse al tanto de las últimas tendencias y cambios en estas plataformas.

En términos de medición del éxito de las estrategias, se destaca el uso de las estadísticas proporcionadas por las redes sociales. Por ello, resulta pertinente analizar las métricas de retroalimentación más relevantes para cada estrategia propuesta antes de su posible implementación. Según el análisis de las estadísticas proporcionadas por Meta Business Suite, se encontró que el 78.1 % de la audiencia actual está compuesta por individuos de género masculino, mientras que el 21.9 % corresponde al género femenino. En lo que respecta a la edad, el 36 % se encuentra en la franja de 25-34 años y el segundo grupo más grande, un 34.8 %, se

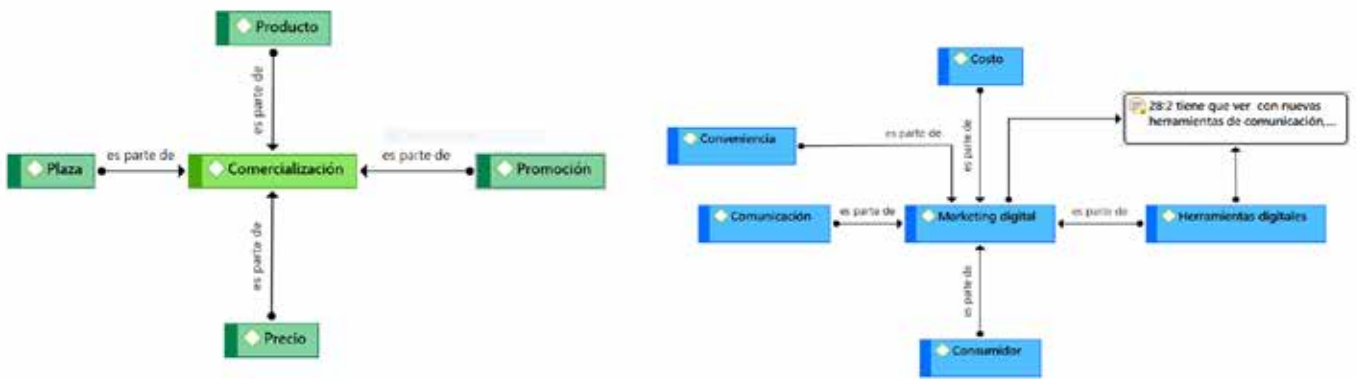


Figura 1. Interrelación de los elementos de las variables en estudio
Fuente. Software ATLAS.ti

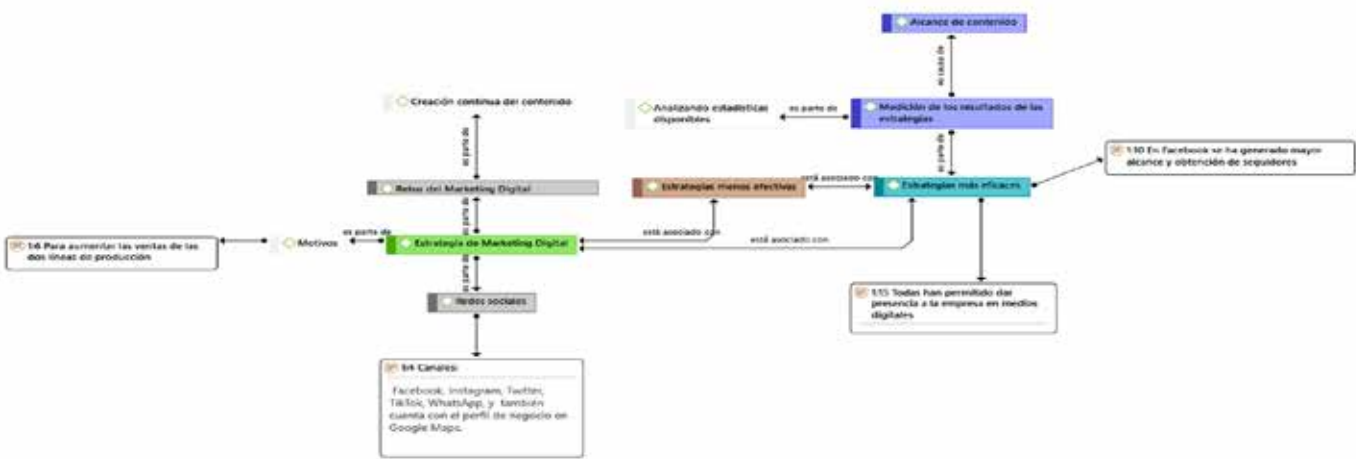


Figura 2. Codificación y análisis de la entrevista
Fuente. Elaborado con base en los resultados de la entrevista mediante ATLAS.ti

sitúa en el rango de edad entre los 35 y 44 años. A partir de estas dos dimensiones demográficas, se procedió a realizar un análisis adicional, que indica que las estrategias actuales están dirigidas principalmente a dos grupos generacionales: los millennials y la generación X.

Así, se destaca la importancia de desarrollar estrategias de manera continua, como la creación de contenido para redes sociales. Sin embargo, se advierte que la falta de implementación activa y constante puede comprometer los resultados esperados. Investigaciones previas, como la de Salazar (2021), resaltan la necesidad de planificar meticulosamente la generación de contenido de calidad para establecer una conexión efectiva con los clientes. Por su parte, Herrera (2020) identifica la falta de conocimientos sobre estrategias de marketing como un factor que contribuye a su aplicación ineficaz.

Con base en los argumentos presentados y en los resultados obtenidos, se sugiere que Aviburz debe mejorar la planificación de sus estrategias de marketing digital. Es recomendable que la empresa se enfoque en la creación y diversificación de contenidos, así como en una planificación más detallada de sus acciones. Este hallazgo se alinea con investigaciones anteriores, como la de Flores (2019), que enfatizan la importancia de utilizar herramientas que estén en consonancia con una planificación estratégica digital adecuada, lo que puede potenciar la efectividad de las campañas de marketing.

Asimismo, la investigación resalta la utilidad de las herramientas digitales para la recopilación de datos y métricas de rendimiento, un

aspecto evidenciado en el análisis de los datos generados a partir de las redes sociales de la empresa. Este enfoque es consistente con estudios previos, como los de Aikaterini (2019) y Hernández (2021), que han demostrado la eficacia de las herramientas digitales para analizar información y métricas provenientes de diversas plataformas; de esta forma, las empresas pueden tomar decisiones más informadas y optimizar sus estrategias de marketing.

Propuesta de estrategias

Con base en las conclusiones extraídas de la entrevista y en un análisis exhaustivo de la producción actual de contenido de la empresa, se definió el objetivo de fortalecer la conexión entre la empresa y sus posibles clientes en el ámbito digital, dando especial énfasis a una estrategia de marketing en redes sociales. Para lograr este propósito, se optó por implementar el modelo OGSM, con el fin de mejorar la generación de clientes potenciales a través de estrategias específicas de marketing digital.

En el desarrollo de las estrategias se desarrolló con base en las investigaciones realizadas por Zambrano (2019) y Ortiz (2020), quienes emplearon el modelo OGSM en contextos similares que requerían la formulación de estrategias dentro del marco de la planificación estratégica y del marketing para diversas organizaciones. La Tabla 3 muestra el desarrollo de la estrategia mediante las actividades propuestas para el cumplimiento de las metas.

Tabla 3. Aplicación del modelo OGSM para estrategias de marketing digital en la avícola Aviburz

Social media marketing		
METAS	ACTIVIDADES	MEDIDAS
Generar mayor reconocimiento de la avícola Aviburz en medios digitales	Diseñar un blog empresarial que destaque la historia, los valores y los productos de Aviburz. Utilizar la IA para generar contenido atractivo y optimizado, asegurando que los textos sean informativos y relevantes. Complementar el blog con publicaciones en Instagram y YouTube, creando un ecosistema digital donde se comparten consejos sobre el cuidado y el proceso de producción.	Comprobación de la accesibilidad y funcionalidad del blog mediante herramientas de análisis web.
Incrementar el número de seguidores en un 15 %	Planificar un calendario editorial de contenidos que incluya publicaciones interactivas, como encuestas y concursos, para fomentar la participación de los seguidores. Implementar herramientas de IA generativa para crear contenido de alta calidad, como artículos, infografías y videos informativos sobre la avicultura y el bienestar animal. Colaborar con influencers del sector agroalimentario para aumentar la visibilidad de la marca y atraer nuevos seguidores.	Número de publicaciones generadas. Número de seguidores alcanzados del último periodo al actual. Análisis de la retroalimentación recibida a través de comentarios y encuestas.

Interpretación

El objetivo de mejorar la conversión de clientes potenciales busca optimizar la fase de atracción dentro de la estrategia de marketing de la empresa. Para alcanzar este propósito, se propone la creación de un blog que comunique de manera efectiva los aspectos fundamentales de la marca, incluyendo su misión y visión, así como los valores que la distinguen en el mercado.

Asimismo, es crucial generar contenido valioso y relevante para la audiencia, a fin de aumentar el interés en la marca y fomentar la lealtad de los clientes. Esta estrategia se complementa con la planificación de un calendario editorial, que servirá como guía práctica para abordar de manera sistemática los temas en las redes sociales a lo largo de un período determinado. Este enfoque estructurado permitirá maximizar la coherencia y la frecuencia de las publicaciones, facilitando así una conexión más profunda con los seguidores y potenciales clientes.

Las estrategias bien estructuradas, basadas en modelos y técnicas que aseguran un enfoque científico riguroso, son fundamentales para el proceso de comercialización de la empresa. Como señalan Intriago y Párraga (2023) y Zambrano y Zambrano (2023), la identificación de problemas debe ser el punto de partida para la formulación de estrategias efectivas. La Tabla 4 ilustra cómo estas estrategias no solo permitirán a Aviburz identificar y captar nuevos segmentos de mercado, sino que también fortalecerán su presencia en el entorno digital, promoviendo la creación de una comunidad comprometida y leal en torno a la marca.

Tabla 4. Aplicación del modelo OGSM para estrategias de marketing digital en la avícola Aviburz

Social media marketing		
METAS	ACTIVIDADES	MEDIDAS
Alcanzar nuevos mercados	Crear eventos virtuales o presenciales en los que se ofrezcan demostraciones de productos Aviburz y talleres de avicultura. Utilizar la IA para analizar datos sociodemográficos de clientes actuales con el fin de encontrar nuevas perspectivas e ideas.	Impacto de las estrategias en el nivel de satisfacción de los clientes. Índice de alcance de las campañas.
Desarrollar nuevos patrones de comportamiento	Crear perfiles detallados de los clientes potenciales basados en los datos recopilados, incluyendo intereses, comportamientos de compra y necesidades específicas. Realizar encuestas y estudios de mercado para recopilar información adicional sobre las preferencias y expectativas de los consumidores.	Perfil elaborado de los clientes objetivos y potenciales. Dividir los segmentos en función de sus comportamientos.

Fuente. Elaborado por autores

Interpretación

Esta iniciativa busca fortalecer la conexión entre la marca Aviburz y su audiencia. Organizar eventos, ya sean virtuales o presenciales, permitirá a la empresa demostrar directamente la calidad y beneficios de sus productos, aumentando así la confianza del consumidor. Los talleres de avicultura educan sobre las mejores prácticas en cuidado y manejo de aves; de esta forma, Aviburz se puede posicionar como un experto en el sector. La interacción permitirá atender consultas y brindar asesoría personalizada, brindando a los asistentes una experiencia directa de la marca.

El análisis de datos sociodemográficos mediante inteligencia artificial proporciona a Aviburz información valiosa sobre su base de clientes, incluyendo edad, género, ubicación y hábitos de consumo. Identificar patrones y tendencias permite descubrir oportunidades de mercado, adaptar productos y mensajes a necesidades específicas y anticipar cambios en el comportamiento del consumidor, lo que será esencial para tomar decisiones estratégicas. Desarrollar perfiles detallados de clientes posibilita segmentar el mercado eficazmente, a través de la personalización de campañas de marketing para resonar con segmentos específicos.

Las encuestas y estudios de mercado son fundamentales para comprender las expectativas y preferencias de los consumidores, así como para fortalecer el desarrollo de productos, estrategias de marketing y servicio al cliente; de este modo, los consumidores se involucran en la retroalimentación para mejorar su satisfacción y lealtad.

CONCLUSIONES

La revisión bibliográfica y el análisis llevado a cabo permitieron identificar las estrategias de marketing digital y de comercialización, que generaron un conocimiento integral de las variables estudiadas. Se concluye que el respaldo teórico encontrado facilitó el desarrollo de la investigación en todas sus etapas y que los nuevos enfoques y acciones en el ámbito del

marketing digital son esenciales para comprender la realidad empresarial y las dinámicas del mercado, desempeñando un papel fundamental en el progreso de las organizaciones.

Tras analizar la información recopilada durante la investigación acerca de la gestión del marketing digital de la empresa, se evaluó su situación actual en cuanto a estrategias digitales. Este análisis reveló áreas de oportunidad dentro de las estrategias existentes, evidenciando la necesidad de generar nuevas estrategias para mejorar la efectividad de la comercialización.

Finalmente, el uso de la inteligencia artificial para analizar datos sociodemográficos y de comportamiento de los clientes posibilita a Aviburz identificar nuevos mercados y adaptar sus estrategias de marketing a una segmentación precisa. La organización de eventos virtuales y presenciales, así como la realización de encuestas, facilitan la interacción directa con los consumidores y la obtención de retroalimentación valiosa. En un entorno digital competitivo, es vital que Aviburz no solo busque captar nuevos clientes, sino también fortalecer su presencia en línea; esto incluye construir una imagen de marca sólida y fomentar una comunidad activa que respalde sus productos y valores.

Contribución de los autores: Conceptualización: Piloso Chávez, Zambrano Carreño; metodología: Piloso Chávez; software: Piloso Chávez, Zambrano Zambrano; validación: Piloso Chávez, Zambrano Carreño, Zambrano Zambrano; análisis formal: Piloso Chávez, Zambrano Carreño; investigación: Piloso Chávez, Pinargote Navarrete; recursos: Zambrano Carreño, Zambrano Zambrano; curación de datos: Piloso Chávez, Pinargote Navarrete; redacción y preparación del borrador original: Piloso Chávez, Zambrano Zambrano; redacción, revisión y edición: Piloso Chávez, Zambrano Carreño; visualización: Piloso Chávez, Pinargote Navarrete; adquisición de financiación: Zambrano Carreño, Piloso Chávez.

Fuente de financiamiento: Esta investigación no recibió financiamiento externo.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

REFERENCIAS

- Agarwal, R. (2020). Transformación digital: Un camino al valor económico y social. *Revista CEA*, 6 (12), 9–12.
- Aikaterini, T. (2019). *Applying a digital marketing strategy to a small company* [Tesis de maestría, International Hellenic University]. <https://repository.ihu.edu.gr/xmlui/bitstream/handle/11544/29640/Dissertation%20Tavlaridou%20Katerina.pdf?sequence=1>
- Arteaga, W., Villamil, D. y González, A. (2019). Caracterización de los procesos productivos de las pymes textiles de Cundinamarca. *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, 1 (5). <https://revistalogos.policia.edu.co:8443/index.php/rict/article/view/839/pdf>
- Bravo, C., Vélez, J., Murillo, S. y Rojas, J. (2021). Determinación de competencias organizacionales en las agroproductivas avícolas de la zona norte de Manabí. *Revista Episteme Uniandes*, 8 (1), 3-17. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8298134>
- Calero, L. (2022). *Marketing digital y el posicionamiento basado en la tipología de las personas en la empresa "Anderson Jeans" del cantón Pelileo, provincia de Tungurahua* [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/34565/1/009%20MT.pdf>
- Carcaño, E. (2021). Herramientas digitales para el desarrollo de aprendizajes. *Revista Vinculando*, 19 (1). <https://vinculando.org/wp-content/uploads/kalins-pdf/singles/herramientas-digitales-para-el-desarrollo-de-aprendizajes.pdf>
- Carrasco, M. (2020). Herramientas del marketing digital que permiten desarrollar presencia online, analizar la web, conocer a la audiencia y mejorar los resultados de búsqueda. *Perspectivas*, 23 (45), 33-60. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1994-37332020000100003
- Dini, M., Gligo, N. y Patiño, A. (2021). *Transformación digital de las mipymes: Elementos para el diseño de políticas*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47183/1/S2100372_es.pdf
- Flores, A. (2019). *Estrategias de marketing digital para la comercialización en la Avícola Aviburz del cantón Bolívar*. [Tesis de licenciatura, ESPAM MFL]. Recuperado de <http://repositorio.esпам.edu.ec/handle/42000/2185>
- García, J. y Lucas, A. (2021). Determinación de las competencias organizacionales de la avícola "Fénix" de la parroquia Pedro Ángel Giler- cantón Tosagua [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí Manuel Félix López]. <https://repositorio.esпам.edu.ec/bitstream/42000/1520/1/TTAE35D.pdf>
- Gutiérrez, J. y Pérez, S. (2021). *El marketing digital y su incidencia en el posicionamiento de marca en la empresa Integra en la ciudad de Ambato* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/33268/1/004%20MT.pdf>
- González, L. y Vásquez, G. (2020). *Marketing digital como estrategia para el posicionamiento de marca de las pequeñas y medianas empresas productoras y comercializadoras del rubro agricultura de frutas orgánicas en Lima Metropolitana* [Tesis de grado]. https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/20693/GONZALES_GUEVARA_VASQUEZ_RODAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Herrera, C. (2020). *Estrategias de marketing para la producción de las avícolas de la provincia de Tungurahua* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/31123/1/769%20MKT.pdf>
- Hernández-Sampieri, R. y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Educación. <http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/handle/54000/1292>
- Hernández, N. (2021). *Diseño de estrategias de marketing digital para el crecimiento y posicionamiento de la asociación Young Men'S Christian Association en el departamento de Santander* [Tesis de grado, Universidad Autónoma de Bucaramanga]. https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/15132/2021_Tesis_Nixon_Zamir_Hernandez_Lopez.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Intriago, M. y Párraga, G. (2023). *Estrategias de marketing digital para la promoción Turística de los recursos arquitectónicos Patrimoniales de la ciudad de Portoviejo* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí Manuel Félix López]. https://repositorio.esпам.edu.ec/bitstream/42000/2100/1/TIC_T17D.pdf

- Jarad, G. (2020). Application of the 4Cs marketing mix in the digital environment. *International Journal of Psychosocial Rehabilitation*, 24, 2113–2122.
- Kotler, P. y Armstrong, G. (2017). *Fundamentos de marketing* (13.ª ed). Pearson Educación de México.
- Larrea, J. D., y Loor, J. F. (2020). Estrategia de comercialización de huevos de la avícola Bila en los mercados de la provincia de Manabí. *Dominio De Las Ciencias*, 6 (3), 114–133. <https://doi.org/10.23857/dc.v6i3.1277>
- Locket, A. (2018). *Online Marketing Strategies for Increasing Sales Revenues of Small Retail Businesses* [Tesis doctoral, Walden University]. <https://scholarworks.waldenu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=7175&context=dissertations>
- Mena, J. A. y Mena, S. E. (2021). Estrategias de marketing digital 2.0 para la generación de ingresos en pequeñas y medianas empresas. *CIENCIAMATRIA*, 7 (13), 371-396. <https://doi.org/10.35381/cm.v7i13.495>
- Moreno Jiménez, S. J. y Cardona Arango, F. A. (2023). Optimización de la implementación estratégica para productos y servicios: Un enfoque de control riguroso respaldado por HOSHIN RARIN. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7 (4), 717–735. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.6906
- Molina, G. (2022). *Estrategias de marketing digital para el posicionamiento en redes sociales de la imprenta Gráficas Nuevo Mundo de la ciudad de Latacunga* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/34615/1/022%20MT.pdf>
- Murillo, S. y Vélez, J. (2019). *Determinación de las competencias organizacionales de las MIPYMES agroproductivas avícolas de la zona norte de Manabí* [Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí Manuel Félix López]. <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1084/6/TTMADM-E4.pdf>
- Ortiz, E. (2020). *Diseño estratégico para pymes de software en México* [Tesis de maestría, Infotec Centro de Investigación e Innovación en Tecnologías de la Información y Comunicación]. https://infotec.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1027/403/1/INFOTEC_MDETIC_EOR_27082020.pdf
- Quiñónez, O., Castillo, S., Bruno, C. y Oyarvide, R. (2020). Gestión y comercialización: Pequeñas y medianas empresas de servicios en Ecuador. *Revista de ciencias sociales* 26 (3), 194-206. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7565476>
- Ramos, N. P. y Neri, A. C. (2022). Las 4 ces del marketing y su relación con el posicionamiento de marca. *Telos Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 24 (2), 384–396. <https://doi.org/10.36390/telos242.11>
- Salazar, K. y Sinchiguano, H. (2021). *Estrategias de marketing digital y su incidencia en el posicionamiento de mercado de la empresa Calzado Liwi de la ciudad de Ambato* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/33270/1/006%20MT.pdf>
- Suárez, O., Hernández, A., Olmedo, A., Nuñez, D., Belduma, A., León, Y., Santana, E. y Hermida, V. (2020). *Marketing digital y estrategias de negocios para el posicionamiento competitivo de las empresas*. UTEG. <https://www.uteg.edu.ec/wp-content/uploads/2021/06/L4-2020.pdf>
- Varadarajan, R., Welden, R. B., Arunachalam, S., Haenlein, M. y Gupta, S. (2022, junio). Digital product innovations for the greater good and digital marketing innovations in communications and channels: Evolution, emerging issues, and future research directions. *International Journal of Research in Marketing*, 39 (2), 482–501.
- Zambrano, M. (2019). *Estrategia comercial para otorgar certificaciones internacionales de inglés del cantón Guayaquil* [Tesis de grado, Universidad San Gregorio de Portoviejo]. <http://repositorio.sangregorio.edu.ec/bitstream/123456789/1413/1/Tesis%20Michelle%20Zambrano%20Mendoza.pdf>
- Zambrano, O. y Zambrano, R. (2023). *Plan de marketing digital para potenciar el turismo en el cantón Portoviejo* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí Manuel Félix López]. https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/2104/1/TIC_T21D.pdf
- Zamora, M., Félix, M., Vera, L. y Mendoza, Q. (2020). Situación de las micro, pequeñas y medianas empresas (MIPYMES) en el centro norte de Manabí ante la Covid-19. *Maestro y Sociedad*. 17 (4), 1033-1042. <https://maestrosociedad.uo.edu.cu/index.php/MyS/article/view/5299/4876>

Análisis de métricas en revista científica *Ecos de la Academia* con Google Analytics

Jaime Portilla-Chagna^{1*}, David Ortiz-Dávila¹, Darwin Mafla-Tobar¹, Gandhi Godoy-Guevara¹

¹Universidad Técnica del Norte

*Autor para correspondencia: jeportillac@utn.edu.ec

Recibido: 2024/03/11

Aprobado: 2024/11/30

DOI: <https://doi.org/10.26621/ra.v1i31.942>

RESUMEN

Analizar los datos de las revistas científicas es de relevancia, ya que cada vez el posicionamiento en los ámbitos digitales cobra más fuerza, sobre todo cuando se trata de la visualización de artículos de investigación científica; para ello, son de gran ayuda las nuevas tecnologías y herramientas digitales. El objetivo de esta investigación fue analizar las métricas de usuarios de la revista científica *Ecos de la Academia* de la Universidad Técnica del Norte (UTN) con la herramienta Google Analytics. Esta investigación fue cuantitativa, con alcance descriptivo; el estudio se centró en determinar el número de usuarios en el sitio web, tiempo medio de permanencia, procedencia geográfica, usuarios por canales de tráfico y páginas dentro más visitadas, para lo que se utilizó la técnica de observación de las variables descritas durante el año 2023. Según la observación, la revista registra un aumento en el número de usuarios, alcanzando la cifra de 29 000, el tiempo de interacción promedio es de 1 minuto y 1 segundo, con un pico registrado el jueves 6 de abril, con una duración de 3 minutos. Respecto a la ubicación de la audiencia, Ecuador lidera, seguido de cerca por México y Colombia, datos que resaltan el alcance internacional de la revista. La mayoría de los nuevos usuarios provienen de la búsqueda orgánica, también por los canales directos; la página más visitada es el artículo "Gastronomía, historia y cultura afrodescendiente". Con base en los resultados obtenidos, se concluye que la evolución de la revista es significativa. La aplicación de estos hallazgos en áreas como las estrategias de comunicación, el contenido temático y la experiencia del usuario puede consolidar su posición actual, a fin de impulsar el crecimiento en la comunidad científica digital en el futuro. La atención a estos aspectos y la adaptación ágil a cambios en las tendencias y comportamientos son esenciales para mantener una presencia exitosa en el entorno digital.

Palabras clave: audiencia científica, estrategias de divulgación, métricas digitales, internacionalización, interacción de usuarios, optimización de contenido

ABSTRACT

Analyzing data from scientific journals is of relevance since positioning in digital environments is becoming increasingly important, especially when it comes to the visualization of scientific research articles. New technologies and tools are of great help in this. The objective of this research is to analyze the user metrics of the revista científica *Ecos de la Academia* of the Universidad Técnica del Norte (UTN) with the Google Analytics tool. This research is quantitative with a descriptive scope: the study focuses on determining the number of users on the website, average time spent, geographical origin, users by traffic channels, and most visited pages within. For this, the observation technique of the variables described in the year 2023 is used. According to the observation, the magazine registers an increase in the number of users, reaching the figure of 29,000, the average interaction time is 1 minute and 1 second, with a peak recorded on Thursday, April 6, with a duration of 3 minutes.

Regarding audience location, Ecuador leads, closely followed by Mexico and Colombia, with data that highlight the international scope of the scientific journal. Most of the new users come from organic search, also through direct channels, and the most visited page is the article "Gastronomy, history, and Afro-descendant culture". Based on the results obtained, it is concluded that the evolution of the scientific journal is significant. The application of these findings in areas such as communication strategies, thematic content, and user experience can consolidate the current position, to drive growth in the digital science community in the future. Paying attention to these aspects and adapting quickly to changes in trends and behaviors are essential to maintaining a successful presence in the digital environment.

Keywords: scientific audience, dissemination strategies, digital metrics, internationalization, user interaction, content optimization

Jaime Portilla-Chagna  orcid.org/0000-0002-7775-608X

David Ortiz-Dávila  orcid.org/0000-0003-4176-7403

Darwin Mafla-Tobar  orcid.org/0000-0001-7820-4968

Gandhy Godoy-Guevara  orcid.org/0000-0002-3212-8805



INTRODUCCIÓN

El uso de métricas para el análisis de sitios web de revistas científicas es un tema relevante que se ha abordado en diversas investigaciones; algunos aspectos específicos de esta temática son estudiados a nivel mundial, así como las tendencias identificadas en los resultados de búsqueda. Los análisis bibliométricos de publicaciones científicas incluyen la revisión de la productividad de los autores, las revistas y las regiones geográficas más prolíferas (Vélez et al., 2021).

La inclusión de revistas científicas en bases de datos indexadas, como Scopus o Web of Science, entre otros, proporciona acceso a datos, métricas y herramientas analíticas que permiten visualizar la producción de investigaciones en todo el mundo. Además, brinda información sobre autores, citas, coautores y factores de impacto, como el índice-H, que cuantifica los resultados de la investigación científica (Pinto et al., 2022).

Las estrategias de implementación y uso de las tecnologías de la información en la edición digital de revistas científicas implican la transformación vertiginosa de los procesos editoriales, especialmente con la llegada de la publicación digital, que representa un cambio en el paradigma de la publicación científica. De ahí la importancia del análisis bibliométrico y del uso de métricas para comprender la producción científica, identificar tendencias de investigación y evaluar el impacto de las publicaciones en revistas científicas a nivel mundial (Moncayo y Zevallos, 2018).

En Latinoamérica, este análisis puede ser útil para evaluar el impacto y la visibilidad de las publicaciones científicas, así como para identificar tendencias de investigación y valorar la calidad de las revistas, incluyendo el número de citas, referencias y el índice de impacto. Estas métricas pueden proporcionar información sobre la influencia y la importancia de la revista en el ámbito científico y pueden ser útiles para orientar futuras investigaciones y proyectos, además de servir para la promoción y difusión de las investigaciones (Chiroque-Solano y Chiroque-Solano, 2017).

Según Alonso y Reyna (2022), el grado de integración de características de calidad digital en los sitios web de revistas científicas puede ser evaluado a través de métricas, lo que permite identificar áreas de mejora en la presentación y accesibilidad de la información científica.

Respecto a la visibilidad científica, el análisis de métricas de sitios web de revistas indexadas, como el número de usuarios, la procedencia geográfica de los visitantes y la presencia en redes sociales, son indicadores que pueden ayudar a las revistas científicas a mejorar su impacto y alcance internacional, lo que contribuye a su reconocimiento y difusión a nivel global (Portilla et al., 2023).

Para evaluar la calidad de las revistas científicas en Latinoamérica se pueden utilizar diversas métricas específicas; el índice h y SJR son indicadores bibliométricos utilizados para evaluar el impacto y la calidad de las revistas científicas. El índice h proporciona una medida de la productividad y el impacto de las publicaciones de un autor o una revista, mientras que el SJR (Scimago Journal Rank) evalúa la influencia científica de las revistas en función de la calidad y la visibilidad de estas en el ámbito científico (Wilches-Visbal y Castillo-Pedraza, 2022).

La cantidad de citas registradas en perfiles académicos, como Google Scholar, y el número de seguidores en redes sociales, como Facebook, pueden proporcionar información sobre la influencia y la visibilidad de las revistas científicas. Estas métricas proporcionan información

sobre la relevancia y el impacto de las publicaciones; la colaboración interdisciplinaria y las relaciones establecidas entre las revistas a través de la colaboración científica pueden ser evaluadas mediante el análisis de redes sociales (ARS). Este enfoque permite evaluar la calidad de las redes establecidas por la ciencia y la interdisciplinariedad en el ámbito de la publicación científica (Cabero et al., 2013).

Las herramientas como Google Analytics permiten recopilar datos sobre el tráfico del sitio web y el comportamiento de los usuarios; esta herramienta proporciona información detallada sobre el número de visitas, la duración de las visitas, las páginas visitadas y la ubicación geográfica de los visitantes, entre otros datos relevantes (Ramírez et al., 2022). En el contexto de Latinoamérica, Google Analytics puede ser utilizado para evaluar el impacto y la visibilidad de las publicaciones científicas, y así mejorar la promoción y difusión de las investigaciones. Además, esta herramienta se puede emplear para evaluar la efectividad de las estrategias de marketing digital en las redes sociales y potenciar la calidad de los sitios web de las revistas científicas (Cauna-Huanca et al., 2023).

Por otro lado, es necesario destacar el ranking en el que muchas de las revistas científicas han sido catalogadas en Ecuador. El manejo de rankings de revistas científicas es importante para evaluar la calidad y el impacto de las publicaciones científicas en el país. Muchas de las revistas de universidades ecuatorianas hacen esfuerzos para poder ingresar a las bases de datos más importantes, como Scopus, Web of Science, Scielo o Latindex, entre otras, para lo que se deben cumplir requisitos específicos: la experiencia, el tiempo de regencia y la calidad de los artículos son aspectos muy importantes a tomar en cuenta, junto con las visitas a los sitios web, la permanencia del usuario, las descargas de artículos y otras métricas que son indicadores relevantes a la hora de ser calificadas (Uribe et al., 2016).

El estudio aborda el problema de entender y optimizar la interacción y el alcance de la revista científica OJS en el entorno digital. A través del análisis de diversas métricas proporcionadas por Google Analytics, como el número de usuarios, el tiempo de interacción, la procedencia geográfica de los usuarios, la procedencia de canales y las páginas con más visualizaciones, se busca identificar patrones de comportamiento y preferencias de la audiencia. Este conocimiento es fundamental para desarrollar estrategias de marketing digital más efectivas, mejorar la experiencia del usuario y aumentar la visibilidad y relevancia de la revista en la comunidad científica global.

De esta forma, se proporciona un análisis detallado y basado en datos del comportamiento y las preferencias de la audiencia de una revista científica digital. Al comprender mejor el número de usuarios, el tiempo de interacción, la procedencia geográfica, los canales de acceso y las páginas más visualizadas, los editores y gestores de revistas pueden desarrollar estrategias de marketing digital más efectivas, mejorar la experiencia del usuario y aumentar la visibilidad y el impacto de sus publicaciones. Esto, a su vez, facilita una mayor difusión del conocimiento científico, promueve la internacionalización de la investigación y fortalece la conexión entre los científicos y el público, contribuyendo así al avance del conocimiento y la innovación en diversas disciplinas (Chuquín et al., 2024).

Este trabajo busca contribuir significativamente a mejorar la calidad de las publicaciones científicas; su objetivo general es analizar las métricas de usuarios de la revista Ecos de la Academia de la Universidad Técnica del Norte (UTN) con la herramienta Google Analytics. Los objetivos específicos de esta investigación son: analizar y cuantificar el número de usuarios de la revista científica OJS durante el año 2023, evaluar

el tiempo de interacción promedio y los picos de interacción en la plataforma, determinar la procedencia geográfica de los usuarios con énfasis en los países con mayor representación, identificar los canales de acceso más efectivos que generan nuevos usuarios y destacar las páginas más visualizadas para comprender las preferencias temáticas de la audiencia. Estos objetivos buscan proporcionar una comprensión integral del comportamiento de los usuarios y de las tendencias de consumo de contenido, con el fin de mejorar la visibilidad y el impacto de la revista en la comunidad científica global, identificar áreas de mejora y fortalecer la calidad de la revista (Priem et al., 2011).

MÉTODOS

La investigación utiliza un diseño de estudio con enfoque cuantitativo de alcance descriptivo. Según Hernández et al. (2014), este tipo de investigación se refiere a un enfoque metodológico que busca describir y analizar fenómenos, variables o situaciones utilizando datos numéricos y técnicas estadísticas. Para ello, se recolectan datos a través de instrumentos estandarizados, como cuestionarios o encuestas. El objetivo de este tipo de investigación es proporcionar una visión clara y detallada de las variables estudiadas, identificando patrones y tendencias. Los resultados de la investigación cuantitativa descriptiva son especialmente útiles para generar conclusiones y generalizaciones sobre la población objetivo (Hernández et al., 2014).

Así, este enfoque permite identificar patrones de comportamiento y preferencias de la audiencia, proporcionando una visión integral del rendimiento digital de la revista. A través de este análisis, se busca obtener *insights* valiosos para desarrollar estrategias de marketing digital más efectivas, mejorar la experiencia del usuario y aumentar la visibilidad y relevancia de la revista en la comunidad científica global. El estudio se centra en analizar el número de usuarios y tiempo medio de permanencia en el sitio web, la procedencia de usuarios, la procedencia de canales y las páginas con más visualizaciones de la revista *Ecos de la Academia*; este análisis se realiza con un enfoque transversal de estudio en un periodo de tiempo determinado (2023).

Los datos de Google Analytics 4 se recopilaron de manera sistemática a lo largo del año 2023, abarcando desde el 26 de febrero, cuando inició la actividad en la plataforma de la revista científica OJS, hasta el final del año. Se extrajeron métricas clave, incluyendo el número total de usuarios, el tiempo promedio de interacción, los picos de interacción, la procedencia geográfica de los usuarios, los canales de acceso y las páginas más visualizadas. Estos datos fueron organizados y analizados cuantitativamente para identificar patrones y tendencias. El análisis se centró en comprender las preferencias de la audiencia y determinar áreas de mejora para aumentar la visibilidad y el impacto de la revista en la comunidad científica global (León-Gómez y Mora Forero, 2022). Para ello, se solicitaron los permisos correspondientes mediante oficio firmado para acceder a la información digital de la revista.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos después de realizar la observación, el análisis, la descripción y la extracción de la información brindada por la plataforma Google Analytics 4 relacionada con la revista científica *Ecos de la Academia* permiten la comprensión profunda de las métricas, que se han vuelto esenciales en la gestión y evolución de revistas científicas en la era digital. Las variables exploradas incluyen el número de usuarios,

el tiempo de interacción, la procedencia geográfica de los usuarios, la procedencia de usuarios nuevos por canales de ingreso y las páginas con más visualizaciones (Cevallos, 2020).

Este análisis no solo arroja luz sobre el rendimiento actual de la revista, sino que también proporciona información valiosa para mejorar la experiencia del usuario, aumentar la visibilidad internacional y perfeccionar las estrategias de marketing digital. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en cada una de estas variables, que proporcionan una visión completa de la dinámica y eficacia de la presencia online de la revista científica *Ecos de la Academia*.

Número de usuarios

En la variable número de usuarios durante el periodo de un año, específicamente en el 2023, se registró un impresionante total de 29 000 usuarios en la plataforma de la revista científica OJS. Es importante destacar que la actividad en la plataforma se inició el 26 de febrero del mismo año. Este significativo número de usuarios indica una rápida adopción y crecimiento de la audiencia desde el inicio de la presencia *online de la revista*.

Esta información pone de manifiesto el interés sostenido de la comunidad científica y de los lectores en general, reflejando un impacto positivo de las estrategias de lanzamiento implementadas desde el inicio. La segmentación temporal de este crecimiento, que se puede observar en la Figura 1, puede proporcionar *insights* valiosos sobre los momentos clave en los que se generó un mayor interés, a fin de aplicar ajustes estratégicos para optimizar futuras campañas y aprovechar eventos oportunos que estimulen la participación y suscripción de nuevos usuarios.

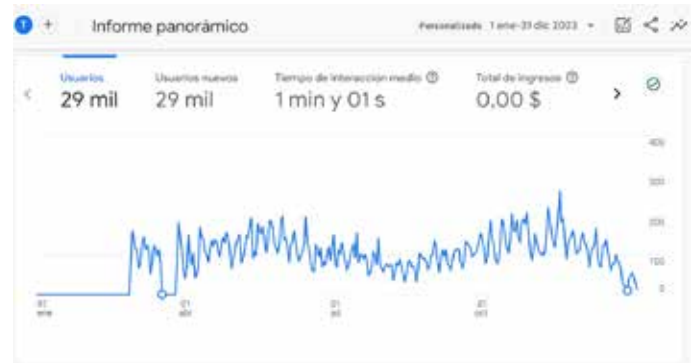


Figura 1. Número de usuarios durante 2023

Fuente. Google Analytics 4, revista *Ecos de la Academia*

La variabilidad en la afluencia de usuarios a lo largo del año puede asociarse a eventos específicos; lanzamientos de contenido destacado y la publicación semestral de la revista. Este dato constituye una base sólida para entender la dinámica temporal del interés de la audiencia y orienta estrategias futuras para mantener y ampliar esta base de usuarios.

Tiempo de interacción

La variable tiempo de interacción, medido en términos de la duración promedio de la visita de los usuarios, proporciona información valiosa sobre la participación del público. Se observó que la mayoría de los visitantes dedicaron un tiempo medio explorando el contenido, lo que indica un interés activo en los artículos publicados (Ortiz et al., 2022).

El transcurso del año 2023 revela un compromiso constante por parte de la audiencia de la revista científica. Con un tiempo medio de interacción de 1 minuto y 1 segundo, los usuarios demuestran participación e interés en el contenido ofrecido. Este indicador sugiere que, en promedio, los visitantes no solo acceden al material, sino que también se sumergen en su exploración, tal y como se muestra en la Figura 2.

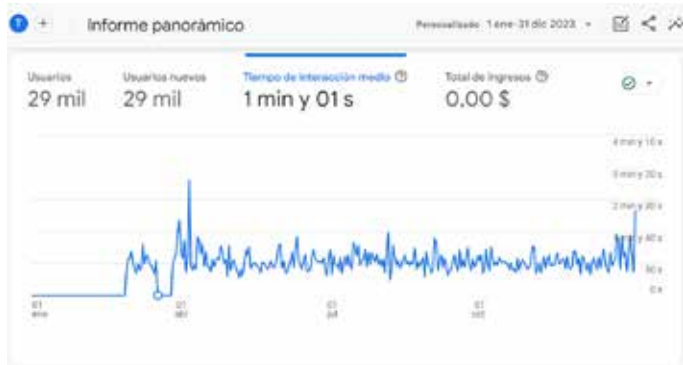


Figura 2. Tiempo de interacción medio durante 2023
Fuente. Google Analytics 4, revista Ecos de la Academia

Es particularmente interesante observar un pico excepcional el jueves 6 de abril, cuando el tiempo de interacción alcanzó los 3 minutos, marcando el intervalo más prolongado registrado en todo el año. Este evento específico merece una atención detallada para identificar el contenido o las circunstancias que generaron este aumento significativo en la participación. Explorar las características de esa fecha puede proporcionar valiosas percepciones sobre los factores que impulsan una mayor retención de usuarios y orientar estrategias futuras para replicar y potenciar esos momentos de máximo compromiso.

La comprensión de estas dinámicas temporales no solo permite apreciar la receptividad general del público, sino que también facilita la identificación de patrones y tendencias que influyen en el tiempo dedicado a la plataforma. Estos resultados son esenciales para perfeccionar la presentación de contenido, adaptar la frecuencia de publicación y optimizar la experiencia del usuario, contribuyendo así a mantener y fortalecer la conexión de la audiencia con la revista científica (Cobena et al., 2019).

La evaluación del tiempo de interacción confirma un compromiso saludable por parte de los usuarios dedicados a explorar la plataforma; esto sugiere que los visitantes no solo acceden al contenido, sino que también se involucran activamente con él. Este hallazgo subraya la relevancia y el atractivo del material publicado, instando a una exploración más profunda de las secciones o temáticas que captan la atención prolongada de la audiencia (Vicuña et al., 2019).

Procedencia geográfica

La variable procedencia geográfica de los usuarios reveló una diversidad notable en la audiencia de la revista científica Ecos de la Academia. Se identificaron regiones geográficas con una mayor concentración de visitantes. Además, la comparación de estos datos con la distribución de los autores ofrece información valiosa sobre la internacionalización de la revista como una posibilidad, alineando los contenidos con las preferencias y necesidades específicas de diversas audiencias globales (Soto y Clemente, 2021).

El análisis detallado de la procedencia de los usuarios a lo largo del año 2023 ofrece una visión integral de la audiencia diversa y global de la revista. Los datos revelan que la mayor cantidad proviene de

Ecuador, con un impresionante total de 12 000. Este hecho señala un fuerte impacto y reconocimiento en el ámbito local, subrayando la relevancia de la revista en la comunidad científica ecuatoriana, como se muestra en la Figura 3.



Figura 3. Procedencia de usuarios durante 2023
Fuente. Google Analytics 4, revista Ecos de la Academia

México, con 3600 usuarios, es el segundo país con mayor representación en la audiencia. Este hallazgo sugiere una expansión exitosa en la región y abre oportunidades para fortalecer aún más su presencia y participación. Colombia, con 2500 usuarios, ocupa el tercer lugar, indicando una incidencia significativa en América Latina.

Estos resultados no solo destacan la diversidad geográfica de la audiencia, sino que también ofrecen información valiosa para adaptar estrategias de comunicación concretas para cada región. La concentración de usuarios en ciertos países plantea la posibilidad de personalizar contenido según las preferencias y necesidades particulares de estas audiencias específicas. Además, este análisis establece una base sólida para la planificación de eventos o colaboraciones futuras, permitiendo que la revista científica fortalezca sus lazos con las comunidades científicas locales en los países más prominentes (González-Sanabria et al., 2019).

Usuarios nuevos por canales de tráfico

Respecto a la procedencia de usuarios nuevos por canales de tráfico, se debe señalar la eficacia de estos para la divulgación de la revista científica. Las métricas muestran la proporción de interesados que llegan a través de motores de búsqueda, redes sociales y enlaces directos, entre otros. Estos resultados son esenciales para optimizar las estrategias de mejora de la visibilidad en plataformas específicas; además, no solo indican el rendimiento actual, sino que también orientan la asignación de recursos para maximizar la visibilidad en los canales más efectivos (Cueva et al., 2023).

De esta forma, el análisis de la procedencia de nuevos usuarios por diferentes canales durante el año 2023 proporciona una visión detallada de las estrategias de divulgación más efectivas para la revista científica *Ecos de la Academia*. En primer lugar, los datos revelan que la mayoría de los nuevos usuarios provienen de canales de búsqueda orgánica, con un total de 16 071. Esta cifra destaca la importancia del posicionamiento en motores de búsqueda y la relevancia del contenido para atraer a un público que busca información específica. La optimización continua de palabras clave y estrategias SEO puede ser fundamental para mantener e impulsar el flujo constante de nuevos visitantes que se observa en la Figura 4.

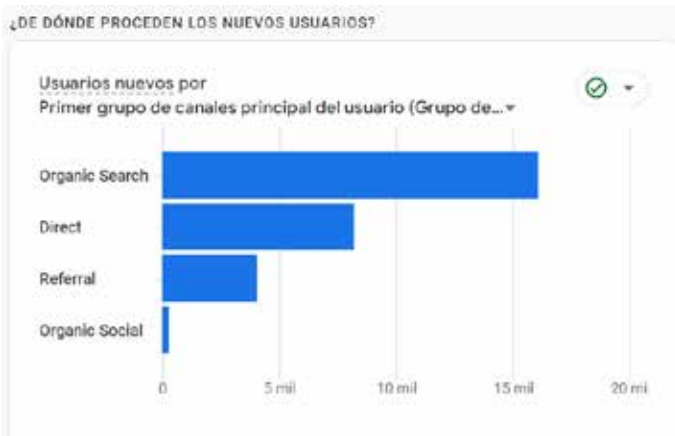


Figura 4. Usuarios nuevos por canales durante 2023
Fuente. Google Analytics 4, revista Ecos de la Academia

En segundo lugar, los canales directos contribuyeron con 8179 nuevos usuarios. Esta categoría indica que una parte significativa de la audiencia accede directamente a la revista científica, posiblemente a través de marcadores o enlaces guardados. Esta lealtad directa sugiere una conexión sólida con la marca y subraya la importancia de mantener una experiencia de usuario positiva y fácilmente accesible.

En tercer lugar, los referidos aportaron 4067 nuevos usuarios, dato que señala la efectividad de las asociaciones, colaboraciones y menciones en otros sitios web. Identificar las fuentes de referencia más exitosas y fortalecer esas conexiones puede potenciar aún más el crecimiento de la audiencia. Estos resultados son cruciales para ajustar las estrategias de divulgación.

Así, enfocarse en la optimización continua de la visibilidad en motores de búsqueda, la facilitación de accesos directos y el fomento de referencias colaborativas puede maximizar la captación de nuevos usuarios y fortalecer la presencia de la revista científica en la comunidad virtual. Es importante resaltar que la revista pertenece a una institución educativa pública y no dispone de un presupuesto para la promoción de marketing digital, lo que sugiere que los resultados obtenidos en estos campos son valiosos, pues el posicionamiento se ha logrado por medio de la gestión autónoma (Landeros-Olvera et al., 2023).

Páginas más visualizadas

La variable de páginas más visualizadas permite destacar áreas temáticas de particular interés para la audiencia. Este conocimiento puede dirigir la creación de contenido futuro y la promoción de secciones específicas para capitalizar el interés previamente demostrado. La optimización de la visibilidad de estas secciones puede potenciar la retención de usuarios y atraer a nuevos lectores interesados en temas particulares (Fuentealba et al., 2023).

Estos resultados no solo presentan una instantánea del rendimiento actual de la revista científica *Ecos de la Academia*, sino que también proporcionan un marco estratégico para mejorar la experiencia del usuario, aumentar la visibilidad internacional y garantizar un crecimiento sostenido en la comunidad científica digital.

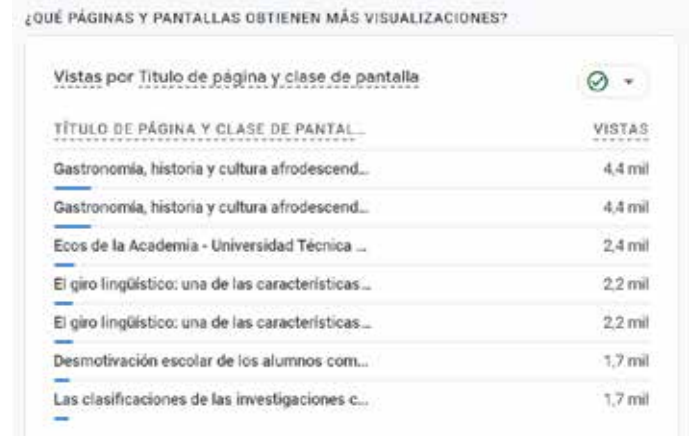


Figura 5. Páginas con más visualizaciones durante 2023
Fuente. Google Analytics 4, revista Ecos de la Academia

En primer lugar, destaca la página del artículo “Gastronomía, historia y cultura”, que registra un total de 4428 vistas. Este resultado indica un claro interés por los contenidos relacionados con la gastronomía, señalando una oportunidad para ampliar y profundizar en este tema específico. Estrategias como la promoción cruzada de artículos relacionados o la colaboración con expertos en gastronomía podrían potenciar aún más el atractivo de esta sección.

En segundo lugar, la página principal de la revista acumula 2439 vistas, consolidándose como un punto focal importante para la audiencia. Este dato respalda la importancia de mantener una página principal atractiva y fácil de navegar. Además, la identificación de las secciones más visitadas dentro de la página principal puede favorecer la presentación destacada de contenido y facilitar la exploración para los usuarios.

En tercer lugar, la página del artículo sobre el giro lingüístico recibió 2189 vistas. Este hallazgo señala el interés específico en temas relacionados con el giro lingüístico y sugiere oportunidades para explorar y expandir este contenido temático, así como para promover colaboraciones y discusiones en torno a este enfoque.

Estos resultados permiten que la revista científica adapte estrategias editoriales, enfocándose en las áreas temáticas más populares. La identificación de patrones de consumo de contenido puede guiar la planificación de futuras publicaciones, asegurando que la oferta de la revista responda directamente a las preferencias y expectativas de su audiencia (Valencia et al., 2020).

Los hallazgos de este estudio tienen importantes implicaciones prácticas para editores y gestores de revistas científicas. En primer lugar, el análisis detallado de las métricas digitales puede promover la optimización de estrategias de marketing digital, como la mejora continua del SEO y el uso de canales de búsqueda orgánica para atraer a más usuarios, como se detalla en la Tabla 1. La identificación de patrones de interacción y preferencias temáticas permite a los editores adaptar el contenido y la estructura de la revista para aumentar el compromiso y la satisfacción del usuario. Además, el conocimiento de la procedencia geográfica de la audiencia posibilita informar decisiones KPIs sobre colaboraciones internacionales y eventos regionales, fortaleciendo la presencia global de la revista. Finalmente, al comprender mejor las páginas más visualizadas, los editores pueden priorizar áreas temáticas de alto interés, fomentando una oferta de contenido más atractiva y relevante para la comunidad científica (Vinueza et al., 2024).

Tabla 1. Resumen de hallazgos claves.

Hallazgo	Detalle
Número de usuarios	29 000 usuarios durante el año 2023, comenzando la actividad el 26 de febrero.
Tiempo de interacción	Tiempo medio de interacción: 1 minuto y 1 segundo. Pico de interacción: 3 minutos, el 6 de abril.
Procedencia geográfica de los usuarios	Ecuador: 12 000 usuarios. México: 3600 usuarios. Colombia: 2500 usuarios.
Procedencia de usuarios por canales	Búsqueda orgánica: 16 071 usuarios. Acceso directo: 8179 usuarios. Referidos: 4067 usuarios.
Páginas con más visualizaciones	Artículo de gastronomía: 4428 vistas. Página principal de la revista: 2439 vistas. Artículo sobre giro lingüístico: 2189 vistas.

Fuente. Google Analytics 4, revista Ecos de la Academia

El estudio presenta ciertas limitaciones y posibles amenazas a la validez que deben ser consideradas. En primer lugar, los datos recopilados de Google Analytics se limitan a la información cuantitativa y no capturan aspectos cualitativos del comportamiento del usuario, como la satisfacción o las motivaciones detrás de las visitas. Además, la dependencia exclusiva hacia una sola herramienta de análisis podría omitir datos relevantes no registrados por Google Analytics. Otra limitación es la posible variabilidad en la recopilación de datos debido a cambios en los algoritmos de búsqueda o en las políticas de privacidad de los usuarios, lo que podría afectar a la consistencia y precisión de las métricas. Finalmente, el estudio se centra únicamente en el año 2023, por lo que puede no reflejar tendencias a largo plazo ni contemplar variaciones estacionales. Estas limitaciones sugieren la necesidad de un análisis complementario utilizando métodos cualitativos, con un período de estudio más extenso que permita obtener una comprensión más robusta y completa del comportamiento de los usuarios y de la efectividad de las estrategias de marketing digital.

CONCLUSIONES

El análisis detallado de las métricas proporcionadas por Google Analytics para la plataforma de la revista científica Ecos de la Academia durante el año 2023 ha revelado una riqueza de información valiosa sobre la audiencia, el rendimiento del contenido y la efectividad de las estrategias de divulgación. Estas conclusiones consolidan un panorama integral que orienta las acciones futuras y destaca áreas clave de enfoque para optimizar el impacto de la revista en la comunidad científica digital.

El notable incremento de la audiencia, alcanzando la cifra de 29 000 usuarios en un año, refleja un crecimiento significativo y sostenido en la acogida de la revista. Este aumento sugiere que las estrategias de comunicación implementadas han sido efectivas, pues han permitido atraer y retener a una audiencia cada vez más amplia. Las tendencias de crecimiento a lo largo del tiempo deben ser monitoreadas de cerca para adaptar las respuestas a patrones específicos y eventos que generen picos de actividad.

El tiempo de interacción promedio de un minuto y un segundo evidencia un compromiso activo por parte de la audiencia con el contenido ofrecido. El pico registrado el jueves 6 de abril, con un tiempo de tres minutos, señala la capacidad de la revista para generar interés prolongado en

momentos específicos. Este hallazgo resalta la importancia de evaluar de cerca el contenido publicado en fechas destacadas y explorar estrategias para mantener y expandir este compromiso activo.

La diversa distribución geográfica de la audiencia, con Ecuador liderando, seguido por México y Colombia, destaca la presencia internacional de la revista. Esta diversidad geográfica ofrece oportunidades para adaptar estrategias, aprovechando las preferencias y necesidades específicas de cada región. La identificación de colaboraciones y eventos relevantes para estas audiencias puede fortalecer aún más la conexión global de la revista.

El análisis de la procedencia de usuarios por canales resalta la importancia de mantener una sólida presencia en motores de búsqueda, ya que la mayoría de los nuevos usuarios provienen de canales de búsqueda orgánica. La lealtad evidenciada a través de los canales directos subraya la necesidad de facilitar el acceso directo a la plataforma. La optimización continua de estrategias de SEO y la atención a canales específicos pueden maximizar la captación de nuevos usuarios y consolidar la audiencia existente.

El análisis de las páginas más visualizadas permite destacar las áreas temáticas de mayor interés para la audiencia. La popularidad de la página del artículo de gastronomía, la página principal y la página sobre el giro lingüístico ofrece orientación sobre las preferencias específicas de la audiencia. La planificación de futuras publicaciones, la promoción cruzada de contenidos relacionados y la colaboración con expertos en estas áreas pueden maximizar el impacto y la relevancia del contenido.

Este estudio contribuye de manera original al campo de la comunicación científica digital al proporcionar un análisis cuantitativo exhaustivo y detallado de las métricas de Google Analytics para una revista científica OJS durante un año completo. Las contribuciones clave incluyen la identificación precisa de patrones de comportamiento y preferencias de la audiencia, el descubrimiento de la importancia de la búsqueda orgánica como principal canal de acceso y la revelación de las áreas temáticas de mayor interés con base en las páginas más visualizadas. Además, el estudio destaca la relevancia de adaptar estrategias de contenido y marketing a la procedencia geográfica de los usuarios, ofreciendo una guía práctica y basada en datos para mejorar la visibilidad, el compromiso y el impacto de las revistas científicas en la comunidad global. Estas contribuciones proporcionan un marco valioso para que los editores optimicen sus plataformas digitales y fortalezcan su conexión con la audiencia científica.

La aplicación reflexiva de estos hallazgos en áreas clave, como estrategias de comunicación, contenido temático y experiencia del usuario puede no solo consolidar la posición actual de la revista, sino también impulsar su crecimiento y relevancia en la comunidad científica digital en el futuro. La atención continua a estos aspectos y la adaptación ágil a cambios en las tendencias y comportamientos de la audiencia son esenciales para mantener una presencia vibrante y exitosa en el entorno digital.

Se sugieren varias líneas de investigación futuras para profundizar en la comprensión del comportamiento de los usuarios y en la efectividad de las estrategias digitales en revistas científicas. Una dirección prometedora es la combinación de análisis cuantitativos con estudios cualitativos para explorar las motivaciones y la satisfacción del usuario, proporcionando así una visión más holística del compromiso con el contenido. Además, una investigación longitudinal que extienda el período de análisis podría revelar tendencias estacionales y de largo

plazo, ofreciendo una perspectiva más robusta. Otra área de interés sería la comparación de métricas similares entre diferentes revistas científicas OJS para identificar prácticas exitosas y áreas comunes de mejora. Finalmente, el impacto de las estrategias de personalización y adaptación del contenido según la procedencia geográfica y las preferencias temáticas también merece una exploración más detallada, con el fin de optimizar la experiencia del usuario y aumentar la relevancia y el alcance global de las revistas científicas.

Agradecimientos: Contribución de los autores: Conceptualización: Portilla-Chagna; metodología: Portilla-Chagna; validación: Portilla-Chagna, Ortiz-Dávila; análisis formal: Portilla-Chagna, Ortiz-Dávila, Mafla-Tobar, Godoy-Guevara; investigación: Portilla-Chagna, Ortiz-Dávila; recursos: : Portilla-Chagna, Ortiz-Dávila, Mafla-Tobar, Godoy-Guevara; curación de datos: Portilla-Chagna; redacción y preparación del borrador original: Portilla-Chagna; redacción, revisión y edición: Portilla-Chagna, Ortiz-Dávila, Mafla-Tobar, Godoy-Guevara; visualización: Portilla-Chagna. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del documento”.

Fuente de financiamiento: Esta investigación no recibió financiamiento externo.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses. Los patrocinadores no tuvieron ningún papel en el diseño del estudio, recopilación, análisis o interpretación de datos, redacción del documento o en la decisión de publicar los resultados.

REFERENCIAS

- Alonso Gamboa, J. O. y Reyna Espinosa, F. R. (2022). Características de calidad digital de las revistas mexicanas calificadas en el Catálogo 2.0 de Latindex. *e-Ciencias de la Información*, 122. <https://doi.org/10.15517/ECI.V12I1.48603>
- Cabero Almenara, J., Llorente Cejudo, M. D. C. y Marín-Díaz Verónica. (2013). Las analíticas webs como elemento de apoyo al análisis de sitios web educativos. *Revista científica electrónica de Educación y Comunicación en la Sociedad del Conocimiento*, 2, 169–324. <http://www.eticanet.org>
- Cauna-Huanca, G. J., Zanabria Ticona, E. D., Torres Velazco, M., Pari Flores, J. y Cari-Calsin, C. (2023). Indexación de Sitios Web para Optimizar la Búsqueda de Paquetes Turísticos Basado en Web Scraping. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 6010–6027. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7392
- Cevallos Salazar, G. F. (2020). Análisis del desempeño del sitio Web del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) para evaluar su accesibilidad y usabilidad en los adultos mayores de la asociación de jubilados de la “Hermandad de Ferrovianos” de la ciudad de Quito. Propuesta de. *ComHumanitas: revista científica de comunicación*, 11(2), 149–178. <https://doi.org/https://doi.org/10.31207/rch.v11i2.243>
- Chiroque-Solano, R. y Chiroque-Solano, P. (2017). Visibilidad de la Revista Médica Herediana. Una revisión mediante Google Scholar Visibility of the Revista Médica Herediana. A Google Scholar review. *Rev Med Hered*, 28, 166–170. www.r-project.org/
- Chuquín Cadena, A. P., Suárez Chuquín, E. K., Portilla-Chagna, J. E. y Cadena Povea, H. R. (2024). La Visibilidad de la Producción Científica de la Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas de la Universidad Técnica del Norte en Redes Sociales Horizontales. *Sathiri Sembrador*. <https://doi.org/10.32645/13906925.1277>
- Cobeña, T., Zambrano Solorzano, T., Zambrano Pico, F. y Pinargote Ortega, M. (2019). Análisis de normas de accesibilidad web en el sitio web de la Facultad de Informática de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí. *Informática y Sistemas*, 3, 23–31. <http://revistas.utm.edu.ec/index.php/Informaticaysistemas>
- Cueva Estrada, J., Sumba Nacipucha, N., Paredes Floril, P., Sánchez-Bayón, A. y Carbo Guerrero, K. (2023). Correlación entre Facebook y Google Scholar en el impacto de revistas científicas. *Revista Latina de Comunicación Social*, 81, 314–331. <https://doi.org/10.4185/RLCS-2023-1897>
- Fuentealba, D., Flores-Fernández, C. y Carrasco, R. (2023). Análisis bibliométrico y de contenido sobre VUCA. *Revista Española de Documentación Científica*, 46 (2). <https://doi.org/https://doi.org/10.3989/redc.2023.2.1968>
- González-Sanabria, J. S., Díaz-Peñuela, J. S. y Castro-Romero, A. (2019). Análisis de los indicadores de Citación de las Revistas Colombianas en el Área de Ingeniería. *Información Tecnológica*, 30 (2), 293–302. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000200293>
- Hernández Sampieri, R., Fernández, C. y Baptista María. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta Edición). chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf
- Landeros-Olvera, E., Ramírez-Girón, N., Galicia-Aguilar, R. M., Alba-Alba, C., Lozada-Perezmitre, E. y Rodríguez-Hernández, M. J. (2023). Producción científica en revistas mexicanas de enfermería: análisis descriptivo y bibliométrico del periodo 2016-2020. *Enfermería Universitaria*, 19 (1), 4–19. <https://doi.org/10.22201/eneo.23958421e.2022.1.1276>
- León-Gómez, A. y Mora Forero, J. A. (2022). Análisis bibliométricos en publicaciones científicas sobre turismo sostenible en las universidades. *Human Review. International Humanities Review / Revista Internacional de Humanidades*, 11 (Monografico). <https://doi.org/10.37467/revhuman.v11.3991>
- Moncayo, M. y Zevallos, A. (2018). Análisis y divulgación de las métricas de redes sociales (RRSS). *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. www.eumed.net/rev/caribe/2018/03/metricas-redes-sociales.html
- Ortiz Padilla, G. A., Flores Urgiles, C. H., Padilla Cruz, I. N. y Carrillo Zenteno, J. A. (2022). Análisis de técnicas para pruebas de Ethical Hacking-Pentesting en sitios web. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 6 (42), 421–444. <https://doi.org/https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol6iss42.2022pp421-444>
- Pinto Vásquez, K. N., Vargas Aponte, J. P. y Vargas Aponte, S. J. (2022). Tendencias de Web 2.0 como plataforma tecnológica para la innovación en el pensamiento pedagógico docente. *Revista Temario Científico*, 2 (2), 39–49. <https://doi.org/10.47212/rtcalinin.2.2.4>
- Portilla Chagna, J. E., Cadena Povea, H. R., Godoy Guevara, G. L. y Chuquín Cadena, A. P. (2023). Visibilidad de la producción científica en redes sociales horizontales: estudio en la Universidad Técnica del Norte, Ecuador. *Uniandes Episteme*, 10 (4), 466–479. <https://doi.org/10.61154/RUE.V10I4.3263>
- Priem, J., Taraborelli, D., Groth, P. y Neylon, C. (2011). altmetrics: a manifesto altmetrics: a manifesto Cameron Neylon Science and Technology Facilities Council. *Scholarly Communication*, 185. <https://digitalcommons.unl.edu/scholcom/185>

- Ramírez, L. V., Benítez-Hernández, M. del C., Ramos-García, F. y Giraldo-Díaz, R. (2022). Investigación y formación de investigadores educativos agrícolas en México: principales tendencias globales, regionales, nacionales y locales. *Revista Investigium IRE Ciencias Sociales y Humanas*, 13 (2), 104–123. <https://doi.org/10.15658/investigiumire.221302.08>
- Soto Rodríguez, I. y Clemente Rivera, B. E. (2021). Caracterización de los Lectores Registrados de una Web Informativa con el algoritmo K-Means para Incrementar las Ventas. *Natura@economía*, 6 (1), 60–67. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21704/ne.v6i1.1731>
- Uribe Tirado, A., Vallejo Echavarría, J. C. y Betancur Marín, D. A. (2016). Somos visibles y tenemos impacto. Análisis desde datos de acceso abierto, Altmetrics y otros de la Revista Interamericana de Bibliotecología. *Revista Interamericana de Bibliotecología*, 39 (3), 243–275. <https://doi.org/10.17533/udea.rib.v39n3a04>
- Valencia Grajales, J. F., Valencia Grajales, A. M. y Marín Galeano, M. S. (2020). Las revistas científicas, la ciencia abierta y la medición entre las métricas y almétricas: un espejismo de la imagen de la ciencia versus la falsación científica. *Revista Indisciplinas*, 6 (11), 47–65. <https://doi.org/10.24142/indis.v6n11a3>
- Vélez Cuartas, G., Suárez Tamayo, M., Jaramillo Guevara, L. y Gutiérrez, G. (2021). Nuevo modelo de métricas responsables para medir el desempeño de revistas científicas en la construcción de comunidad: el caso de Redes. *Redes. Revista hispana para el análisis de redes sociales*, 32 (2), 110–152. <https://doi.org/10.5565/rev/redes.919>
- Vicuña, A., Florencia, A., Bazurto, J. y Erazo, O. (2019). Análisis de patrones de búsqueda de los usuarios en un sitio web de comercio electrónico usando Web Analytics. *Ingenio, científica y tecnología*, 2, 1–11. <https://doi.org/https://doi.org/10.18779/ingenio.v2i1.18>
- Vinueza, J. I., Godoy-Guevara, G. y Portilla-Chagna, J. (2024). Uso de Inteligencia Artificial en estrategias publicitarias: Estudio de caso de micro agencias publicitarias en Ibarra, Ecuador. *Correspondencias & Análisis*, 19. <https://doi.org/10.24265/cian.2024.n19.06>
- Wilches-Visbal, J. H. y Castillo-Pedraza, M. C. (2022). Indicadores bibliométricos: impacto y altmetrics para una evaluación amplia y equitativa de las revistas científicas de Colombia. *MedUNAB*, 25 (1), 5–8. <https://doi.org/10.29375/01237047.4363>

Análisis de la variación temporal entre áreas verdes y construidas usando imágenes satelitales. Caso de estudio: crecimiento urbano de Otavalo (Ecuador)

Guzmán Chávez Guillermo Geovanny¹, Ortiz Almeida Patricia Alexandra¹, Sánchez García Juan Andrés²

¹Pontificia Universidad Católica del Ecuador Ibarra

²Universidad Veracruzana, México

Autor para correspondencia: ggguzman@pucesi.edu.ec

Recibido: 2024/10/11

Aprobado: 2024/11/30

DOI: 10.26621/ra.v1i31.977

RESUMEN

Este estudio examina el impacto del crecimiento urbano en las áreas verdes de Otavalo, Ecuador, a través de un análisis multitemporal utilizando imágenes satelitales y técnicas de teledetección. Los índices espectrales, como el Normalized Difference Vegetation Index y el Normalized Difference Built-up Index, se aplicaron a imágenes Landsat 8 para detectar cambios en la cobertura vegetal y las áreas edificadas en los años analizados. Los resultados muestran una expansión significativa de las áreas construidas, acompañada de una drástica disminución de las áreas verdes, lo que subraya la necesidad de políticas urbanas sostenibles. Se concluye que la planificación territorial debe priorizar la protección de los espacios verdes para mitigar los impactos negativos del crecimiento urbano no planificado en Otavalo.

Palabras clave: crecimiento urbano, teledetección, imágenes satelitales, Otavalo, área verde, área construida


ABSTRACT

This study examines the impact of urban growth on green areas in Otavalo, Ecuador, through a multitemporal analysis using satellite imagery and remote sensing techniques. Spectral indices, such as the Normalized Difference Vegetation Index and the Normalized Difference Built-up Index, were applied to Landsat 8 images to detect changes in vegetation cover and built-up areas over the year analyzed. The results show a significant expansion of built-up areas, accompanied by a sharp decline in green spaces, highlighting the need for sustainable urban policies. It is concluded that territorial planning must prioritize the protection of green spaces to mitigate the negative impacts of unplanned urban growth in Otavalo.

Keywords: urban growth, remote sensing, satellite images, Otavalo, green area, built area

Guzmán Chávez, Guillermo Geovanny  orcid.org/0009-0000-7848-949X

Ortiz Almeida, Patricia Alexandra  orcid.org/0009-0008-0154-8605

Gabriela Delgado  orcid.org/0000-0003-2217-2711



INTRODUCCIÓN

El crecimiento urbano conlleva una de las principales transformaciones del paisaje natural, implicando una alteración y destrucción significativa del medio ambiente (León, 2016). A medida que las ciudades se expanden, las áreas naturales son reemplazadas por infraestructuras; en consecuencia, se genera una transformación de los ecosistemas naturales en entornos urbanos. El paisaje rural preexistente se modifica drásticamente; deja de ser analizado en términos botánicos, edafológicos y geomorfológicos, para ser interpretado desde una perspectiva urbano-territorial. Esta dinámica conduce a que la ciudad sea percibida como una negociación de la naturaleza por la sociedad (Jensen, 2019).

El objetivo de esta investigación es analizar los cambios espaciales en la configuración territorial entre áreas verdes y construidas en Otavalo, utilizando imágenes satelitales Landsat 8, herramientas de teledetección y análisis geoespacial para identificar las tendencias de expansión urbana entre 2013 y 2023. Se espera que los resultados proporcionen un entendimiento claro de cómo ha evolucionado el paisaje urbano de Otavalo, revelando la magnitud de la pérdida de áreas verdes y su impacto en el ambiente natural. Estos datos son necesarios para formular estrategias de conservación y reurbanización sostenible que permitan mitigar los efectos del crecimiento urbano descontrolado.

De igual manera, el ritmo de crecimiento de las ciudades se ha acelerado desde la década de 1950 y actualmente el 55 % de la población mundial vive en ellas. La tendencia para el año 2050 es que este porcentaje se incremente y que 7 de cada 10 habitantes se establezcan en las ciudades (Duval y Ramos, 2023). Por tanto, con este incremento del porcentaje de población que vive en las ciudades, se estimulará la expansión urbana desmedida, cuyo crecimiento se ha dado a partir de una ciudad central hacia las periferias. De esta forma, se establecen nuevos patrones de crecimiento con las siguientes características: dispersión urbana, ocupación discontinua, baja densidad, bordes urbanos difusos y carencia de límites, que han originado una expansión de forma espontánea y desorganizada en el territorio (Usach y Freddo, 2015), ocasionando cambios extremos en la pérdida de cobertura vegetal.

Por otro lado, la gestión de las áreas urbanas y la formación de ciudades más sostenibles son algunos de los retos más importantes para la humanidad (Pelorosso, 2020). Con esta premisa, el Ecuador ha desarrollado instrumentos que tratan de mitigar estos retos. Así, el marco normativo que define la creación del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) se encuentra establecido en la Constitución de la República del Ecuador de 2008 y en la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo (LOOTUGS), que fue aprobada en 2010 y entró en vigencia en 2011; en este marco se establecen principios, objetivos, estrategias y mecanismos para el ordenamiento del territorio, la gestión y el uso sostenible del suelo.

Es destacable el desarrollo de estudios y análisis usando imágenes satelitales, que permiten analizar cambios en el uso del suelo, especialmente en áreas de rápida expansión urbana (Abu Hatab et al., 2019). Sin embargo, ante la falta de datos fidedignos y oficiales, así como de una política institucional sobre datos abiertos, en Ecuador ha estado limitado el desarrollo de este tipo de estudios, lo que resalta la importancia de aplicar estas tecnologías para entender de manera consciente y analítica los desafíos de ciudades como Otavalo.

Características del área de estudio

Geográficamente, el cantón Otavalo está localizado en el sector sureste de la provincia de Imbabura, Ecuador, ubicado en un valle andino a una altitud de 2565 m s.n.m y a una distancia de 20 km de la capital provincial. La demarcación territorial del cantón comprende la ciudad de Otavalo, dos parroquias urbanas (San Luis y el Jordán) y nueve parroquias rurales (González Suárez, San Pablo del Lago, San Juan de Ilumán, Eugenio Espejo, San José de Quichinche, San Rafael, San Pedro de Pataquí, Dr. Miguel Egas Cabezas y Selva Alegre). En cuanto a su limitación territorial, al norte linda con los cantones de Antonio Ante, Cotacachi e Ibarra; al sur, con el cantón Quito; al este, con los cantones de Ibarra y Cayambe, y al oeste, con los cantones de Quito y Cotacachi (Espinoza y Goyes, 2022).

Áreas verdes como parte de la ciudad

Los factores ambientales, que incluyen las condiciones biofísicas, geomorfológicas, hidrogeológicas y ecológicas, constituyen la matriz biofísica de un espacio en particular. La importancia de considerar dichas características del suelo durante la etapa de planificación de los proyectos de diseño urbano radica en la capacidad de reconocer potencialidades y limitaciones entre las actividades atípicas que coexisten e interactúan entre sí para producir efectos tales como adición-yuxtaposición, fragmentación, inversión, interconexión, etc. De esta forma, se pueden prevenir disfunciones ambientales, tales como las inundaciones imprevistas, la pérdida de recursos hídricos, la erosión de tierras agrícolas y la dificultad para mantener la conectividad biótica (Folch y Bru, 2017).

Por otro lado, la expansión urbana se ha transformado en la primordial dificultad en términos de planificación, debido a su impacto en los recursos ambientales y el agotamiento de estos, lo que afecta significativamente a la vida en las zonas urbanas y rurales. Así, la consunción de los recursos naturales es uno de los problemas más relevantes relacionados con la expansión urbana. Además, la mancha urbana ha crecido en dirección a los núcleos rurales, fusionándose en una sola área urbana; esto ha afectado a los hitos geográficos y culturales de las distintas zonas, degradando áreas agrícolas y ecológicas. En consecuencia, se ha abusado de los recursos naturales y ha crecido la contaminación del ambiente natural; en este sentido, Otavalo está sufriendo los impactos negativos del crecimiento urbano, ya que la permutación en el uso del suelo ha llevado a la degradación de los recursos naturales (Flores y Chica, 2016).

Crecimiento urbano en Otavalo

El crecimiento urbano de Otavalo surge por el desarrollo económico, que tiene su origen en los "mindalaes", establecidos desde los años cincuenta (Atupaña et al., 2017); estos comerciantes fueron quienes se encargaron de realizar viajes a nivel nacional e internacional, ofreciendo sus productos y logrando posicionar el cantón. Paralelamente a este crecimiento, la acumulación de capital generado por la producción artesanal y agrícola impulsó un proceso de urbanización, sustentado por la comercialización y la demanda de terrenos urbanos (Bernal et al., 2022). Se generó así una dispersión en el territorio, expresado en el incremento de edificaciones, que implicó una reducción de las áreas verdes.

De esta manera, el crecimiento no planificado de Otavalo provocó que la ciudad pasara de ser compacta (desde sus inicios hasta aproximadamente 1970) a ser una ciudad dispersa, debido al

fraccionamiento y a la división del latifundio y minifundio en lotes para la repartición de tierras dentro de la familia. Como resultado, se produjo una segregación del territorio, acompañada de la degeneración del espacio urbanizado y la creación de rupturas. Este modelo se ha mantenido en el tiempo, promoviendo que las tierras continúen su proceso de fraccionamiento y que la ciudad crezca longitudinalmente y no en altitud (Espinoza y Goyes, 2022).



Figura 1. Crecimiento histórico de la ciudad de Otavalo
Fuente. Crecimiento urbano de Otavalo de 1883 a 2014, por X. Espinoza, 2022. <https://dspace.palermo.edu/ojs/index.php/cdc/article/view/6671/10490>

MÉTODOS

La investigación tiene un enfoque cuantitativo, basado en el análisis de imágenes satelitales para medir cambios en la cobertura de áreas verdes y edificadas a lo largo del tiempo, con un diseño no experimental longitudinal. Para realizar el análisis del crecimiento urbano en Otavalo y la valoración de los cambios en los periodos de tiempo establecidos, se usaron técnicas de teledetección que permiten monitorear la superficie terrestre, especificando los cambios del suelo en un periodo de tiempo (Salas et al., 2019). Como elementos necesarios para el procesamiento se emplearon los siguientes:

- Imágenes satelitales
- Software QGIS
- Correcciones atmosféricas
- Índices espectrales

Imágenes satelitales Landsat 8

Se descargaron las imágenes satelitales Landsat 8 del sistema del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) —www.earthexplorer.usgs.gov— de los años 2013 y 2023. La selección del año 2013 se debió a que el sistema no dispone de información anterior relacionada con el área de estudio; por otro lado, se escogió el año 2023 para generar una valoración y comparativa de diez años. Finalmente, para la elección de las imágenes se valoraron aquellas que tenían menor cobertura de nubes; se seleccionaron las siguientes:

- LC08_L1TP_010060_20130504_20200913_02_T1
- LC08_L1TP_010060_20230225_20230301_02_T1

Software QGIS

Se utilizó el software QGIS 3.18.2 para realizar el procesamiento de las imágenes satelitales; este es un programa de información geográfica (SIG) que además tiene una característica particular, pues es de código abierto licenciado bajo GNU - General Public License, lo que permite que cualquier persona pueda inspeccionar, modificar y mejorar. Por último, su versatilidad permitió que el trabajo fuese desarrollado en dos sistemas operativos diferentes, Windows y Mac OSX.

Correcciones atmosféricas

Mediante la utilización del complemento sobre el módulo SCP v 7.10.11 (Semi-Automatic Classification Pluggin) en el software QGIS 3.18.2, se realizó la corrección atmosférica de todas las bandas de manera automática a través del método de corrección atmosférica DOS1.

Tabla 1. Bandas Landsat 8 procesadas

L8	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B10
----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

Fuente. Elaboración propia

Para llevar a cabo una comparación de parámetros físicos obtenidos en distintas imágenes, es necesario realizar una conversión de radiancia a reflectancia, la cual depende de variables cruciales de corrección, el ángulo de incidencia solar y la fecha en que se tomó la imagen (Chuvieco, 2010).

Después de obtener las reflectancias de superficie de cada una de las bandas, se procedió a incorporar cada una de ellas en QGIS 3.18.2, proyectándolas en WGS84/UTM17S zona Ecuador. Por último, se recortó la imagen con un polígono que representa el área urbana de Otavalo (zona de estudio). A partir de estas imágenes, se ejecutó el cálculo de los índices espectrales dentro del mismo módulo; en la Tabla 2 se muestran las fórmulas aplicadas para cada índice.

Tabla 2. Índices y fórmulas empleadas para el procesamiento

	Índice	Landsat 8	Referencia
Índices de vegetación	NDVI Índice diferencial de vegetación normalizado		(Shukla et al., 2020)
	SAVI Índice de vegetación ajustado al suelo		(Huete, 1988)
Índices de construcción	NDBI Índice de áreas construidas de diferencia normalizada		(Zha et al., 2003)
	BU Índice urbanizado		(He et al., 2010)

Fuente. Elaboración propia

Índices espectrales

Para apreciar el crecimiento urbano de Otavalo, se generaron mapas de índices NDBI y BU, debido a que están estructurados bajo un índice que se aplica al crecimiento urbano; así, se compara la cartografía de los años definidos analizando tanto el crecimiento como la densificación. La realización del análisis de áreas verdes se procesó mediante los índices NDVI y SAVI, por la necesidad de contar con indicadores para la vegetación; de esta manera, se puede realizar la comparativa entre área construida y área verde.

Teniendo en cuenta la resolución de las imágenes Landsat 8 y el área de estudio de la zona urbana de Otavalo, se utilizó un mapa vectorial en formato shapefile, el cual permite generar una mejor visualización del tejido urbano, así como de su delimitación (Rosell y Vicente, 2016). Dicho mapa se encuentra disponible en Internet (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Otavalo).

NDVI

Es un índice usado para trabajar la identificación y el desarrollo de la vegetación gracias a la medición (por medio de sensores remotos instalados en los satélites) de la intensidad de la radiación de la banda del infrarrojo del espectro electromagnético, en la que la vegetación emite o refleja según su estado de salud (Geo Innova, 2021).

El NDVI está ligado a diversos factores. Uno de los más interesantes es la fenología de las masas vegetales o su estado de salud; se puede reconocer vegetación en crecimiento, vegetación sana o vegetación dañada por un incendio (Geo Innova, 2021).

SAVI

El método índice de vegetación ajustado al suelo (SAVI, por sus siglas en inglés) es un índice de vegetación que intenta minimizar las influencias del brillo del suelo utilizando un factor de corrección de brillo del suelo. Con frecuencia se utiliza en regiones áridas, donde la cubierta de vegetación es baja y genera valores entre -1.0 y 1.0 (ArcGIS, 2020).

NDBI

El índice de áreas construidas de diferencia normalizada (NDBI) utiliza las bandas NIR y SWIR para resaltar las áreas construidas por el hombre. Se basa en una relación para mitigar los efectos de las diferencias de iluminación del terreno, así como los efectos atmosféricos (ArcGIS, 2020).

BU

Es un índice para mapear áreas edificadas de manera efectiva a través de la manipulación aritmética de imágenes NDVI y NDBI codificadas derivadas de las imágenes (He et al., 2010).

A continuación, se muestra el procesamiento de los índices espectrales antes mencionados, demostrando que durante los diez años analizados se evidencia la reducción de la capa de cobertura vegetal y el incremento de área construida. Estos resultados se procesaron y se publican de manera detallada para brindar una comprensión completa de cada aspecto de la investigación. Se abordará esta etapa específicamente a

través del análisis de los indicadores mencionados.

En la Figura 2 y Figura 3 se observan las imágenes en color verdadero en Landsat 8; así, se puede observar una diferenciación visual entre los años seleccionados, evidente en las áreas verdes que se presentan en la urbe y, especialmente, en la disposición de la densidad de edificación.



Figura 2. Color verdadero de Otavalo año 2013

Fuente. Elaboración propia



Figura 3. Color verdadero de Otavalo año 2023

Fuente. Elaboración propia

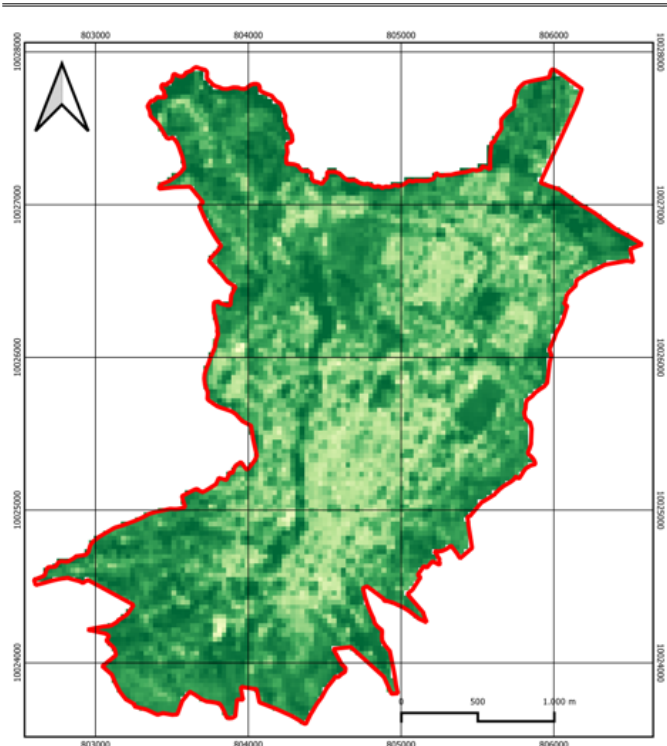


Figura 4. Índice NDVI año 2013
Fuente. Elaboración propia

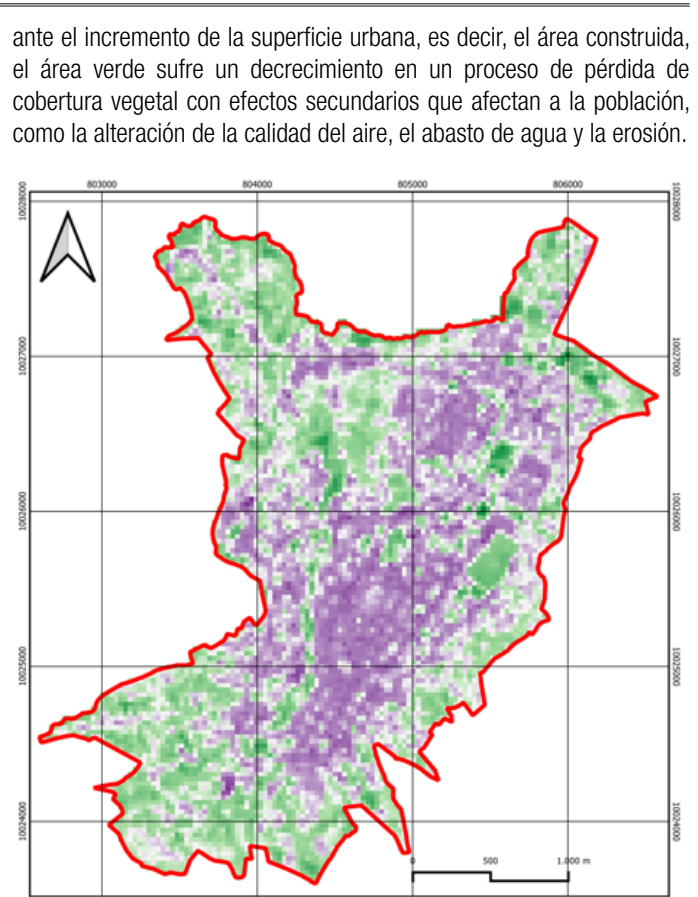


Figura 6. Índice SAVI año 2013
Fuente. Elaboración propia

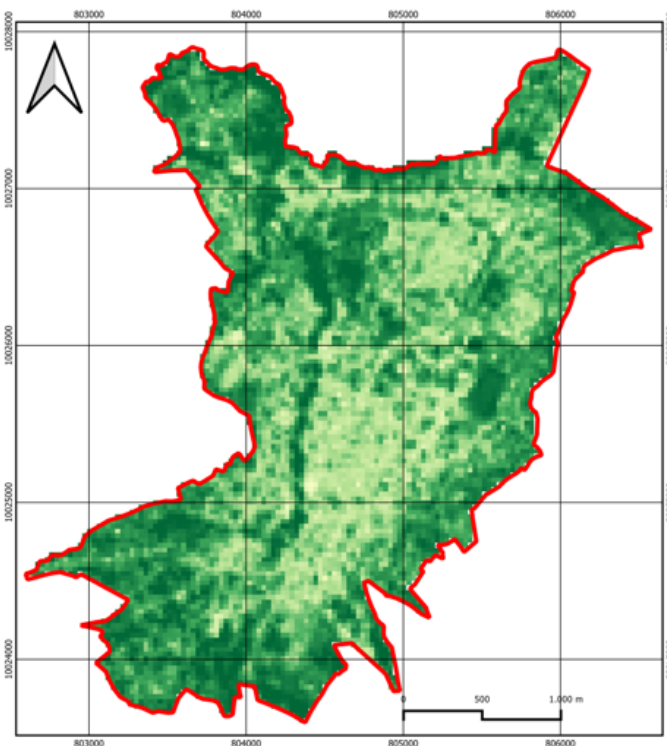


Figura 5. Índice NDVI año 2023
Fuente. Elaboración propia

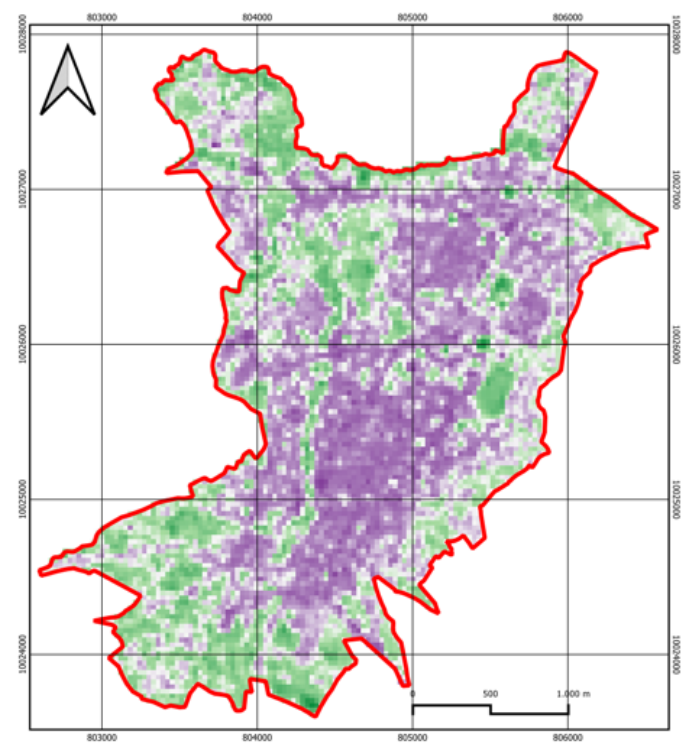


Figura 7. Índice SAVI año 2023
Fuente. Elaboración propia

LIMITE URBANO
 -1 - -0,6
 -0,6 - -0,2
 -0,2 - 0,2
 0,2 - 0,6
 0,6 - 1

En la Figura 4 y Figura 5 se aplica el índice NDVI, correspondiendo valores cercanos a -1, como vegetación enferma o seca, y los cercanos a 1, como vegetación sana. Así, se puede observar que en el año 2023 en la zona noroeste la vegetación ha ido perdiéndose. Además, se puede apreciar que, en la zona central del mapa, la poca vegetación del año 2013 desaparece completamente. Se pueden conectar estos hallazgos con el estudio de Fuentes y Martínez (2018), quienes determinaron que,

LIMITE URBANO
 -1 - -0,6
 -0,6 - -0,2
 -0,2 - 0,2
 0,2 - 0,6
 0,6 - 1

El índice SAVI, que tiene una mejor determinación de vegetación en las zonas edificadas, se ha aplicado en la Figura 6 y Figura 7; se puede observar que en 2013 los valores mínimos son uniformes en el casco urbano, es decir, menor presencia de vegetación y valores máximos en las zonas periurbanas. En el año 2023, se evidencia que la vegetación existente en el sur de la cartografía comienza a perderse; hay una menor cantidad de color verde debido a las nuevas construcciones.

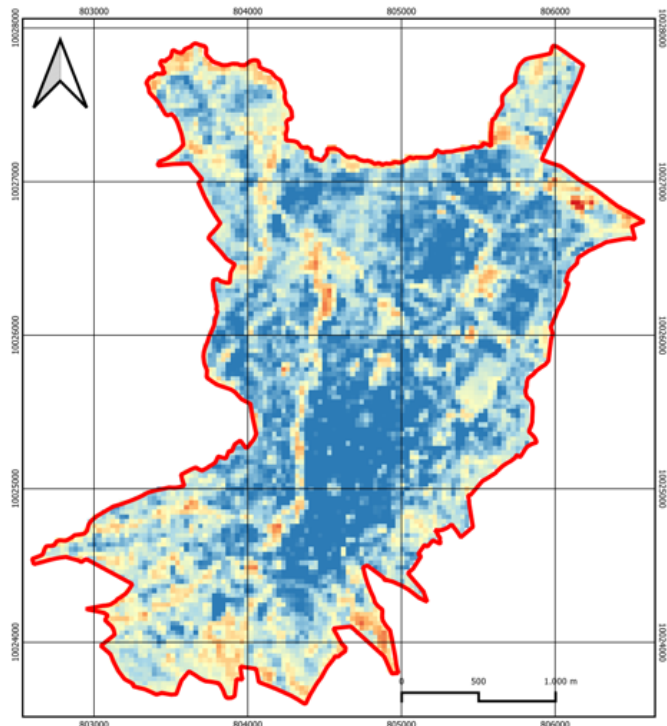


Figura 8. Índice NDBI año 2013
 Fuente. Elaboración propia

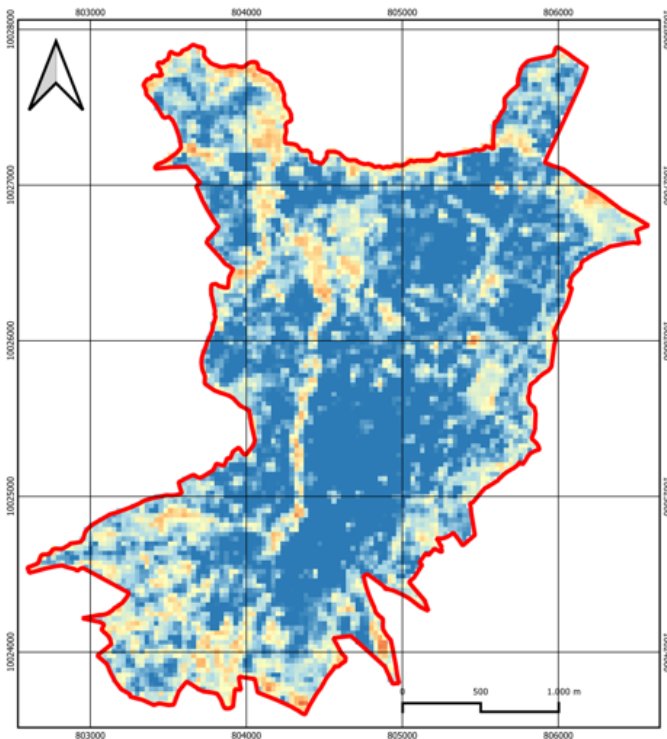


Figura 9. Índice NDBI año 2023
 Fuente. Elaboración propia

LIMITE URBANO
 -1 - -0,6
 -0,6 - -0,2
 -0,2 - 0,2
 0,2 - 0,6
 0,6 - 1

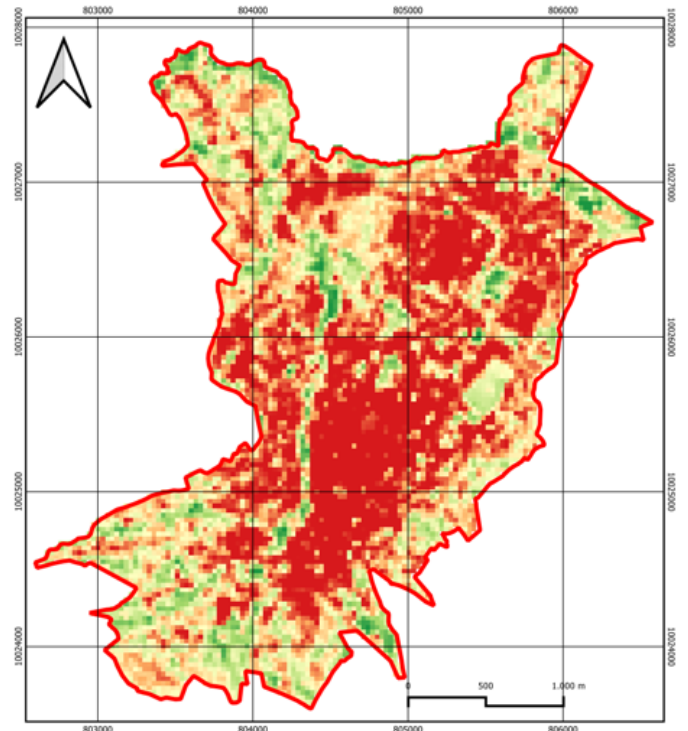


Figura 10. Índice BU año 2013
 Fuente. Elaboración propia

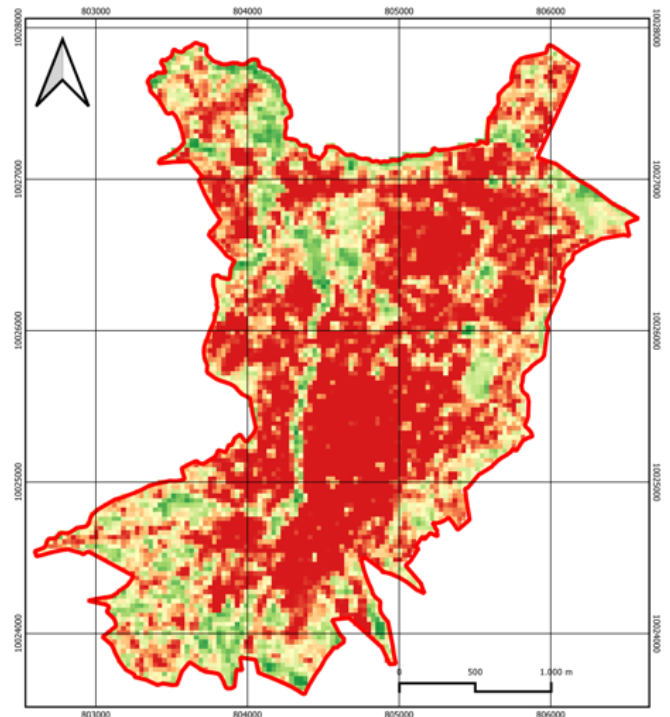


Figura 11. Índice BU año 2023
 Fuente. Elaboración propia

LIMITE URBANO
 -1 - -0,6
 -0,6 - -0,2
 -0,2 - 0,2
 0,2 - 0,6
 0,6 - 1

Los índices NDBI Y BU se complementan; así, se puede mencionar que el BU representa distintas proporciones entre vegetación y construcción. En la Figura 8 se puede analizar que en la parte suroeste del mapa existen valores medios; esto corrobora la información de la Figura 10, es decir, las extensiones de área verde aún estaban presentes en el territorio, frente a lo que se observa en el año 2023. Un hallazgo similar se puede encontrar en el análisis desarrollado por Rosell y Vicente (2016), en el que mencionan

que entre los años 1986 y 2015 la densificación de la edificación provocó la reducción de áreas verdes. Por otra parte, en la Figura 9, que se complementa con la Figura 11, se evidencia que en la misma zona el área verde ha ido eliminándose paulatinamente, todo ello por las construcciones formales e informales que se han desarrollado en el sector.

Adicionalmente, en la zona noreste, en la Figura 8 del año 2013, se evidencia la baja cantidad de construcciones existentes, al contrario de lo que se muestra en la Figura 9, en la cual se puede observar que las edificaciones nuevas han ido tomando parte del territorio, degradando el área verde y estableciéndose definitivamente. En consecuencia, se ha disminuido la calidad de vida de la población, ya que estos lugares son adecuados para la interacción social, tal y como se explica en el estudio realizado por Anzoátegui et al. (2006).

En las comparativas que se pueden realizar entre la Figura 8 y la Figura 9, existe una clara determinación entre la consolidación del centro urbano; se observa que el color azul, es decir, los valores cercanos a 1, se tornan más fuertes, lo que evidencia el incremento de edificaciones.

Asimismo, se encuentra otra evidencia importante tanto en el área norte como sur de las Figuras 8,9,10 y 11, pues se constata que la zona urbana del cantón Otavalo se alarga para extenderse hacia las áreas rurales, atravesando un proceso de conurbación característico de las ciudades del Ecuador. Por otro lado, en el área noroeste, se puede observar que la consolidación urbana es intensa, caracterizada por el incremento de barrios y ciudadelas, que, en muchos de los casos, se conformaron de manera informal.

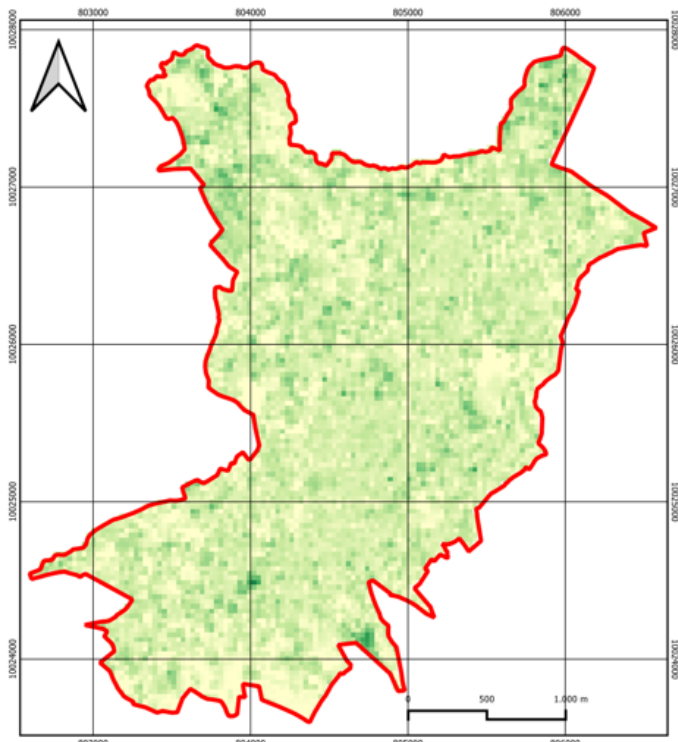


Figura 12. Índice NDVI2013 – NDVI2023

Fuente. Elaboración propia



En la Figura 12 se realizó la diferencia de los índices NDVI2013-NDVI2023, con resultados como la baja intensidad de áreas verdes para el cantón Otavalo, todo ello caracterizado por los procesos de crecimiento demográfico y, por ende, por la acumulación de áreas construidas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis multitemporal realizado en Otavalo utilizando imágenes satelitales y técnicas de teledetección revela un patrón preocupante de expansión urbana y pérdida de áreas verdes. Los resultados muestran una expansión significativa de las áreas construidas, con un aumento del 37 % durante los 10 años analizados. Este crecimiento no planificado ha tenido impactos visibles en la estructura del paisaje, con una disminución drástica de la cobertura vegetal, especialmente en las zonas periurbanas. Este aspecto no es diferente de lo que pasa en otras ubicaciones geográficas del Ecuador, como Machala, tal y como mencionan Pulla y Rodríguez (2021). Esta tendencia refleja un fenómeno que ha sido observado en otras ciudades latinoamericanas, en las que el crecimiento urbano ha invadido áreas agrícolas y naturales, comprometiendo los ecosistemas locales.

La reducción de áreas verdes en Otavalo no solo tiene implicaciones ecológicas, sino que también afecta negativamente a la calidad de vida de sus habitantes. La vegetación urbana cumple funciones vitales, como la regulación de la temperatura y la mejora de la calidad del aire, aspectos que se han visto gravemente afectados por la expansión urbana. El análisis del NDBI mostró un aumento constante en la impermeabilización del suelo, que ha contribuido a la formación de islas de calor urbanas. Este fenómeno ha generado un aumento de hasta 2 °C en la temperatura del suelo en las áreas más densamente urbanizadas, un hallazgo que coincide con estudios previos realizados en ciudades como Bogotá y Quito. Estos resultados evidencian la necesidad urgente de implementar políticas públicas que mitiguen estos efectos mediante la conservación y expansión de áreas verdes.

Además de los impactos ambientales, la fragmentación del paisaje causada por la expansión urbana ha incrementado la desigualdad socioespacial. Las áreas urbanizadas más densas, particularmente en las zonas económicamente más vulnerables, carecen de accesos adecuados a áreas verdes; en consecuencia, se intensifica la segregación social y se limitan las oportunidades de recreación y esparcimiento de la población. Este fenómeno, observado también en estudios realizados en otras ciudades latinoamericanas, subraya la necesidad de una distribución más equitativa de los espacios verdes como parte de una planificación urbana inclusiva. La falta de acceso a áreas verdes también tiene efectos negativos en la salud pública, ya que la presencia de vegetación en las ciudades está directamente relacionada con la reducción del estrés y la mejora del bienestar físico y mental.

En términos metodológicos, el uso de imágenes satelitales Landsat 8 y la aplicación de índices espectrales, como el NDVI y el NDBI, proporcionaron resultados fiables para la detección respecto a los cambios en la cobertura del suelo, tal y como señalan Picone y Linares (2014). Estos índices han sido ampliamente utilizados en estudios similares y su aplicación en Otavalo resultó ser adecuada para capturar la magnitud de la urbanización y la pérdida de vegetación. Sin embargo, dado que las imágenes Landsat tienen una resolución espacial de 30 metros, algunas áreas urbanas pequeñas o muy fragmentadas pueden no haber sido detectadas con la precisión deseada. Estudios futuros podrían beneficiarse del uso de imágenes satelitales de mayor resolución, como las proporcionadas por Sentinel-2, para mejorar la exactitud de los resultados.

Otro aspecto importante por considerar es el impacto a largo plazo de la expansión urbana sobre los recursos hídricos locales. La impermeabilización del suelo, que fue claramente detectada a través del análisis del NDBI, no

solo aumenta el riesgo de inundaciones, sino que también disminuye la capacidad de recarga de los acuíferos. Esto puede tener efectos graves en la disponibilidad de agua para la población local, especialmente en áreas rurales que dependen del agua subterránea para la agricultura y el consumo. En este contexto, es fundamental que las políticas de planificación territorial incluyan la protección de las áreas verdes como parte integral de la estrategia para preservar los recursos naturales.

Finalmente, los hallazgos de este estudio reafirman la importancia de incorporar herramientas de teledetección y análisis geoespacial en la toma de decisiones urbanas. La capacidad de monitorear de manera continua y precisa los cambios en el uso del suelo proporciona a los planificadores urbanos una herramienta valiosa para gestionar el crecimiento de manera más sostenible. En el caso de Otavalo, los datos obtenidos pueden utilizarse para desarrollar un plan de acción orientado a la protección de las áreas verdes restantes, que no solo mejore la conectividad, sino que también proporcione beneficios sociales y ambientales significativos.

CONCLUSIONES

Este estudio ha demostrado que la expansión urbana en Otavalo ha tenido un impacto severo en la cobertura de áreas verdes, lo que subraya la necesidad urgente de políticas de planificación territorial que prioricen la conservación de estos espacios. La integración de modelos basados en el rendimiento, como el sugerido por Pelorosso (2019), podría mejorar la gestión del crecimiento urbano y garantizar un desarrollo más equilibrado.

Por otro lado, la creación de corredores ecológicos y la protección de áreas verdes privadas pueden ser estrategias para enfrentar estos desafíos, pues su implementación podría mejorar la calidad de vida de los habitantes de Otavalo y proteger su riqueza natural para las generaciones futuras.

Adicionalmente, el análisis mediante el procesamiento de imágenes satelitales Landsat 8 y el estudio del proceso urbano que ha atravesado el cantón Otavalo permiten observar que en el área urbana disminuyó el nivel de vegetación y se acrecentó la densificación de edificación. Se comprobó el alto crecimiento de edificaciones por la presencia de nuevos barrios y de la instauración de viviendas informales, que evidencian una gran ocupación.

Se puede deducir que la precisión de las imágenes satelitales proporcionadas por el sensor Landsat 8 es fundamental para mejorar la capacidad de análisis a gran escala en zonas urbanas. Las imágenes son de gran importancia debido a su prolongada historia y a la gran cantidad de investigaciones existentes que permiten comparar los resultados obtenidos con distintos sensores de esta misión.

En términos de planificación urbana, la investigación también sugiere estrategias proactivas para mitigar los impactos negativos del crecimiento urbano. La recomendación de fortalecer las regulaciones para la protección de áreas verdes privadas y públicas se torna de gran importancia, al proporcionar ejemplos concretos de medidas aplicables. Así, la investigación ofrece no solo un diagnóstico de la situación, sino también soluciones viables que pueden ser adoptadas por los tomadores de decisiones locales. De esta forma, se fortalece la relación entre la investigación académica y la práctica de la gestión urbana sostenible.

En conclusión, el crecimiento urbano en Otavalo ha tenido un impacto negativo considerable en las áreas verdes y en la sostenibilidad

ambiental de la ciudad. El estudio evidencia la necesidad de adoptar políticas públicas estrictas que limiten la expansión urbana descontrolada y promuevan la conservación de espacios verdes. Por otro lado, la aplicación de tecnologías, como la teledetección y el análisis SIG en el monitoreo continuo del crecimiento urbano, son claves para mitigar los efectos negativos a largo plazo y garantizar un desarrollo más equilibrado y sostenible.

Contribución de la investigación

Esta investigación proporciona una contribución significativa en el ámbito de la planificación urbana sostenible y la gestión de recursos naturales mediante el uso de tecnologías de teledetección y análisis geoespacial. Al centrarse en Otavalo, una ciudad intermedia en Ecuador, el estudio llena un vacío importante en la literatura sobre los impactos del crecimiento urbano en áreas no metropolitanas, en las que el fenómeno de la expansión urbana no planificada ha sido menos estudiado. Los resultados obtenidos permiten un análisis local, pero también son aplicables a otras ciudades en rápido crecimiento de América Latina, donde las dinámicas de urbanización tienden a seguir patrones similares.

Una de las principales contribuciones del estudio es la aplicación de índices espectrales, como el NDVI y el NDBI, para monitorear y cuantificar la pérdida de áreas verdes en relación con la expansión de áreas edificadas, tal y como mencionan Dutta y Das (2019). Este enfoque metodológico no solo proporciona una medida precisa de los cambios en el uso del suelo, sino que también ofrece una herramienta replicable que puede ser utilizada por otros investigadores y planificadores urbanos en diversas geografías. La integración de estos índices espectrales y la clasificación supervisada con el software QGIS permite destacar cómo el uso de herramientas accesibles y gratuitas puede democratizar el acceso a tecnologías avanzadas para la planificación territorial.

Además, este trabajo refuerza la importancia de las áreas verdes como componentes esenciales para la sostenibilidad de las ciudades, particularmente en términos de su capacidad para mitigar los efectos del cambio climático y las islas de calor urbanas. La investigación cuantifica cómo la disminución de áreas verdes en Otavalo ha contribuido al aumento de la temperatura local; un hallazgo que subraya la necesidad de priorizar la conservación de espacios naturales en los planes de desarrollo urbano. En este sentido, el estudio aporta un enfoque basado en datos para apoyar la formulación de políticas públicas que promuevan el desarrollo sostenible de ciudades intermedias, evitando los errores cometidos en centros urbanos más grandes y consolidados.

Otra contribución clave es la dimensión socioespacial abordada en el estudio. Al resaltar la desigualdad en el acceso a las áreas verdes, el trabajo no solo presenta un análisis ambiental, sino que también pone de relieve los efectos sociales de la expansión urbana. Esto ofrece una perspectiva integral que conecta la sostenibilidad ambiental con el bienestar social, sugiriendo que los espacios verdes son elementos clave para la cohesión social y el bienestar general de la población. Esta visión inclusiva es particularmente relevante para ciudades en crecimiento, en las que la urbanización no planificada tiende a afectar desproporcionadamente a las comunidades más vulnerables.

Finalmente, este estudio contribuye al creciente cuerpo de conocimiento sobre el uso de tecnologías de teledetección para la planificación urbana basada en datos. Los hallazgos de la investigación pueden ser utilizados como base para futuros estudios que busquen mejorar los modelos predictivos sobre la expansión urbana y la pérdida de áreas

verdes en ciudades intermedias de América Latina. En particular, la combinación del análisis de teledetección con datos socioeconómicos podría proporcionar una comprensión más completa de los impulsores de la expansión urbana y permitir la creación de modelos predictivos más precisos.

Contribución de los autores: Conceptualización: Guzmán; metodología: Guzmán; software: Guzmán, Ortiz; validación: Guzmán, Sánchez; análisis formal: Guzmán, Ortiz, Sánchez; investigación: Guzmán; recursos: Guzmán; curación de datos: Guzmán, Ortiz, Sánchez; redacción y preparación del borrador original: Guzmán; redacción, revisión y edición: Guzmán, Ortiz, Sánchez; visualización: Guzmán. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del documento.

Fuente de financiamiento: Esta investigación no recibió financiamiento externo.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

REFERENCIAS

- Abu Hatab, A., Cavinato, M. E. R., Lindemer, A. y Lagerkvist, C. J. (2019). Urban sprawl, food security and agricultural systems in developing countries: A systematic review of the literature. *Cities*, 94, 129–142. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.06.001>
- Anzoátegui, B., Argumedo, J., Pérez, E. y Serrano, L. (2006). *Estudio sobre la expansión urbana de la ciudad de Montería, utilizando imágenes de satélite. De los años 1991 y 2001*. <http://www.observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal11/Geografiasocioeconomica/Geografiaurbana/28.pdf>
- ArcGIS. (2020). *Galería de índices*. <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/help/data/imagery/indices-gallery.htm>
- Atupaña, N., Burbano, H. y Chiriboga, P. (2017). Guía para la prevención de la trata de personas con fines de explotación laboral de niños niñas y adolescentes de los pueblos Kichwa Otavalo y Cotacachi. *MINDALAE: Tradición Con Responsabilidad*. <https://repositorio.dpe.gob.ec/handle/39000/3212>
- Bernal, Á., Hernández, Y. y Beltrán, J. (2022). Reflexiones en torno a los factores que influyen en la expansión urbana: revisión de metodologías e instrumentos de investigación. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 31 (2), 434–449. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v31n2.89742>
- Dutta, I. y Das, A. (2019). Application of geo-spatial indices for detection of growth dynamics and forms of expansion in English Bazar Urban Agglomeration, West Bengal. *Journal of Urban Management*, 8 (2), 288–302. <https://doi.org/10.1016/j.jum.2019.03.007>
- Duval, V. S. y Ramos, M. B. (2023). Expansión urbana y espacios verdes en Bahía Blanca. *Proyección. Estudios Geográficos y de Ordenamiento Territorial*, 17 (33), 96–119. <https://doi.org/10.48162/rev.55.038>
- Espinoza, X. y Goyes, A. (2022). Oportunidad en el vacío: proyecto urbano arquitectónico como catalizador de relaciones sociales en el casco central de Otavalo. *Cuaderno 151*. <https://dSPACE.palermo.edu/ojs/index.php/cdc/article/view/6671/10490>
- Flores, G. y Chica, J. (2016). La pérdida de áreas verdes privadas como consecuencia de la construcción irregular. El caso de Cuenca-Ecuador. *ESTUDIOS SOBRE ARTE ACTUAL*, 4. <https://dSPACE.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/37831/1/documento.pdf>
- Folch, R. y Bru, J. (2017). *Ambiente, territorio y paisaje Valores y valoraciones*. <https://www.fundacionaquae.org/wp-content/uploads/2017/12/AMBIENTE-TERRITORIO-Y-PAISAJE.pdf>
- Fuentes, B. y Martínez, Y. (2018). *Crecimiento urbano y su impacto en el paisaje natural*. http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/sitios/rdebeta/rde_26/RDE25_art06.pdf
- Geo Innova. (2021). *Los 9 principales índices de vegetación más usados en teledetección*. <https://geoinnova.org/blog-territorio/analisis-de-indices-de-vegetacion-en-teledeteccion/>
- He, C., Shi, P., Xie, D. y Zhao, Y. (2010). Improving the normalized difference built-up index to map urban built-up areas using a semiautomatic segmentation approach. *Remote Sensing Letters*, 1 (4), 213–221. <https://doi.org/10.1080/01431161.2010.481681>
- Huete, A. R. (1988). A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). En *REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT* (Vol. 25). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/003442578890106X>
- Jensen, K. (2019). La expansión urbana y el derecho a los espacios verdes de uso público como elemento esencial en el derecho a la ciudad. *Revista de Direito Da Cidade*, 11. <https://doi.org/10.12957/rdc.2019.40604>
- León, F. (2016). Aplicación de imágenes satelitales en procesos físico-urbanos. Caso de estudio: Crecimiento Urbanístico de Quito (Ecuador) año 1991 a 2000. *REVISTA GEOCIENCIAS & GEODATOS*. https://www.researchgate.net/publication/303820364_Aplicacion_de_imagenes_satelitales_en_procesos_fisico-urbanos_Caso_de_estudio_Crecimiento_Urbanistico_de_Quito_Ecuador_ano_1991_a_2000
- Pelorusso, R. (2020). Modeling and urban planning: A systematic review of performance-based approaches. En *Sustainable Cities and Society* (Vol. 52). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101867>
- Picone, N. y Linares, S. (2014). Propuesta metodológica para la extracción y análisis de densidades urbanas mediante teledetección y SIG. Caso de estudio: ciudad de Tandil, Argentina. En *Revista Universitaria de Geografía* (Vol. 23, Issue 2). <https://www.redalyc.org/pdf/3832/383239105002.pdf>
- Pulla, E. y Rodríguez, B. (2021). *ANÁLISIS DEL ÍNDICE VERDE URBANO Y CRECIMIENTO DE LA CIUDAD DE MACHALA EN LOS PERIODOS 2000-2018*. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/468/445>
- Rosell, P. y Vicente, M. (2016). *Análisis del crecimiento demográfico y la relación entre espacios verdes y edificados en Darregueira con QGIS*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2863.7687>
- Salas, C., Coy, D., Acuña, K., Páez, L. y Upegui, E. (2019). Crecimiento urbano e impermeabilización del suelo alrededor de la Reserva Forestal Thomas van der Hammen, en la ciudad de Bogotá. *Ambiente y Desarrollo*, 23 (44). <https://doi.org/10.11144/javeriana.ayd23-44.cuis>
- Shukla, G., Tiwari, P., Dugesar, V. y Srivastava, P. K. (2020). Estimation of evapotranspiration using surface energy balance system and satellite datasets. In *Agricultural Water Management: Theories and Practices* (pp. 157–183). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812362-1.00009-6>
- Usach, N. y Freddo, B. (2015). Crecimiento de una ciudad dispersa: análisis y reflexiones del caso de la ciudad de Comodoro Rivadavia. *Informes Científicos Técnicos - UNPA*, 7 (1), 219–243. <https://doi.org/10.22305/ict-unpa.v7i1.122>
- Zha, Y., Gao, J. y Ni, S. (2003). Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 24 (3), 583–594. <https://doi.org/10.1080/01431160304987>

Análisis de ruido con series de tiempo de la red GNSS de monitoreo continuo del Ecuador (REGME)

Gustavo Roberto León Lara¹, Marco Patricio Luna Ludeña²

¹ Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, Departamento de Ciencias Exactas. Av. General Rumiñahui s/n. Sangolquí - Pichincha. Ecuador

² Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción. Av. General Rumiñahui s/n. Sangolquí - Pichincha. Ecuador

*Autor para correspondencia: gustavo.leon@upec.edu.ec

Recibido: 2024/07/03 Aprobado: 2024/11/30

DOI: <https://doi.org/10.26621/ra.v1i31.956>

RESUMEN

En la presente investigación se analizó el tipo de ruido presente en la Red GNSS de Monitoreo Continuo del Ecuador (REGME) con la aplicación de técnicas de series temporales, como la serie de Fourier y modelos ARIMA. Se logró extraer y clasificar el ruido de 52 estaciones, para obtener una visión clara de las interferencias que afectan las mediciones GNSS; estos resultados permitieron generar recomendaciones para la optimización del monitoreo continuo y el aumento de la precisión de los datos geodésicos.

Tras un análisis inicial de la duración de los datos, se identificaron 16 estaciones viables para el estudio, descartando las demás debido a la insuficiencia de datos o a información que no cumplía con los requisitos para el tratamiento. Los datos seleccionados fueron depurados y se aplicó un análisis de descomposición lineal a las series temporales para calcular valores estadísticos, como tendencias, estacionalidades y ruido. Se concluyó que una estación presentaba ruido blanco, mientras que fue común encontrar ruido rosa o *flicker* en la mayoría, típico de estaciones de monitoreo continuo. Sin embargo, algunas estaciones, como GZEC y SIEC, mostraron un tipo de ruido rojo o *random walk*, con índices espectrales cercanos a -2, atribuido a la estabilidad del monumento o al tipo de suelo en el que se encuentran empotradas las estaciones. Así, se busca que los hallazgos encontrados a partir de esta investigación puedan aplicarse a otras áreas del conocimiento.

Palabras clave: ruido, serie de Fourier, series de tiempo, estaciones de monitoreo


ABSTRACT

In the present investigation, the type of noise present in the GNSS Continuous Monitoring Network of Ecuador (REGME) was analyzed, with the application of time series techniques, such as the Fourier series and ARIMA models. It was possible to extract and classify the noise of 52 stations, to obtain a clear view of the interferences that affect GNSS measurements. These results allowed for generating recommendations for the optimization of continuous monitoring and to increase the accuracy of geodetic data.

After an initial analysis of the duration of the data, 16 viable stations were identified for the study, discarding the others due to insufficient data or information that did not meet the requirements for treatment. The selected data was cleaned, and a linear decomposition analysis was applied to the time series to calculate statistical values such as trends, seasonality, and noise. It was concluded that one station presented white noise, and it was common to find pink noise or flicker in the majority, typical of continuous monitoring stations. However, some stations, such as GZEC and SIEC, showed a type of red noise or random walk, with spectral indices close to -2, attributed to the stability of the monument or the type of soil in which the stations are embedded. Thus, it is intended that the findings of this research can be applied to other areas of knowledge.

Keywords: noise, Fourier series, time series, monitoring stations

Gustavo Roberto León Lara  orcid.org/0009-0003-8690-4659

Marco Patricio Luna Ludeña  orcid.org/0000-0003-1433-2658



INTRODUCCIÓN

En 1974, surgieron los sistemas globales de navegación satelital (GNSS), herramientas fundamentales para la navegación terrestre y por satélite. Estos sistemas han evolucionado significativamente con el desarrollo de nuevos sensores, lo que ha permitido que la navegación por satélite impulse una revolución en la topografía moderna. Gracias a su metodología, características y aplicaciones específicas, se considera que esta tecnología es altamente efectiva (Bhardwaj, 2020). Además, los GNSS son de gran utilidad para la comunidad científica, pues su amplia gama de aplicaciones en la investigación y vigilancia de la Tierra facilita la comprensión del posicionamiento y la órbita terrestre, la meteorología, el clima espacial, la reflectometría y el monitoreo de terremotos (Jin et al., 2022).

Del mismo modo, los sistemas de posicionamiento global (GPS) proporcionan mediciones precisas en cualquier lugar y momento, ya sea en el espacio o en el tiempo. Sin embargo, estos sistemas se ven influenciados por diversos factores que pueden afectar a la precisión y fiabilidad de los datos. Entre estos factores, el ruido desempeña un papel fundamental (Ao et al., 2023). Por lo tanto, es esencial entender y caracterizar el ruido presente en las series de tiempo de las mediciones GNSS de la REGME para corregir los errores en las mediciones. Esta comprensión permitirá mejorar la calidad de los datos obtenidos y facilitará su aplicación en diversas áreas, como la planificación territorial y la gestión de desastres naturales.

En Ecuador, la Red GNSS de Monitoreo Continuo (REGME) tiene como objetivo monitorear el movimiento de la corteza terrestre y la provisión de información para aplicaciones geodésicas y geofísicas. Esta red abarca el territorio nacional con 33 estaciones permanentes; así, ofrece información crucial para la toma de decisiones en planificación territorial y gestión de desastres naturales, gracias a su robusta cobertura y alta densidad de puntos de monitoreo (Leiva, 2007).

En este contexto, el desarrollo de la presente investigación, a través del análisis de series de tiempo, permitirá identificar el ruido generado por las 33 estaciones que se encuentran ubicadas en terrenos, pilares y edificaciones. Por su ubicación, estas estaciones generan interferencias en las señales GPS. Los resultados de este análisis facilitarán la toma de decisiones por parte de las entidades responsables del desarrollo cartográfico y servirán a proyectos relacionados con la geodesia, así como a investigadores y otras organizaciones clave. Al identificar los ruidos que distorsionan las mediciones, el estudio ofrecerá la posibilidad de proponer mejoras que optimicen la calidad de los datos, lo que a su vez generará resultados positivos en futuras investigaciones y proyectos.

La investigación se fundamenta en un robusto marco teórico que respalda su desarrollo. En este contexto, se adopta la definición de modelo propuesta por Mauricio (2007): "Un modelo para un proceso estocástico es cualquier conjunto de hipótesis bien definidas sobre las propiedades estadísticas de dicho proceso". En este estudio se presentan modelos univariantes conocidos como "ruidos", que pueden clasificarse en tres tipos: ruido blanco, ruido rojo y ruido de salto (pág. 13).

El ruido blanco se caracteriza por presentar una media cero y una varianza constante a lo largo del tiempo. Por otro lado, el ruido rojo exhibe una correlación positiva entre observaciones cercanas en el tiempo, lo que implica que los valores tienden a ser similares a sus predecesores. Adicionalmente, existe el ruido de salto, que se refiere a cambios abruptos en la serie de tiempo y está comúnmente asociado con eventos externos o anomalías (Zhang et al., 2017).

Existen diferentes modelos que nos ayudan a caracterizar el ruido; uno de ellos es el modelado estadístico que utiliza modelos ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average). En este enfoque, el ruido blanco generalmente presenta coeficientes autoregresivos con valores cercanos a cero, mientras que los ruidos rosa y rojo requieren de una estructura más compleja para su análisis y caracterización (Aggarwal et al., 2020).

Otro método relevante es el de Allan Variance, propuesto por Zhang et al. (2013), que se utiliza para caracterizar el ruido en relojes y sistemas de tiempo, y que también puede aplicarse a señales GNSS. Este método se basa en el cálculo de la varianza de las diferencias de frecuencia a diferentes escalas de tiempo, lo que permite distinguir entre el ruido blanco, rosa y rojo.

Asimismo, se puede emplear el análisis de la función de autocorrelación de la señal. En este análisis, el ruido blanco presenta una autocorrelación cercana a cero en todos los retardos, mientras que el ruido rosa muestra un decaimiento gradual con el tiempo. Por otro lado, el ruido rojo exhibe una autocorrelación significativa en retardos más largos (Benoist et al., 2020). En esta misma línea, el análisis de la desviación estándar residual calcula la desviación estándar de las diferencias entre los valores observados y los valores predichos por un modelo. Este análisis permite comparar la desviación residual con el modelo esperado para los diferentes tipos de ruido, proporcionando así información adicional sobre la calidad del modelo y la naturaleza del ruido presente en los datos (Dicker, 2012).

Finalmente, una herramienta efectiva para analizar, modelar y predecir los ruidos es el uso de series temporales, que nos permiten identificar y caracterizar los diferentes tipos de ruido de manera significativa. En este contexto, el análisis espectral se presenta como un método altamente confiable que emplea la transformada de Fourier para realizar la transición de la representación temporal a la frecuencial. Este método examina el espectro de potencia de la señal, en el que el ruido blanco exhibe una distribución de potencia constante a lo largo de todas las frecuencias. Por su parte, el ruido rosa presenta una caída de 3 dB por octava en el espectro de frecuencias, mientras que el ruido rojo muestra una mayor concentración de potencia en las frecuencias bajas (Kaczmarek y Kontny, 2018; Wang et al., 2012).

Por lo tanto, esta investigación llevará a cabo el análisis y la determinación del tipo de ruido mediante la observación del espectro de potencia, aproximado por una ley dependiente de la frecuencia, tal como fue propuesto por Agnew (1992). La periodicidad se obtiene a través del análisis espectral utilizando series de Fourier, con el objetivo de identificar el tipo de ruido presente en cada una de las estaciones de la red (REGME). Esto permitirá establecer si las estaciones están ubicadas en sitios apropiados o estables, contribuyendo así a proporcionar información valiosa que debe ser considerada en el análisis y la predicción de las series de tiempo. En caso contrario, se recomendará una nueva monumentación de aquellas estaciones de monitoreo continuo cuyos datos estén fuertemente afectados por el ruido.

MÉTODOS

Las estaciones de monitoreo continuo de la red REGME en un único archivo. Actualmente, la red está constituida por 52 estaciones; con toda la información se desarrolló la metodología para la obtención y el análisis del ruido de estas estaciones.

Homogenización de Marcos de Referencia

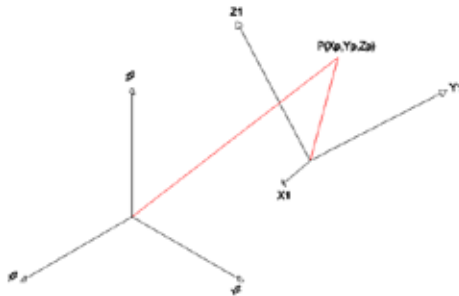
Se llevó a cabo la homogeneización de la base de datos de la forma más actual, ITRF2020, utilizando el método de Helmert. Este método es comúnmente empleado para transformar coordenadas entre dos sistemas de referencia geodésicos diferentes; así, se facilitan las transformaciones de posición, rotación y escala entre sistemas de coordenadas (Mataija et al., 2014; Tran et al., 2023).

La transformación de Helmert generalmente se expresa mediante una serie de parámetros de transformación:

- Desplazamiento en las direcciones X,Y,Z: Representa las diferencias de origen entre los sistemas de referencia en esas direcciones.
- Rotación alrededor de las direcciones X,Y,Z: Representa las diferencias de orientación entre los sistemas de referencia.
- Factor de escala: Representa la diferencia de escala entre los sistemas.

Estos parámetros se utilizan en una fórmula matemática para calcular las coordenadas transformadas en el sistema de referencia de destino a partir de las coordenadas originales en el sistema de referencia de origen.

Figura 1 Transformación Helmert



Nota. Proceso de transformación de coordenadas por el método de Helmert (Mataija et al., 2014).

La fórmula general de transformación de Helmert para coordenadas tridimensionales (X,Y,Z) se expresa de la siguiente manera:

$$\begin{pmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{pmatrix} + (1 + \delta) \begin{pmatrix} 1 & R_z & -R_y \\ -R_z & 1 & R_x \\ R_y & -R_x & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

Donde:

- X_2, Y_2, Z_2 son las coordenadas transformadas.
- X_1, Y_1, Z_1 son las coordenadas originales.
- δ es el factor de escala.
- R_x, R_y, R_z son las cantidades de las matrices de rotación alrededor de los ejes X,Y,Z.
- T_x, T_y, T_z son las cantidades de desplazamiento en las direcciones X,Y,Z.

Los parámetros de transformación de los diferentes marcos de referencia al marco actual ITRF2020 se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 1 Transformación Helmert ITRF2020

Unidad	Tx	Ty	Tz	d	Rx	Ry	Rz
	mm	mm	mm		mas	mas	mas
ITRF 2005 a ITRF 2020	-2,7	-0,1	1,4	-0,65	0,00	0,00	0,00
ITRF 2008 a ITRF 2020	-0,2	-1,0	-3,3	0,29	0,00	0,00	0,00
ITRF 2014 a ITRF 2020	1,4	0,9	-1,4	-0,42	0,00	0,00	0,00

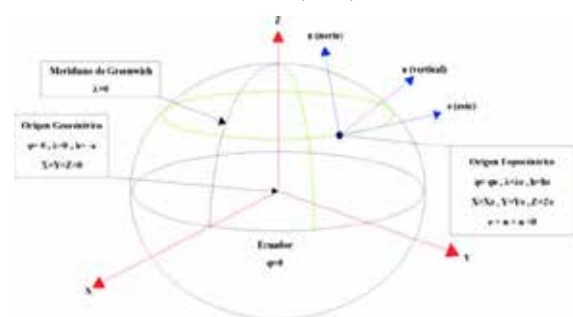
Fuente. Elaborado por el autor, adaptado de Zamora et al. (2021) y Altamimi et al. (2011)

Conversión a Coordenadas Topocéntricas

Las coordenadas cartesianas globales (X,Y,Z) son aquellas que se encuentran referidas al centro de masas de la tierra o geocentro, incluyendo la atmósfera y los océanos. El eje Z coincide con el eje de rotación terrestre, el eje X se sitúa en la dirección del plano meridiano que pasa por Greenwich y está contenido en el plano ecuador, internacionalmente considerado como meridiano origen o meridiano cero desde 1884, y el eje Y es aquel contenido en el plano ecuador y perpendicular al eje X; su sentido será tal que los tres ejes formen una triplete dextrógira.

Los valores de estas coordenadas son excesivamente altos, lo que dificulta la ubicación y orientación sobre la superficie terrestre. Para facilitar el análisis de las series temporales, se realiza la conversión a coordenadas locales en relación con un sistema topocéntrico, cuyo origen se establece en un punto específico sobre la superficie terrestre. Esta conversión se orienta de acuerdo con lo ilustrado en la Figura 2, a fin de realizar una mejor interpretación y análisis de los datos.

Figura 2 Sistema de coordenadas cartesianas globales (X,Y,Z) y topocéntricas locales (E,N,U)



Fuente. Sistema de coordenadas cartesianas globales (X,Y,Z) y topocéntricas locales (E,N,U) (Drewes y Sánchez, 2011)

Las coordenadas cartesianas globales o geocéntricas (X,Y,Z) se convierten a coordenadas topocéntricas (E,N,U), en las que (E,N) corresponden a la parte horizontal y (U) es la componente vertical. Esta conversión ofrece una interpretación más clara del comportamiento de cada serie en todos sus componentes; además, los valores son pequeños y centrados en cero, lo que facilita su estudio (Luna, 2017).

Detección de Valores Atípicos e Imputación de Datos Faltantes

Una vez generadas las series temporales de cada estación en coordenadas topocéntricas, se procede a la depuración mediante la imputación de los datos faltantes y a la detección de valores atípicos con un diagrama de caja y bigotes (o *boxplot*). Este enfoque gráfico proporciona una representación clara de la distribución estadística y permite identificar de manera visual las observaciones que se apartan significativamente de la norma.

Al crear un *boxplot*, se genera una caja que abarca el rango intercuartílico (IQR), definido como la diferencia entre el tercer cuartil (Q3) y el primer cuartil (Q1). La mediana se representa como una línea en el interior de la caja. Los "bigotes" del *boxplot* se extienden hasta ciertos límites, 1.5 veces el IQR, marcando así la zona esperada para la mayoría de los datos.

Los datos que caen fuera de estos límites son considerados atípicos y se representan como puntos individuales, por lo que este método es particularmente valioso en la exploración inicial de conjuntos de datos, ya que permite identificar posibles anomalías que podrían requerir una atención adicional. Es fundamental tener en cuenta que, si bien el *boxplot* es una herramienta poderosa, la interpretación de datos atípicos debe considerar el contexto específico del problema y la naturaleza de los datos para así evitar conclusiones precipitadas.

A continuación, se reemplazan los mismos como NA, para luego volver a imputar con el método SDT (*Seasonal Decomposition of Time Series*), de manera que se mantenga el mismo número de datos originales. Para la imputación de datos faltantes se utiliza la librería "impute TS" del método SDT en el *software* R. En primer lugar, el algoritmo realiza una descomposición estacional de series temporales por Loess vía STL para estimar las componentes Tt (tendencia), St (estacionalidad) y et (ruido), con base en la regresión Loess desarrollada por Dudek (2023). Este enfoque implica dos aplicaciones iterativas de la regresión Loess. Para utilizar el método, se requiere especificar una frecuencia de muestreo relacionada con el periodo de la componente estacional. Esta frecuencia se define al declarar la variable de datos como un objeto "ts" con una frecuencia (52,12,4,1) para representar lo semanal, mensual, trimestral o anual, respectivamente.

Descomposición Aditiva de las Series Temporales

Las series temporales generadas por las estaciones de monitoreo continuo están compuestas de una frecuencia principal, así como de sus armónicos más altos; se asume que la serie de tiempo contiene tanto la parte determinista mediante el modelo funcional, que incluye la tendencia y la estacionalidad, así como el ruido de fondo (Amiri-Simkooei et al., 2007).

Una vez depuradas las series se realiza la descomposición de estas, tomando en consideración la tendencia, la estacionalidad y el ruido, de manera que la suma de todos estos componentes represente la serie temporal real. El modelo teórico es:

$$Y_t = T_t + S_t + N_t \quad (2)$$

La tendencia de las series temporales a largo plazo se aproxima a una línea recta que describe el comportamiento aproximado de una estación; para su obtención se utilizó una regresión lineal.

La estacionalidad se obtiene con base en el análisis espectral de las series temporales. El espectro es el promedio estadístico de una señal o

tipo específico que se analiza en términos de su contenido de frecuencia. El espectro de potencia de una serie temporal describe la distribución de potencias en componentes de frecuencia que componen esa señal (Luna, 2017a). La densidad espectral de potencia (PSD, *Power Spectral Density*) es uno de los términos más comunes para referirse al espectro de potencia. Para el análisis se utilizó la transformada Fourier Scargle (1982), dada por:

$$P(f_n) = \frac{1}{N} \left[\left(\sum_{i=1}^N v_i \cos(2\pi f_n t_i) \right)^2 + \left(\sum_{i=1}^N v_i \sin(2\pi f_n t_i) \right)^2 \right]$$

donde $f_n = n/T$, T es el periodo fundamental, v_i es el residuo y $n=1,2,\dots,N/2$.

Determinación del Ruido

Para poder identificar el tipo de ruido que afecta a cada estación es importante conocer el índice espectral; para ello, se realiza un análisis mediante el estudio del espectro de potencia propuesto por Agnew (1992), que está aproximado por una ley de potencia dependiente de la frecuencia de la forma:

$$P(f) = P_0 f / f_0^\alpha \quad (4)$$

Donde:

f es la frecuencia temporal.

P_0 y f_0 son constantes de normalización.

α es el índice espectral.

Los valores del índice espectral varían entre $-3 < \alpha < 0$, un patrón que aparece en la mayoría de los fenómenos geofísicos (Agnew, 1992). Para la obtención de este valor es necesario linealizar la función anterior, que da como resultado una recta $\alpha \log(P(f)) - \log(f)$, en la que la pendiente es el valor correspondiente al índice espectral. Cuando el índice espectral toma valores próximos a cero, se conoce como ruido blanco; si los valores están cercanos a -1, son del tipo de ruido de parpadeo o rosa (flicker) y, si los valores son próximos o mayores a -2, tienen las características de ruido browniano o de camino aleatorio (*random walk*).

Resultados y Discusión

Al trabajar con diferentes marcos de referencia, es esencial someter los datos a un proceso de homogenización con anterioridad al análisis. Esto se realiza mediante los parámetros de transformación entre cada uno de los marcos. De no llevarse a cabo este proceso, se podrían generar saltos en las series temporales en la fecha de cambio, tal y como señala Luna Ludeña (2017).

Una solución a este problema es el método de transformación de Helmert, cuyos resultados se presentan en la Tabla 2. En esta tabla, se puede apreciar la transformación de los diferentes marcos de referencia al marco actual ITRF20.

Tabla 2 Estación LJEC

Se- ma- na	X	Y	Z	X	Y	Z
	IGS05			IGS20		
1517	1192829,012	-6252161,654	-440799,181	1192829,012	-6252161,654	-440799,181
1518	1192829,013	-6252161,662	-440799,183	1192829,013	-6252161,662	-440799,183
1519	1192829,015	-6252161,663	-440799,181	1192829,015	-6252161,663	-440799,181
	IGS08			IGS20		
1632	1192829,012	-6252161,653	-440799,164	1192829,012	-6252161,653	-440799,164
1633	1192829,012	-6252161,655	-440799,165	1192829,012	-6252161,655	-440799,165
1634	1192829,014	-6252161,643	-440799,162	1192829,014	-6252161,643	-440799,162
	IGS14			IGS20		
1934	1192829,010	-6252161,664	-440799,117	1192829,010	-6252161,664	-440799,117
1935	1192829,011	-6252161,660	-440799,117	1192829,011	-6252161,660	-440799,117
1936	1192829,009	-6252161,667	-440799,118	1192829,009	-6252161,667	-440799,118
	IGS20			IGS20		
2238	1192828,968	-6252161,682	-440799,074	1192828,968	-6252161,682	-440799,074
2239	1192828,968	-6252161,678	-440799,075	1192828,968	-6252161,678	-440799,075
2240	1192828,969	-6252161,676	-440799,076	1192828,969	-6252161,676	-440799,076

Nota. La tabla muestra los diferentes IGS recopilados de diferentes semanas e ITRF y su respectiva transformada a ITRF2020. Elaborado por el autor.

Conversión a Coordenadas Topocéntricas

Como se mencionó anteriormente, la transformación de las coordenadas cartesianas globales a coordenadas topocéntricas facilita el análisis de las series temporales. Este cambio permite una mejor ubicación y orientación en la superficie terrestre, aspectos cruciales para el estudio. Además, se observa que los valores del sistema cartesiano son significativamente más altos en comparación con los del sistema topocéntrico, tal y como se detalla en la Tabla 3.

Tabla 3 Estación PREC

Se- ma- na	X	Y	Z	E	N	U
2247	1329685,22027	-6236040,73174	-188840,20143	-0,05603	0,08686	-0,02273
2248	1329685,22116	-6236040,73449	-188840,20307	-0,05547	0,08523	-0,02051
2249	1329685,22051	-6236040,73510	-188840,20200	-0,05568	0,08636	-0,01957
2250	1329685,22113	-6236040,73058	-188840,20294	-0,05485	0,08534	-0,02345

Nota. La tabla contiene un ejemplo de datos de la estación en ITRF20; con coordenadas XYZ y coordenadas locales. Elaborado por el autor.

Detección de Valores Atípicos e Imputación de Datos Faltantes

En la Tabla 4 se presentan los datos correspondientes a las estaciones de la red REGME. En ella, se puede observar que la mayoría de las estaciones presentan un porcentaje elevado de valores faltantes. Algunas estaciones, como CLEC, STEC, LPEC y POEC, cuentan con un número reducido de datos de observación, lo que impide realizar un análisis adecuado de las series temporales.

Tabla 4 Estación REGME

Antena	Observación	Datos Faltantes	%
ABEC	288	111	38.54 %
ALEC	437	55	12.59 %
BHEC	319	65	16.93 %
CEEC	117	35	23.03 %
CHEC	358	134	27.24 %
CLEC	181	311	63.21 %
COEC	479	13	2.64 %
CUEC	634	111	14.90 %
CXEC	469	0	0.00 %
DPEC	165	3	1.79 %
ECEC	482	10	2.03 %
EPEC	467	2	0.43 %
EREC	466	25	5.09 %
ESEC	35	2	5.41 %
FOEC	318	81	20.30 %
GQEC	117	0	0.00 %
GUEC	271	128	32.08 %
GYEC	285	466	62.05 %
GZEC	423	68	13.85 %
IBEC	434	58	11.79 %
ICEC	117	0	0.00 %
JNEC	37	3	7.50 %
LAEC	40	0	0.00 %
LJEC	673	61	8.31 %
LPEC	72	327	81.95 %
LREC	43	541	92.64 %
MAEC	556	75	11.89 %
MHEC	154	350	69.44 %
MTEC	151	433	74.14 %
MUEC	31	9	22.50 %
NJEC	407	97	19.25 %
ONEC	287	112	28.07 %
OREC	28	140	83.33 %
PAEC	166	2	1.19 %
PDEC	93	397	81.02 %
PEEC	34	365	91.48 %
PIEC	40	0	0.00 %
PJEC	139	352	71.69 %
PLEC	154	14	8.33 %
PMEC	281	36	11.36 %
POEC	165	3	1.79 %
PREC	433	58	11.81 %
PTEC	243	502	67.38 %
PVEC	3	358	99.17 %
QVEC	479	152	24.09 %
SCEC	161	307	65.60 %
SEEC	362	129	26.27 %
SIEC	398	1	0.25 %
STEC	162	422	72.26 %
TNEC	474	30	5.95 %
TPEC	138	30	17.86 %
TSEC	120	48	28.57 %

Nota. Listado de antenas con los respectivos datos faltantes. Adaptado de la base de datos de la ITRF (2020).

A partir de este primer análisis, se han seleccionado 16 estaciones de monitoreo continuo, que han registrado un tiempo de observación de aproximadamente 7 años, equivalente a más de 354 semanas de datos semanales, como se detalla en la Tabla 5. Esta duración de la serie temporal proporciona una base sólida para el análisis posterior de los datos.

Tabla 5 Estaciones seleccionadas

Antenas	Semanas	Datos existentes	Datos Faltantes	%
ALEC	358	307	51	14.25 %
BHEC	358	294	64	17.88 %
COEC	358	350	8	2.23 %
CUEC	358	288	70	19.55 %
CXEC	358	358	0	0.00 %
ECEC	358	348	10	2.79 %
EPEC	358	356	2	0.56 %
EREC	358	333	25	6.98 %
GZEC	338	299	39	11.54 %
IBEC	354	333	21	5.93 %
LJEC	358	326	32	8.94 %
MAEC	358	328	30	8.38 %
PMEC	317	281	36	11.36 %
PREC	358	323	35	9.78 %
SIEC	358	357	1	0.28 %
TNEC	358	329	29	8.10 %

Nota. Selección de antenas con menor porcentaje de datos perdidos. Adaptado de la base de datos de la ITRF (2020).

El porcentaje de datos faltantes en estas estaciones varía entre 0 % y 19.55 %. La estación CXEC se destaca como la más completa, mientras que la estación CUEC presenta el mayor porcentaje de datos faltantes, un 19.55 %. Sin embargo, es importante destacar que el porcentaje de datos faltantes en ambas estaciones se encuentra dentro de los parámetros aceptables. Según Li et al. (2023), los datos faltantes no deben exceder el 20 % del total para que sea viable realizar un proceso de relleno o imputación.

Es fundamental analizar los valores atípicos o anómalos de las estaciones seleccionadas, ya que estos influyen de manera significativa en la determinación del ruido. En la Tabla 6 se presentan estos valores junto con sus respectivos porcentajes, que oscilan entre 0.28 % y 10 %. Estos porcentajes son considerados elevados para estaciones de monitoreo continuo; las estaciones EREC y EPEC son las más afectadas. Una ventaja primordial de estas estaciones es el extenso periodo de tiempo durante el que se han recopilado datos, que permite corregir las anomalías a través del proceso de imputación de datos faltantes.

Tabla 6 Porcentajes de datos atípicos por estación

Antenas	Semanas	E	N	Up	%
ALEC	358	0	0	1	0.28 %
BHEC	294	0	1	0	0.34 %
COEC	358	0	0	2	0.56 %
CUEC	358	0	0	0	0.00 %
CXEC	358	12	0	7	5.31 %

ECEC	358	32	0	4	10.06 %
EPEC	358	24	0	12	10.06 %
EREC	358	1	0	2	0.84 %
GZEC	338	0	0	0	0.00 %
IBEC	354	7	0	2	2.54 %
LJEC	358	0	0	0	0.00 %
MAEC	358	0	0	0	0.00 %
PMEC	317	0	0	0	0.00 %
PREC	358	0	0	1	0.28 %
SIEC	358	0	0	0	0.00 %
TNEC	358	0	0	0	0.00 %

Nota. Datos atípicos por coordenadas. Adaptado de la base de datos de la ITRF (2020).

En el resto de las estaciones, el porcentaje de datos atípicos varía entre 0.28 % y 5 %, cifras que son coherentes con los porcentajes reportados en estudios similares. Por ejemplo, Nikolaidis (2002) alcanzó un nivel promedio de limpieza de datos de entre 1 % y 4 %. El método utilizado por este autor se basa en la aplicación de la mediana y el rango intercuartílico (IQR) como estadísticos para identificar los valores atípicos en las series temporales analizadas.

Estas estaciones presentan una ventaja significativa debido al extenso período de observación de datos que poseen, lo que permite llevar a cabo el proceso de imputación de datos en cada una de ellas. En la Tabla 7 se presenta un ejemplo ilustrativo del proceso de imputación de datos, que muestra cómo se ha aplicado este método para completar las series temporales de las estaciones analizadas.

Tabla 7 Estación PREC datos imputados

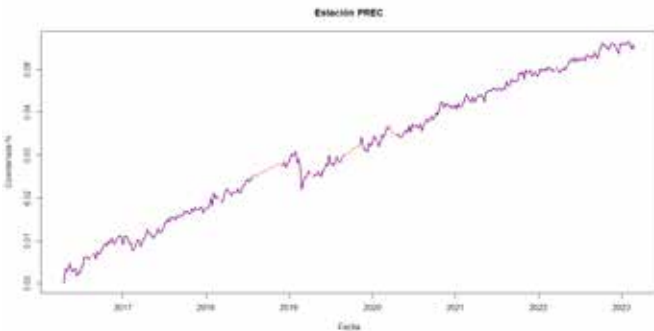
Se-mana	E			N			U		
	E	N	U	E	N	U	E	N	U
	Datos a imputar			Datos imputados					
2000	-0,0135480	0,0214260	0,0005628	-0,0135480	0,0214260	0,0005628			
2001	-0,0108230	0,0213740	0,0021686	-0,0108230	0,0213740	0,0021686			
2002	-0,0104060	0,0222150	0,0001867	-0,0104060	0,0222150	0,0001867			
2003	-0,0117360	0,0212160	-0,0031361	-0,0117360	0,0212160	-0,0031361			
2004	-0,0127140	0,0214100	-0,0033505	-0,0127140	0,0214100	-0,0033505			
2005	-0,0152960	0,0227840	-0,0008734	-0,0152960	0,0227840	-0,0008734			
2006	-0,0144620	0,0231670	-0,0047987	-0,0144620	0,0231670	-0,0047987			
2007	-0,0152960	0,0239840	-0,0009092	-0,0152960	0,0239840	-0,0009092			
2008	-0,0152960	0,0242830	-0,0009181	-0,0152960	0,0242830	-0,0009181			
2009	-0,0156480	0,0236900	-0,0040444	-0,0156480	0,0236900	-0,0040444			
2010	-0,0147350	0,0244480	0,0012425	-0,0147350	0,0244480	0,0012425			
2011	-0,0145260	0,0249190	0,0002500	-0,0145260	0,0249190	0,0002500			
2012				-0,0152967	0,0256096	0,0009131			
2013				-0,0152192	0,0249410	0,0002573			
2014				-0,0157603	0,0254164	0,0019170			
2015				-0,0160994	0,0254678	0,0032720			
2016				-0,0167291	0,0259351	0,0034426			
2017				-0,0166912	0,0258578	0,0030655			
2018				-0,0169022	0,0261076	0,0040264			
2019				-0,0168977	0,0261763	0,0033469			
2020				-0,0168274	0,0263685	0,0049256			
2021				-0,0171459	0,0266423	0,0043296			
2022				-0,0165898	0,0272103	0,0036871			
2023				-0,0165552	0,0270906	0,0058534			

Se- mana	E	N	U	E	N	U
2024				-0,0169618	0,0273041	0,0043042
2025				-0,0168974	0,0275517	0,0057649
2026				-0,0169861	0,0277625	0,0058349
2027				-0,0169009	0,0280456	0,0055094
2028				-0,0169566	0,0277023	0,0038567
2029	-0,0165470	0,0276570	0,0048520	-0,0165470	0,0276570	0,0048520
2030	-0,0161300	0,0275990	0,0028968	-0,0161300	0,0275990	0,0028968
2031	-0,0164820	0,0285040	-0,0002742	-0,0164820	0,0285040	-0,0002742
2032	-0,0164820	0,0271050	-0,0002325	-0,0164820	0,0271050	-0,0002325
2033	-0,0161300	0,0280980	0,0028819	-0,0161300	0,0280980	0,0028819
2034	-0,0161300	0,0285980	0,0028670	-0,0161300	0,0285980	0,0028670
2035	-0,0159210	0,0301680	0,0018417	-0,0159210	0,0301680	0,0018417
2036	-0,0135480	0,0297230	0,0003154	-0,0135480	0,0297230	0,0003154
2037	-0,0135480	0,0303220	0,0002975	-0,0135480	0,0303220	0,0002975
2038	-0,0159210	0,0308680	0,0018209	-0,0159210	0,0308680	0,0018209
2039	-0,0172520	0,0281690	-0,0014513	-0,0172520	0,0281690	-0,0014513
2040	-0,0164820	0,0290040	-0,0002891	-0,0164820	0,0290040	-0,0002891

Nota. La tabla contiene ejemplos de datos de estación en ITRF20, imputados mediante el método seasonally decomposed missing value imputation (SDM). Adaptado de la base de datos de la ITRF (2020).

Para facilitar la comprensión del proceso de imputación de datos mediante el método seasonally decomposed missing value imputation, se presentan a continuación las figuras correspondientes. Estas ilustraciones muestran el enfoque utilizado y los resultados obtenidos en el relleno de los datos faltantes.

Figura 3 Serie de tiempo de las coordenadas norte (N)



Nota. La figura muestra los datos transformados de la coordenada norte de cada semana desde el 2017 hasta el 2023. Adaptado de ITRF (2020).

Figura 5 Serie de tiempo de las coordenadas este (E)

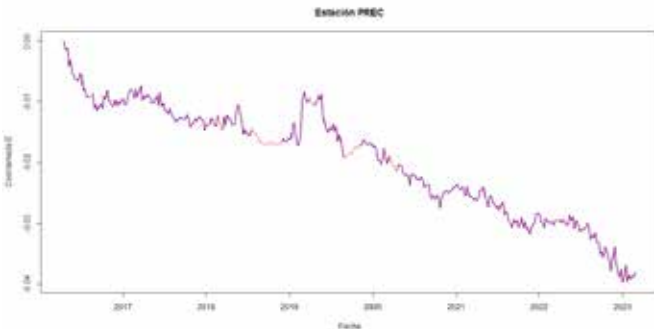
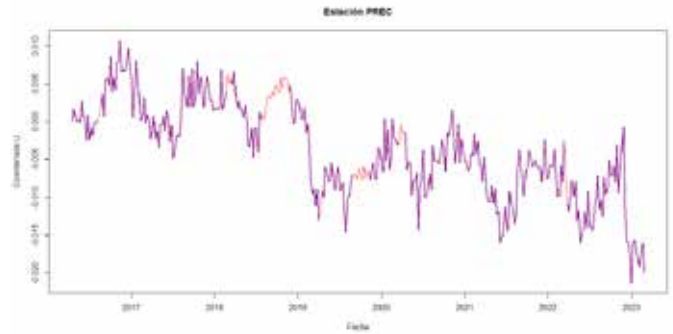


figura muestra los datos transformados de la coordenada este de cada semana desde el 2017 hasta el 2023. Adaptado de ITRF (2020).

Figura 6 Serie de tiempo de las coordenadas de altura (U)



Nota. La figura muestra los datos transformados de la coordenada altura de cada semana desde el 2017 hasta el 2023. Adaptado de ITRF (2020).

Las figuras presentadas ilustran los resultados del proceso de imputación de los datos faltantes, que ha permitido generar una serie temporal completa; así, se facilita la determinación del ruido con mayor precisión y mejora la calidad del análisis subsecuente.

Descomposición Aditiva de las Series Temporales

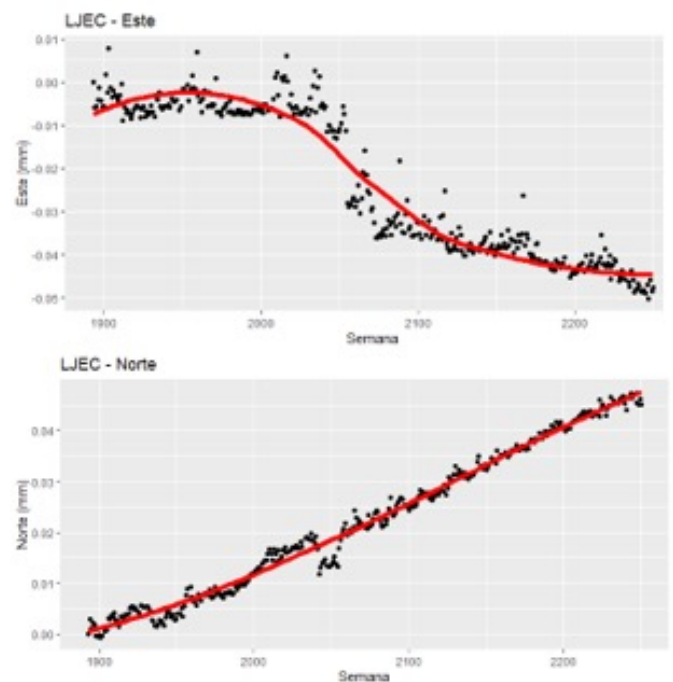
Con las series depuradas, se lleva a cabo la descomposición de estas, considerando los componentes de tendencia, estacionalidad y ruido, de modo que la suma de estos represente la serie temporal real. El modelo teórico utilizado es el siguiente:

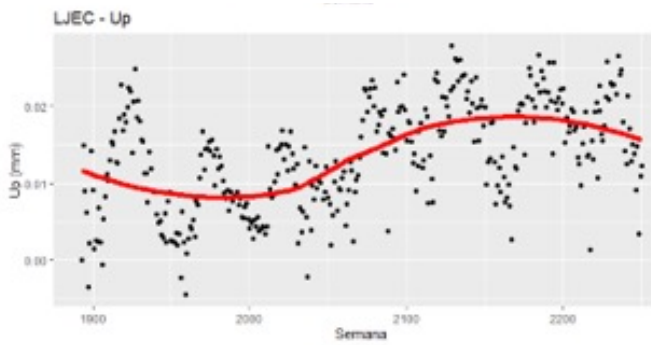
$$y_t = T_t + S_t + N_t(4)$$

En la Figura 6 se presenta el resultado de esta descomposición, donde se visualiza la tendencia lineal de la serie, obtenida a través de una regresión lineal. Asimismo, se incluye la estacionalidad basada en el análisis espectral de las series de tiempo, lo cual será fundamental para la obtención del componente de ruido en etapas posteriores del análisis.

Figura 7

Representación de la tendencia de la estación LJEC



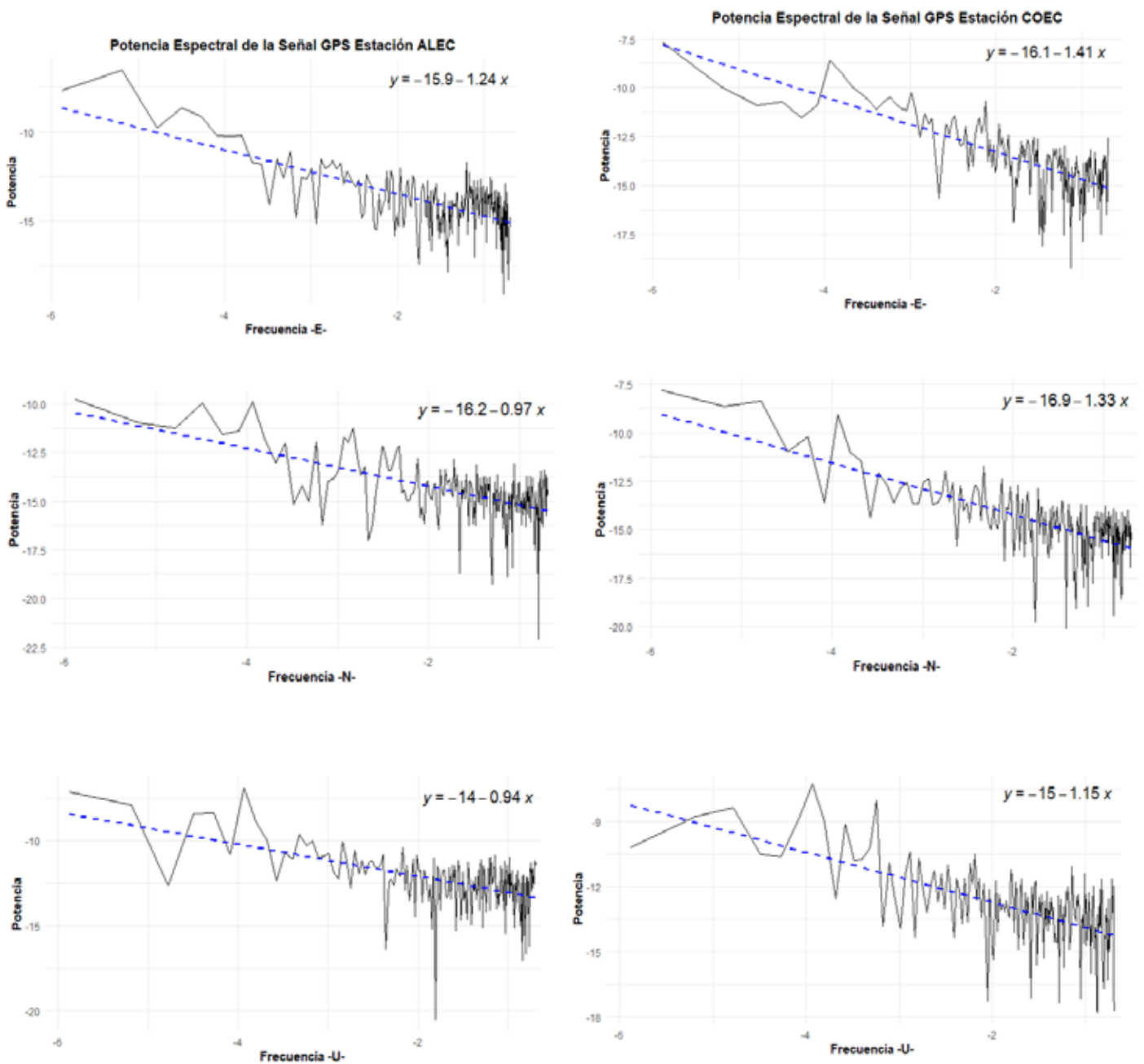


Nota. La figura muestra el gráfico de tendencia de las coordenadas norte, este y altura de la estación LJEC. Elaborado por el autor, adaptado de ITRF (2020).

Determinación del Ruido

En la Figura 8 se presenta un ejemplo de los valores de los índices espectrales de las estaciones ALEC y COEC para los componentes horizontal (e,n) y vertical (u).

Figura 8 Potencia espectral de la señal GPS estaciones ALEC y COEC



Nota. La figura muestra la potencia con la que reciben las antenas la señal del GPS. La descomposición de tendencia y estacionalidad mediante la transformada de la serie de Fourier permite identificar la cantidad de ruido. Elaborado por el autor, adaptado de ITRF (2020).

Los valores del índice espectral para las estaciones de monitoreo continuo de la red REGME seleccionadas para este estudio se muestran en la Tabla 7; estos varían entre -0.99 hasta -1,84, que corresponden a valores de ruido rosa (*flicker*) y ruido browniano o de camino aleatorio (*random walk*).

Tabla 8 Índice espectral en los componentes E, N, U

Antena	E	N	U
ALEC	-1,2371	-0,9704	-0,9399
BHEC	-1,5553	-1,3284	-1,5874
COEC	-1,4143	-1,3295	-1,1523
CUEC	-1,4950	-1,3498	-1,2700
CXEC	-1,3627	-1,1845	-0,9226
ECEC	-1,4515	-1,3269	-0,7443
EPEC	-1,4423	-0,8399	-1,0330
EREC	-1,4379	-1,1624	-1,2600
GZEC	-1,7678	-1,4540	-1,2697
IBEC	-1,4137	-1,1681	-1,1356
LJEC	-1,1308	-1,3284	-0,8665
MAEC	-1,3862	-1,1838	-1,1248
PMEC	-0,8023	-0,9588	-0,7034
PREC	-1,5287	-1,2827	-0,9626
SIEC	-1,6022	-1,2675	-0,8315
TNEC	-1,1997	-1,3182	-0,8039

Nota. Los datos representan el índice espectral de las antenas, obtenidos a partir de la descomposición de tendencia y estacionalidad mediante la transformada de la serie de Fourier, para identificar la cantidad de ruido. Elaborado por el autor, adaptado de ITRF (2020).

Los valores más altos de índice espectral corresponden a las estaciones GZEC y SIEC, con índices de -1.7678 y -1.6022, respectivamente. Ambas estaciones están situadas en las terrazas de edificios con centraje forzoso: la estación GZEC está situada sobre un pilar de concreto, mientras que la estación SIEC presenta una estructura piramidal de acero inoxidable. Los índices espectrales obtenidos para estas estaciones se acercan notablemente al ruido rojo o *random walk*, que se caracteriza por ser inversamente proporcional al cuadrado de la frecuencia. Este tipo de ruido es generalmente atribuido a la inestabilidad de los monumentos, tal y como han señalado Ward y Greenwood (2007).

La estación PMEC muestra características de ruido blanco, lo cual se refleja en un índice espectral cercano a cero. En contraste, el resto de las estaciones presentan índices espectrales cercanos a -1, lo que corresponde al ruido rosa o *flicker*, también conocido como ruido de parpadeo. Este tipo de ruido se caracteriza por un espectro de potencia inversamente proporcional a la frecuencia de la señal; se ubica entre el ruido blanco y el ruido rojo o *random wak*. Su denominación deriva de esta posición intermedia entre ambos tipos de ruido. Aunque el origen del ruido rosa no está completamente claro, es común en la mayoría de las estaciones GNSS, tal y como han señalado estudios previos (Ward y Greenwood, 2007), información que concuerda con los resultados obtenidos en esta investigación.

CONCLUSIONES

De las 52 estaciones que conforman la red REGME, 34 presentaron más del 20 % de datos faltantes o anómalos, lo que limitó su inclusión en el análisis. Por esta razón, se seleccionaron únicamente las 16 estaciones con datos más completos para el presente estudio. En este contexto, se recomienda que, en investigaciones futuras, se implementen medidas de mantenimiento y corrección en todas las estaciones, con el fin de garantizar la obtención de datos más fiables y de mayor calidad.

A partir de los análisis realizados en las 16 estaciones seleccionadas, se concluye que el 93.7 % de ellas presentan ruido rosa o *flicker*, característico de las estaciones de monitoreo continuo. Estos resultados coinciden con los hallazgos de estudios previos, por lo que se refuerza la validez de las observaciones en el contexto de este estudio.

Las estaciones GZEC y SIEC están ubicadas en las terrazas de edificios públicos. La estación GZEC está situada sobre columnas de hormigón con una altura de entre 2 y 3 metros, y registra un índice espectral de -1.7678. Por su parte, la estación SIEC se encuentra empotrada en una estructura piramidal de acero inoxidable de 6 metros, con un índice espectral de -1.6022. Estas estructuras, debido a la inestabilidad del tipo de suelo sobre el que se asientan, tienden a generar problemas como ruido de tipo rojo o *random walk*, lo que puede afectar a la precisión de las mediciones.

La estación EPEC, con un índice espectral de -1.4423, está ubicada sobre una edificación de dos plantas construida en un terreno con un nivel freático elevado. Esta característica del terreno podría influir en la calidad de los datos obtenidos, por lo que se recomienda que la estación sea objeto de una investigación adicional para evaluar en mayor profundidad los posibles efectos del nivel freático en sus mediciones y determinar así las medidas correctivas necesarias.

REFERENCIAS

- Aggarwal, K., Mukhopadhyay, S. y Tangirala, A. K. (2020). *Statistical characterization and time-series modeling of seismic noise* (arXiv:2009.01549; Número arXiv:2009.01549). arXiv. <http://arxiv.org/abs/2009.01549>
- Agnew, D. C. (1992). The time-domain behavior of power-law noises. *Geophysical Research Letters*, 19 (4), Article 4. <https://doi.org/10.1029/91GL02832>
- Altamimi, Z., Collilieux, X. y Métivier, L. (2011). ITRF2008: An improved solution of the international terrestrial reference frame. *Journal of Geodesy*, 85 (8), 457-473. <https://doi.org/10.1007/s00190-011-0444-4>
- Amiri-Simkooei, A. R., Tiberius, C. C. J. M. y Teunissen, P. J. G. (2007). Assessment of noise in GPS coordinate time series: Methodology and results. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 112 (B7), Article B7. <https://doi.org/10.1029/2006JB004913>
- Ao, M., Wang, X., Sun, Y., Wang, F., Zhang, H., Wei, L., Liu, S. y Yang, D. (2023). Large-Scale Land Deformation Monitoring over Southern California with Multi-Path SAR Data. *Remote Sensing*, 15 (1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/rs15010143>

- Benoist, C., Collillieux, X., Rebeschung, P., Altamimi, Z., Jamet, O., Métivier, L., Chanard, K. y Bel, L. (2020). Accounting for spatiotemporal correlations of GNSS coordinate time series to estimate station velocities. *Journal of Geodynamics*, 135, 101693. <https://doi.org/10.1016/j.jog.2020.101693>
- Bhardwaj, A. (2020). Terrestrial and Satellite-Based Positioning and Navigation Systems—A Review with a Regional and Global Perspective. *Engineering Proceedings*, 2 (1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/ecsa-7-08262>
- Dicker, L. H. (2012). *Residual variance and the signal-to-noise ratio in high-dimensional linear models* (arXiv:1209.0012; Número arXiv:1209.0012). arXiv. <http://arxiv.org/abs/1209.0012>
- Dudek, G. (2023). STD: A Seasonal-Trend-Dispersion Decomposition of Time Series. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 35 (10), Article 10. <https://doi.org/10.1109/TKDE.2023.3268125>
- ITRF. (2023). ITRF I Homepage [<https://itrf.ign.fr/en/homepage>]. <https://itrf.ign.fr/en/homepage>
- Jin, S., Wang, Q. y Dardanelli, G. (2022). A Review on Multi-GNSS for Earth Observation and Emerging Applications. *Remote Sensing*, 14(16), Article 16. <https://doi.org/10.3390/rs14163930>
- Kaczmarek, A. y Kontny, B. (2018). Identification of the Noise Model in the Time Series of GNSS Stations Coordinates Using Wavelet Analysis. *Remote Sensing*, 10 (10), Article 10. <https://doi.org/10.3390/rs10101611>
- Leiva, C. (2007, junio). *SIRGAS - ECUADOR*. https://www.sirgas.org/fileadmin/docs/Boletines/Bol12/14_Actividades_SIRGAS_en_Ecuador_Leiva.pdf
- Li, Z., Lu, T., Yu, K. y Wang, J. (2023). Interpolation of GNSS Position Time Series Using GBDT, XGBoost, and RF Machine Learning Algorithms and Models Error Analysis. *Remote Sensing*, 15 (18), Article 18. <https://doi.org/10.3390/rs15184374>
- Luna Ludeña, M. (2017a). *Contribución a la definición de un modelo de velocidades de la corteza terrestre para Ecuador a partir de datos GNSS* [Tesis de doctorado, Universidad Politécnica de Madrid]. <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.48790>
- Luna Ludeña, M. (2017b). *Contribución a la definición de un modelo de velocidades de la corteza terrestre para Ecuador a partir de datos GNSS* [Tesis de doctorado, Universidad Politécnica de Madrid]. <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.48790>
- Mataija, M., Pogarčić, M. y Pogarčić, I. (2014). Helmert Transformation of Reference Coordinating Systems for Geodesic Purposes in Local Frames. *Procedia Engineering*, 69, 168-176. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.02.217>
- TM-2555.pdf. (s. f.).
- Tran, D. T., Nocquet, J.-M., Luong, N. D. y Nguyen, D. H. (2023). Determination of Helmert transformation parameters for continuous GNSS networks: A case study of the Géoazur GNSS network. *Geo-spatial Information Science*, 26 (1), Article 1. <https://doi.org/10.1080/10095020.2022.2138569>
- Wang, W., Zhao, B., Wang, Q. y Yang, S. (2012). Noise analysis of continuous GPS coordinate time series for CMONOC. *Advances in space research*, 49 (5), Article 5.
- Ward, L. M. y Greenwood, P. E. (2007). 1/f noise. *Scholarpedia*, 2 (12), 1537. <https://doi.org/10.4249/scholarpedia.1537>
- Zamora et al. (2021) y Altamimi et al. (2011). Parámetros de transformación entre los marcos geodésicos CR05 y CR-SIRGAS contemplando diferentes soluciones ITRF/Transformation parameters between the CR05 and CR-SIRGAS geodetic frames contemplating different ITRF solutions. *Ingeniería*, 31 (1), Article 1.
- Zhang, Q., Niu, X., Chen, Q., Zhang, H. y Shi, C. (2013). Using Allan variance to evaluate the relative accuracy on different time scales of GNSS/INS systems. *Measurement Science and Technology*, 24 (8), Article 8. <https://doi.org/10.1088/0957-0233/24/8/085006>
- Zhang, Z., Li, B., Shen, Y. y Yang, L. (2017). A noise analysis method for GNSS signals of a standalone receiver. *Acta Geodaetica et Geophysica*, 52 (3), Article 3. <https://doi.org/10.1007/s40328-016-0189-x>

Línea Base para la Medición de la Plusvalía de Inmuebles Aledaños a la Primera Línea de Metro de Quito (PLMQ): Un Estudio para 5 Estaciones

Edwin Santiago Núñez Naranjo¹, Johanna Elizabeth Morocho Terán¹, Luis Enrique Ortega Pintado¹

¹Universidad de Otavalo

*Autor para correspondencia: santy_jacques@hotmail.com

Recibido: 2023/06/16 Aprobado: 2024/02/16

DOI: <https://doi.org/10.26621/ra.v1i30.915>

RESUMEN

La Primera Línea del Metro de Quito (PLMQ) es un megaproyecto que marca un hito en el desarrollo urbano de la ciudad y con ello de la infraestructura relacionada, lo que a su vez implica un aumento de la plusvalía de los inmuebles aledaños. En este contexto, a través de un estudio académico se pretende dar respuesta a la siguiente pregunta de investigación: ¿cuál es la línea base para la medición de la plusvalía de inmuebles comerciales y de vivienda, aledaños a las 5 paradas (Jipijapa, La Pradera, La Carolina, La Magdalena, Solanda) de la Primera Línea de Metro de Quito? Para responder la interrogante se ha realizado un estudio, a través de la técnica de la observación, en 2 fases: la primera enfocada en la generación de una línea base con indicadores económicos, comerciales, tecnológicos y demográficos que permitan tener datos iniciales al 20 de diciembre del 2022, respecto de los precios de alquiler y venta de los inmuebles comerciales y de vivienda, hasta 500 metros a la redonda de las 5 estaciones de metro anteriormente descritas. La segunda fase, por su parte, ha incluido la observación de inmuebles del mismo tipo a través de plataformas web, de promoción comercial de propiedades en la ciudad de Quito, destacando la de Plusvalía.com. En total se generaron 198 fichas de observación, correspondientes a inmuebles de venta y alquiler. 132 fichas se levantaron in situ y 66 a través de plataformas web (en total hubo 68 fichas de observación por páginas web; sin embargo, 2 tuvieron inconsistencias y no fueron consideradas). Se concluye que la ubicación es el factor principal en torno a la determinación del precio; puesto que, este factor se relaciona con las obras públicas y las mejoras que se hagan en zonas cercanas.

Palabras clave: plusvalía, línea base, Metro de Quito, megaproyecto

ABSTRACT

The Quito Metro First Line (abbreviation in Spanish, PLMQ) is a megaproject that also marks a milestone in the urban development of the city and with it the related infrastructure that in turn generates improvements in the added value of the surrounding properties. In this context, an academic study, is intended to answer the following research question: what is the baseline for the measurement of the capital gain of commercial and residential real estate, adjacent to the 5 stops (Jipijapa, La Pradera, La Carolina, La Magdalena, Solanda) of Quito Metro First Line (PLMQ)? To answer the question, the study has been planned, through the observation technique, in 2 phases: the first focused on the generation of a baseline with economic, commercial, technological, and demographic indicators that allow initial data on December 20, 2022, regarding the rental and sale prices of commercial and residential real estate, up to 500 meters around the 5 stops described above. The second phase, for its part, has included the observation of properties of the same type through web platforms, and of commercial promotion of properties in the city of Quito, highlighting that of Plusvalía.com. In total, 198 observation sheets were generated, corresponding to properties for sale and rent. 132 records were collected on site and 66 through web platforms (in total there were 68 observation records through web pages; however, 2 had inconsistencies and were not considered).

Keywords: surplus value, baseline, Quito Metro, megaproject

Edwin Santiago Núñez  orcid.org/0000-0002-0173-9611

Johanna Elizabeth Morocho  orcid.org/0000-0002-2399-7208

Luis Enrique Ortega  orcid.org/0009-0006-1589-4061

INTRODUCCIÓN

Las obras públicas son proyectos de infraestructura y servicios que realizan los gobiernos para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos; su impacto en el bienestar de las poblaciones beneficiadas es significativo y tiene efectos que trascienden lo económico, tal es así que para que estas obras logren estos cometidos deben estar planificadas y que cuenten con el respectivo presupuesto, como lo dice Quintero, (2015) "Los planes de desarrollo e inversión de la nación, independientemente a que sector productivo se refieran, deben estar soportados en políticas de estado robustas que faciliten su gestión y ejecución".

Un aspecto importante a considerar en la implementación de las obras públicas son las oportunidades laborales, el efecto multiplicador en la economía y el beneficio que tienen los dueños de propiedades aledañas a la construcción de la obra pública, puesto que acceden a mejores niveles de bienestar, reducen sus costos de transporte e incluso se manejan nuevas plusvalías a sus propiedades.

Una de las obras prioritarias para las ciudades, en particular para las grandes es el transporte público, que emerge como un pilar fundamental que sustenta la movilidad eficiente y sostenible de las ciudades. La inversión en este tipo obras están destinadas a mejorar y expandir los sistemas de transporte colectivo no solo responde a una demanda creciente de movilidad, sino que también constituye un imperativo para abordar los retos inherentes a la urbanización acelerada, en el estudio hecho por Agostini y Palmucci (2008) analizan los efectos directos en la capitalización anticipada por apertura de una nueva línea del metro de Santiago de Chile en el precio de las viviendas y mencionan que "la construcción de una nueva línea del metro tiene efectos importantes en la ciudad y genera varias externalidades positivas en el entorno, por lo que la evaluación de su efecto es importante para las políticas públicas. El efecto del metro tiene consecuencias relevantes en las políticas de planeación urbana, las políticas de transporte e incluso la política tributaria. Además, desde el punto de vista privado, el efecto del metro tiene una consecuencia importante como señal para el desarrollo de proyectos inmobiliarios".

Hay estudios que en sus conclusiones demuestran los impactos positivos que suelen tener: "la intervención en transporte público se podría traducir en un mecanismo de intervención social y económica, pues se halló la suficiente evidencia, con un aumento de más del 10% para todos los inmuebles de uso residencial colindantes a la zona de intervención, destacando que entre mayor sea su cercanía mayor será el aumento" (Flores Cano y Cardona, 2021, p. 23). Este aumento se relaciona con la predisposición de la población a pagar mejores precios por bienes con mejor accesibilidad.

También existen casos en los que no ha cambiado el valor, e incluso, estos bienes han sido desvalorizados. Tal es el caso del sistema de bus en Houston, Texas. (Smith y Gihring, 2018), tal cual se expone en las referencias, no hay garantías en las que garanticen una mejora de la plusvalía, sin embargo, ahora es importante identificar cual es el comportamiento del mercado inmobiliario respecto a la creación de obras públicas en el transporte urbano en Ecuador.

Según Hermida, Freire y Tonon en el 2018, analizan el impacto del tranvía en la ciudad de Cuenca. "En la zona de estudio se identificaron tres atributos que los dueños de vivienda perciben como los más importantes en la generación de valor agregado al precio de sus inmuebles: ubicación, cercanía a espacios públicos y vecindario. Aspectos como la cercanía al transporte público presentan porcentajes bajos de valoración positiva"

(Hermida, et. al, 2018). Esto podría suceder por dos razones claras. Desconocimiento sobre los impactos del sistema de transporte en la realidad urbana, y los atrasos de la obra.

Luego de conocer algunos criterios de diferentes autores, en los que manifiestan en algunos casos un cambios positivos y negativos en la plusvalía del sector inmobiliario aledaño de estas obras, es importante, identificar los determinantes para la Ciudad de Quito, con su nuevo Metro, permitiendo identificar algunas externalidades positivas con la generación de esta obra, tal y como plantea Aguirre, Sandoval y Allende (2018), la metodología más usada para calcular estos impactos en los inmuebles es la de los precios hedónicos (pp. 84 – 95). "Para el cálculo del equilibrio de precios hedónicos se emplea la información sobre los precios de venta y el set de características de las propiedades, los que según Rosen (1974), se dividen en tres grupos:

- (1) Atributos de la casa y el terreno, tales como dormitorios, baños, metros cuadrados construidos y de terreno, entre otros.
- (2) Atributos de la zona.
- (3) Atributos de la ubicación, como cercanía a centros de comercio y trabajo, o en su defecto, cercanía al transporte público.

Una de las grandes necesidades insatisfechas en la ciudad de Quito, es el transporte público. A pesar de contar con medios de transporte como el Trole, la Ecovía y el sistema urbano de buses, cada día la movilización pierde eficiencia al son del crecimiento de la población automovilística de la capital ecuatoriana, por lo que intentar medir estos efectos o impactos, es de mucha importancia como lo mencionan Hermida y Tonon Ordóñez, (2020), se resalta la necesidad de establecer estudios, herramientas y políticas que incidan en la gestión de la plusvalía generada por la intervención de un proyecto de transporte colectivo. Con lo expuesto se hace un análisis de carácter descriptivo sobre la incidencia que tendría en la plusvalía de las viviendas aledañas a la implementación de las cinco estaciones del metro.

La Primera Línea de Metro de Quito (PLMQ) se ha convertido en el proyecto de infraestructura de transporte más importante de la capital del Ecuador, puesto que marca varios hitos relevantes en cuanto a la transportación. Este sistema de movilidad es el primero en el país, dispone de 18 trenes, 6 coches en cada tren, y alrededor de 109 kilómetros de longitud construidos. Su aforo está planificado para 1230 personas, con una velocidad comercial de viaje dentro del túnel de 38 km/h. El sistema cuenta con 15 estaciones (descritas de norte a sur): El Labrador, Jipijapa, Iñaquito, La Carolina, La Pradera, Universidad Central, El Ejido, La Alameda, San Francisco, La Magdalena, El Recreo, Cardenal de la Torre, Solanda, Morán Valverde y Quitumbe (Metro de Quito, 2022).

La Empresa Pública Metropolitana Metro de Quito (EPMMQ) fue creada mediante Ordenanza No. 0237 sancionada el 27 de abril de 2012, reformada según Ordenanza No. 0383 sancionada el 2 de abril de 2013, con el objetivo de desarrollar, implementar y administrar el subsistema (EPMMQ, 2015, p.2). La construcción de la Línea 1 del Metro de Quito se realizó en 2 etapas planificadas en 2012: la primera fase, inició en enero de 2013, estuvo enfocada en las estaciones de transferencia, correspondientes a El Labrador y La Magdalena; mientras que la segunda comenzó en enero de 2016, y estuvo dirigida a la edificación del túnel, las otras 13 estaciones, los trenes y obras subsecuentes (El Comercio, 2011). Al 21 diciembre de 2022, el proyecto ha culminado con su fase de construcción, con un sistema de seguridad compuesto por un centro de control de emergencias, un sistema de comunicaciones y un sistema de operación, los cuales de forma integrada buscan constituirse en el sistema de transporte más seguro del país y ofrecer un servicio de calidad a sus usuarios (Metro de Quito, 2022).

En este contexto, la obra generará diversos impactos en cuanto a la movilidad ciudadana, el urbanismo, pero también en cuanto al valor de los inmuebles comerciales y de vivienda aledaños a sus estaciones. Este último ha sido un tema de discusión permanente. En un principio, se pronosticó que sería un atractivo a la hora de comprar un inmueble. Al 2020 y 2021, la construcción del medio de transporte pasó desapercibido para el comprador como un factor relevante (Mundo Constructor, 2021, p.1); “el avalúo de los inmuebles cercanos al Metro no aumentó, la gente prefiere comprar en los valles” (Angulo 2021, p.1). El precio de venta de los inmuebles de Quito disminuyó en 3.5% en 2021 respecto del año anterior y en 2022 cayó en 1.3%, aunque los precios de arriendo se mantuvieron (ver cuadro 1).

Tabla 1. Precio de metro cuadrado construido en Quito en los últimos 3 años

Diciembre 2020	USD \$1318
Diciembre 2021	USD \$1272
Diciembre 2022	USD \$1256

Fuente: Plusvalía

Quito se ha convertido en la segunda ciudad con el metro cuadrado más barato de Latinoamérica solo después de Bogotá, cuyo precio por metro cuadrado asciende a USD \$1,108 dólares (Centro de Investigación en Finanzas y Plusvalía, 2022). No obstante, la finalización de la construcción de la Primera Línea del Metro de Quito puede generar un aumento en el valor del inmueble de acuerdo con especialistas en la materia que consideran a la ubicación de las propiedades y su acceso a servicios públicos y privados como un factor importante para la determinación de los precios tanto de venta como de alquiler.

En este sentido, el trabajo se compone de una revisión teórica y de un análisis empírico para la determinación de una línea base que permita medir la plusvalía de inmuebles aledaños a las 5 paradas objeto de estudio (Jipijapa, La Pradera, La Carolina, La Magdalena, Solanda). Se presenta como objetivo general de la investigación: Determinar los indicadores de análisis que permitan medir la variación de precios de bienes inmuebles ubicados a 500 metros de 5 paradas de la Primera Línea de Metro de Quito. Para lograrlo, se plantean objetivos específicos a alcanzarse a lo largo de la investigación: caracterizar los indicadores económicos, comerciales, tecnológicos y demográficos que inciden en la variación de precios de inmuebles aledaños a las 5 paradas, objeto de estudio; conocer el precio de venta y de alquiler de los inmuebles comerciales y de vivienda aledaños a las 5 paradas, objeto de estudio; y determinar los factores que afectan al valor de los inmuebles comerciales y de vivienda aledaños a las 5 paradas.

MÉTODOS

Para el presente trabajo, se ha considerado una metodología cualitativa. A través de la aplicación de guías de observación tanto *in situ* como de forma virtual en portales web como plusvalía.com, se ha realizado un análisis de los inmuebles ofertados a nivel comercial y de vivienda, tanto de venta y de alquiler, sin la obtención de una muestra, sino considerando todos los disponibles para el trabajo. Se consideró un radio de análisis de 500 metros a la redonda de las 5 paradas objeto de estudio considerando que es la distancia de influencia considerada por el Municipio de Quito (ver mapa anexo 1).

El equipo encargado del levantamiento de información estuvo conformado por 1 coordinador (Msc. Santiago Núñez) y 6 estudiantes

de 4to y 5to semestre de la carrera de Comercio Exterior (Sara Rojas, Joshua Haro, Edison Sigcha, Priscila Yamberla, Melany Solorzano, Nicole Esparza). Adicionalmente, se tuvo el apoyo de la estudiante Alejandra Criollo para el procesamiento de la información, bajo la coordinación general de la directora del Área de Ciencias Empresariales (Msc. Johanna Morocho). Entre los días 20 y 21 de diciembre de 2022, el equipo de 7 personas se dirigió a las 5 paradas, de acuerdo con la siguiente planificación de las rutas, y los respectivos equipos de trabajo, presentados a continuación:

Tabla 2. Planificación del levantamiento de información

No.	Nombre de la Estación	Ruta	Equipo
1	Jipijapa	Tomás de Berlanga / Río Coca norte / Av. Amazonas norte	Sara Rojas, Joshua Haro
		Av. Amazonas sur / Isla Tortuga / Río Cofanes	Edison Sigcha, Priscila Yamberla
		Isla Isabela / Isla San Cristóbal / Río Coca sur	Melany Solorzano, Nicole Esparza
2	La Carolina	Mariana de Jesús / Av. Amazonas / Pasaaje Potosí	Sara Rojas, Joshua Haro
		Eloy Alfaro / Andrade de Marín / Av. De los Shyris	Edison Sigcha, Priscila Yamberla
		Andrade Marín / Antonio Navarro / Whympier / Av. Alpallana	Melany Solorzano, Nicole Esparza
3	La Pradera	Inglaterra / Cristóbal Acuña / Juan Agama	Sara Rojas, Joshua Haro
		9 de octubre / Mariano Acosta	Edison Sigcha, Priscila Yamberla
		Inglaterra / Alemania / Vancouver	Melany Solorzano, Nicole Esparza
4	La Magdalena	Av. Rodrigo de Chávez / 5 de junio	Sara Rojas, Joshua Haro
		Av. Rodrigo de Chávez / Galte	Edison Sigcha, Priscila Yamberla
		Alberto Enríquez / Nelcochea / Antonio Baquerizo	Melany Solorzano, Nicole Esparza
5	Solanda	Av. Ajaví / Av. Benancio Estandoque	Sara Rojas, Joshua Haro
		Manuel Montero / Simón Guerra / Joaquín Lopez	Edison Sigcha, Priscila Yamberla
		Av. Ajaví / Joaquín Yerovi	Melany Solorzano, Nicole Esparza

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados del estudio de línea base que se ha planteado a partir de 13 indicadores divididos en 3 grupos denominados como dimensiones: económica y comercial, tecnológica y demográfica.

Tabla 3. Dimensiones e Indicadores para el levantamiento de información

No.	Indicadores Ficha de Observación (In-situ)	Indicadores Ficha de Observación (Página web: Plusvalía.com)
	Dimensión Económica y Comercial	Dimensión Económica y Comercial
1	Tipo de propiedad	Tipo de propiedad
2	Estatus comercial	Estatus comercial
3	Año de construcción	Año de construcción
4	Estado de la construcción	Estado de la construcción
5	Características de la propiedad	Características de la propiedad
6	Amenidades internas	Amenidades internas
7	Amenidades externas	Amenidades externas
8	Valor de la propiedad	Valor de la propiedad
9	Cantidad de establecimiento por tipología	N/A
Dimensión Demográfica		
10	Tamaño de la población residente (hab/m2)	N/A
11	Edad promedio de la población	N/A
Dimensión Tecnológica		
12	Número de cajeros de banco	N/A
13	Número de redes WiFi	N/A

El estudio se ha realizado en 2 fases: la primera respecto del levantamiento de información obtenida por la observación física (in-situ). En esta fase se levantaron 132 fichas (24 Jipijapa, 26 La Carolina, 26 La Pradera, 26 La Magdalena, 30 Solanda). En la segunda fase de observación se realizó una revisión digital de las ofertas de las propiedades de venta y alquiler tanto comerciales como de viviendas ubicadas a 500 metros aproximadamente de las 5 paradas de la PLMQ-. Se levantaron 65 fichas (15 Jipijapa, 15 La Carolina, 08 La Pradera, 12 La Magdalena, 15 Solanda).

Indicador 1: Tipo de Propiedad

Se han identificado 2 tipos de propiedad para el estudio: comercial y de vivienda. Se han identificado también 2 tipos de estatus comercial para propiedades observadas tanto in-situ como por sitios web: de arriendo (alquiler) y de venta, tal como se observa en la Figura 1. En el gráfico mostrado se despliega el número de inmuebles analizados en el presente estudio por sus 2 variables de estadia comercial explicados. Existen 37 fichas en total de vivienda en venta, 33 de vivienda en arriendo, 8 de locales comerciales en venta y 54 de locales en alquiler, en total 132. Del total, existen 70 fichas de vivienda y 62 fichas de inmuebles comerciales.

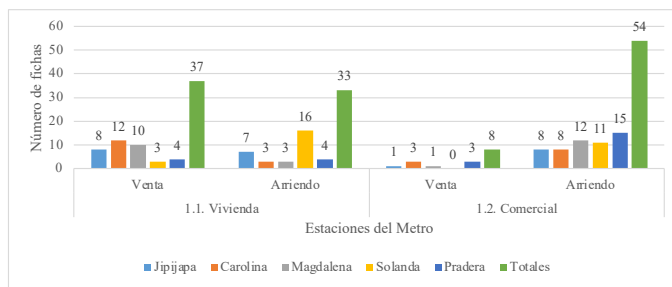


Figura 1. Distribución de los inmuebles por tipo de propiedad y estatus comercial (Fichas in situ)

Fuente: Ficha de observación del estudio

A continuación, se desagrega el análisis del total de 132 fichas por el tipo de propiedad dividiéndose si son de vivienda o comerciales, entendiéndose que se utilizó para el presente estudio concretamente el uso principal del inmueble por recomendación de Municipio de Quito y la identificación existente en su catastro. Para las paradas Jipijapa se obtuvieron 24 fichas, La Carolina 26, La Pradera 26, La Magdalena 26, Solanda 30. Como se observa en la Figura 2, entre los principales resultados destaca que el sector de La Pradera, es la zona en la que se registra la mayor cantidad de propiedades de tipo comercial, con un 69%; (18 de las 26), mientras que los sectores de Jipijapa y Solanda, son los sectores con mayor registro de propiedades de vivienda, con un 63% (15 de 24 y 19 de 30 respectivamente).

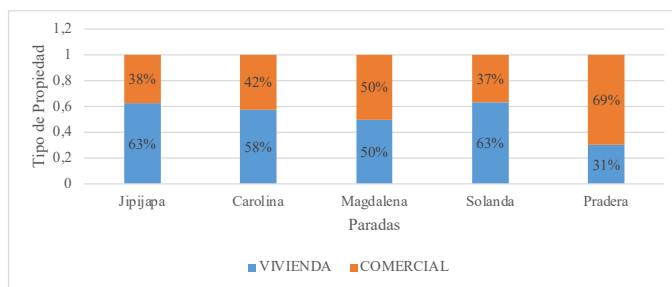


Figura 2. Tipo de propiedad para 5 estaciones del Metro de Quito (Vivienda / Comercial) (in-situ)

Fuente: Ficha de observación del estudio

Los datos anteriormente descritos se contraponen con la revisión realizada en el sitio web de plusvalía.com tal como se muestra en la Figura 3, puesto que, vía digital, la mayor cantidad de opciones que se encuentra para todos los sectores analizados son de vivienda por sobre los comerciales. En los portales digitales se promociona sobre todo propiedades ubicadas en los sectores de Jipijapa y La Magdalena que ascienden al 13% y 8% respectivamente (2 de 15 y 1 de 12).

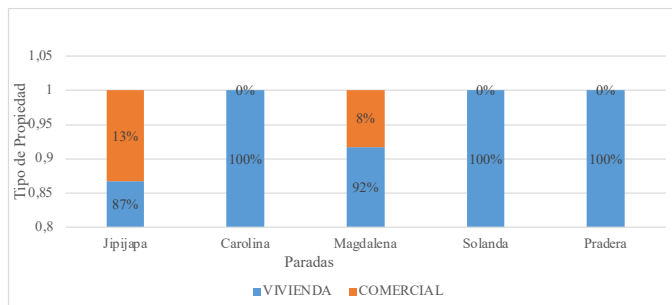


Figura 3. Tipo de propiedad para 5 estaciones de la PLMQ (Vivienda / Comercial) (Página web)

Fuente: Ficha de observación de estudio

Indicador 2: Estatus comercial

En la Figura 4 se presentan los resultados específicos para las propiedades de vivienda. De las 132 propiedades analizadas, 70 son de vivienda. Del análisis resulta que Solanda es el lugar en el que el 84% de las fichas corresponde a propiedades en alquiler (16 de 19) y solo el 16% en venta (3 de 19), mientras que La Magdalena es el sector con el mayor número de propiedades en venta, con un 85% (11 de 13) y el 15% en alquiler (2 de 13). Del análisis se desprende que las propiedades de vivienda ubicadas en el sector de La Carolina son principalmente de venta en un 80% (12 de 15).

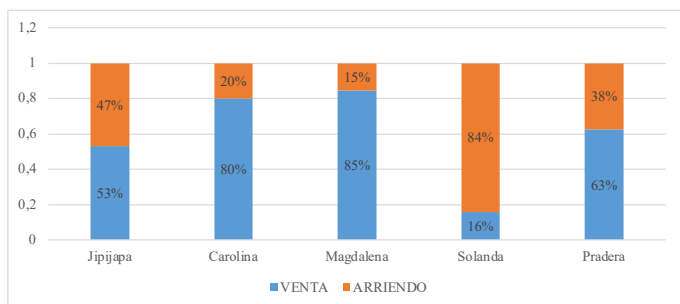


Figura 4. Estatus de la propiedad "Vivienda" para 5 estaciones de la PLMQ (Arriendo / Venta) (In-situ)

Fuente: Ficha de observación del estudio

De las propiedades de vivienda analizadas en la página web (Figura 5) destaca que la mayoría están en venta y no en alquiler. Solamente en la parada de La Pradera se encuentran viviendas en alquiler y venta de forma equilibrada.

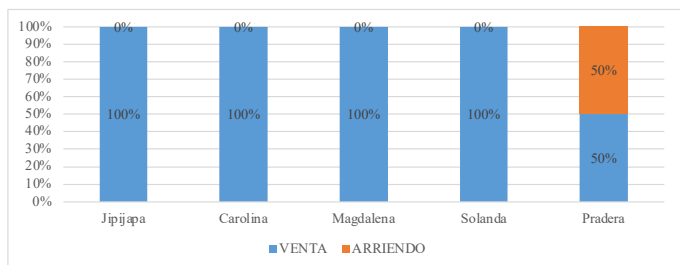


Figura 5. Estatus de la propiedad "Vivienda" para 5 estaciones del Metro de Quito (Arriendo / Venta) (Página web)

Fuente: Ficha de observación del estudio

En la Figura 6 se presenta un análisis de las propiedades observadas *in situ*, por su estatus para la clasificación de locales comerciales que ascendió a 62 fichas.

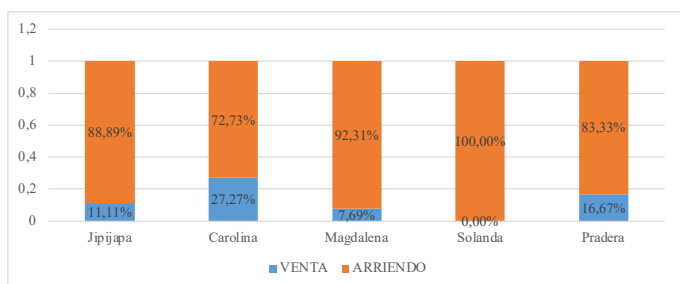


Figura 6. Estatus de propiedades "Comerciales" para 5 estaciones del Metro de Quito (Arriendo / Venta) (Página web)

Fuente: Ficha de observación del estudio

Como se muestra en la Figura 6, de las 62 propiedades analizadas, se obtuvo que en el sector de Solanda hay un 100% de locales en arriendo sin reflejar datos para propiedades en venta, una lógica similar para el sector de La Magdalena que asciende al 92.31% y La Pradera que llega al 83.33%. En todos los sectores observados sobre el 72% de los inmuebles comerciales (locales comerciales) están con el estatus de alquiler. Es una realidad que se mantiene en la observación realizada en los portales web, ya que de los 3 locales comerciales encontrados 2 están en venta en el sector de Jipijapa y La Magdalena y solo 1 en alquiler en el sector de Jipijapa. Con esto se demuestra que no existe un alto número de locales comerciales disponibles en búsqueda a través de los portales digitales.

Indicador 3: Años de construcción

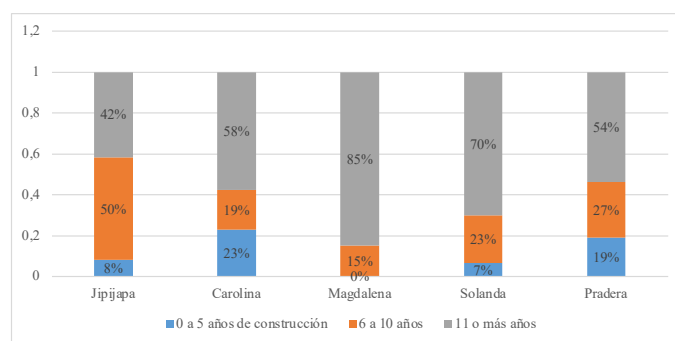


Figura 7. Años de Construcción para propiedades de las 5 estaciones del Metro de Quito (Nuevo / Medianamente nuevo / Antiguo)

Fuente: Ficha de observación del estudio

Como se observa en la Figura 7, en todas las ubicaciones se observan propiedades antiguas. Con excepción del sector de la Jipijapa, los otros 4 sectores, el 58% de las propiedades analizadas exceden los 11 años de construcción. Cerca de La Magdalena y de Solanda se observa las propiedades más antiguas del estudio, el 85% (22 de 26) y el 70% (21 de 30) respectivamente. Por su parte los sectores que tienen propiedades más nuevas son los sectores de La Carolina y de La Pradera con 23% (6 de 26) y 19% (5 de 26) respectivamente. No se ha hecho un desglose del indicador 4 ya que es información de respaldo a lo ya descrito respecto al estado y actualidad de la construcción de los predios analizados.

Indicador 5 y 6: Características de la propiedad y Amenidades Internas

Se observan en la Figura 8 las características de las 132 propiedades analizadas *in situ*, las cuales se encuentran construidas en 3 rangos principales: 1) 80 - 200 m²; 2) 200 - 400 m²; 400m² en adelante. Del análisis se desprende que las propiedades de estos 3 rangos ubicadas en la zona de La Carolina, se encuentran en los edificios más altos del grupo observado; es decir, los inmuebles se encuentran localizados en edificios de entre 7 y 8 pisos en promedio. Los inmuebles ubicados en edificios de menor altura se encuentran en el sector de Solanda, en promedio las propiedades analizadas se encuentran en edificaciones que tienen como máximo 3 pisos.

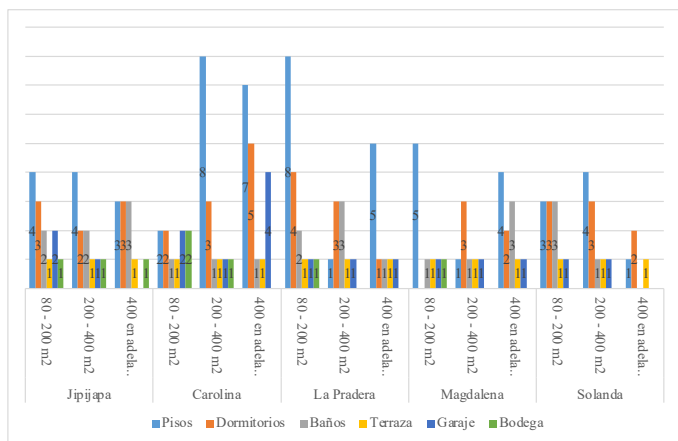


Figura 8. Características de la propiedad para 5 paradas del Metro de Quito (Promedio por rango)

Fuente: Ficha de observación del estudio

En promedio, la zona de la Carolina reúne las propiedades con mayor cantidad de dormitorios por propiedad, como mínimo 3 dormitorios y como máximo 5 en los 3 rangos analizados. Mientras que en el sector de La Pradera existe un promedio de departamentos de entre 200 a 400 m² con disponibilidad de entre 1 y 3 dormitorios como tope máximo.

En el caso de Solanda y La Magdalena, son zonas con propiedades que en promedio sus instalaciones cuentan con promedio de 3 baños, incluso para propiedades de 200m², debido a su antigüedad en la construcción. En todas las zonas, las propiedades disponen de 1 terraza ya sea del propio inmueble o del edificio, la cual se convierte en una amenidad apreciada en Quito debido a la entrada de luz y la vista hacia paisajes representativos, no así la bodega ya que solamente en el sector de Jipijapa se encontraron propiedades que en promedio disponían de al menos una bodega, este es un aspecto que generalmente se lo considera un extra. El garaje se ha convertido en una amenidad valorada, no siempre disponible en todas las zonas de Quito, principalmente en Solanda, Magdalena y Jipijapa, mientras que los edificios de La Pradera y La Carolina disponen, pero como un extra al valor de la propiedad.

Indicador 7 y 13: Amenidades Externas

Para este indicador, se han considerado la cercanía de parques como zonas verdes a los inmuebles analizados en el rango de entre 80 y 200m², así como paradas de transporte y redes wi-fi. Se han considerado propiedades tanto de venta como en alquiler para este indicador.

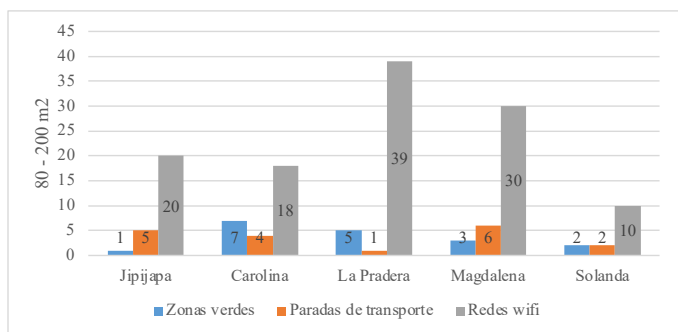


Figura 9. Amenidades Externas para 5 paradas de la PLMQ (Número de propiedades por parada)

Fuente: Ficha de observación del estudio

En la Figura 9 se observa que el sector la Carolina es la zona con mayor número de propiedades con salida directa a parques y zonas verdes,

puesto que tienen cercanía al Parque La Carolina y a la Pradera Sports, sitios de esparcimiento deportivo cercanos a la parada del Metro. Por su parte, para las propiedades ubicadas cerca a la estación del Metro de la Pradera, 5 del total analizado tienen salida a un parque ubicado en la calle Inglaterra. En el sector de la Magdalena, existe un parque localizado en la avenida 5 de junio con el que colinda 3 de las propiedades analizadas. En el sector de Solanda no existe parques más que un estadio de fútbol barrial con el que colindan 2 propiedades y en el sector de Jipijapa no hay parques ni áreas verdes cercanas a las propiedades.

La Pradera es la zona en donde se encontró la mayor cantidad de redes wi fi en total, dentro del análisis se obtuvo un total de 39 redes cercanas a propiedades de entre 80 a 200 m²; mientras que la zona aledaña a la Parada del Metro de Solanda solamente se encontraron 10 redes.

Indicador 8: Precio de la Propiedad

El análisis del precio se ha realizado tanto para inmuebles de venta como para los de alquiler, adicionalmente se ha obtenido la media del precio y la desviación estándar por parada. En la Figura 10, se observa el número de inmuebles, por rango de precios, que se encuentran por estación de la Primera Línea del Metro.

• Precio de Venta

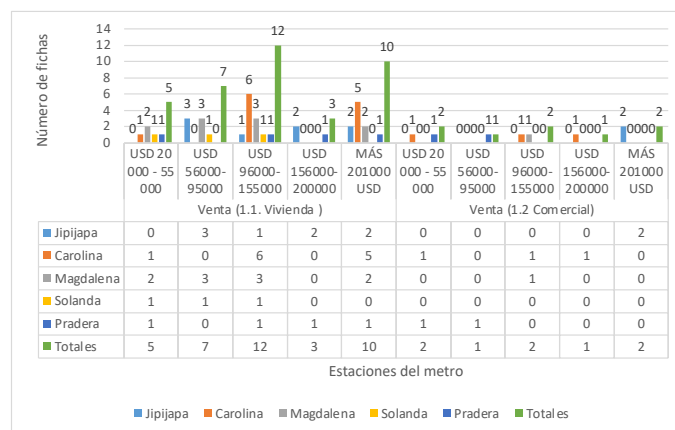


Figura 10. Precio de los inmuebles de venta (vivienda / comercial) para 5 paradas de la PLMQ (dólares) (In-Situ)

Fuente: Ficha de observación del estudio

De los 132 registros *in situ*, se encontraron 45 propiedades en venta, de las que 37 corresponden a vivienda y 8 a locales comerciales. En la Figura 10, se detalla el número de propiedades en venta por rango de precio tanto para vivienda como para local comercial. Son 5 rangos considerados: entre 0 a 55.000, de 56.000 a 95.000, de 96.000 a 155.000, de 156.000 a 200.000 y de 201.000 dólares en adelante. Se constató que hay una concentración de inmuebles en el sector de La Carolina (15 de 47); lo que representa un 33%, con una preponderancia de 6 inmuebles en el rango de 96.000 a 155.000.

Adicionalmente, al levantamiento in situ, se obtuvieron 66 registros válidos por medio de páginas web (principalmente plusvalía.com), de los que 51 están en venta; 15 en alquiler. Todos los 51 registros en venta son para vivienda. A continuación, en la Tabla 4, se muestran los precios de inmuebles de vivienda por dimensiones de la propiedad por cada una de la Estaciones del Metro, así como el promedio por rango para propiedades que van entre 1 a 100 m² y de 101 m² en adelante.

Tabla 4. Precios de las propiedades de venta (vivienda) por su dimensión y por Estación de la PLMQ

Estación del Metro	Dimensiones de la propiedad	Valor de la propiedad	Media	Desviación estándar		
Carolina	250 m ²	113000	189.833	64.599		
Carolina	104 m ²	139.999				
Carolina	147 m ²	230.000				
Carolina	140 m ²	215.000				
Carolina	160 m ²	280.000				
Carolina	100 m ²	150.000				
Carolina	150 m ²	200.000				
Carolina	120 m ²	250.000				
Carolina	140 m ²	300.000				
Carolina	150 m ²	140.000				
Carolina	103 m ²	125.000				
Carolina	145 m ²	135.000				
Carolina	80 m ²	120.051				
Carolina	80 m ²	166.550				
Carolina	75 m ²	142.900				
Carolina	110 m ²	138.000	129.938	37.769		
Carolina	114 m ²	194.000				
Carolina	92 m ²	90.000				
Carolina	91 m ²	90.000				
Carolina	90 m ²	98.000				
Jipijapa	128 m ²	79.000				
Jipijapa	446 m ²	350.000				
Jipijapa	200 m ²	175.000				
Jipijapa	150 m ²	125.000				
Jipijapa	160 m ²	80.000				
Jipijapa	180 m ²	170.000	178.625	115.100		
Jipijapa	150 m ²	90.000				
Jipijapa	500 m ²	360.000				
Jipijapa	316 m ²	68.000				
Jipijapa	325 m ²	280.000				
Jipijapa	292 m ²	324.000				
Jipijapa	512 m ²	380.000				
Jipijapa	324 m ²	280.000				
Jipijapa	403 m ²	335.500				
Jipijapa	128 m ²	83.500				
Jipijapa	300 m ²	330.000	251.450	123.123		
Jipijapa	717 m ²	350.000				
Jipijapa	128 m ²	83.500				
Jipijapa	63 m ²	59.000			59.000	N/A
La pradera	120 m ²	130.000				
La pradera	180 m ²	300.000			222.475	65.390
La pradera	160 m ²	300.000				
La pradera	230 m ²	159.900				
La Pradera	120 m ²	115.000				
La Pradera	109 m ²	155.000			196.666	108.666
La Pradera	391 m ²	320.000				

Estación del Metro	Dimensiones de la propiedad	Valor de la propiedad	Media	Desviación estándar				
La Pradera	87 m ²	125.000	99.281	19.705				
La Pradera	48 m ²	79.707						
La Pradera	87 m ²	115.000						
La Pradera	62 m ²	91.700						
La Pradera	78 m ²	85.000						
Magdalena	100 m ²	78.000						
Magdalena	110 m ²	150.000						
Magdalena	110 m ²	70.000						
Magdalena	2409 m ²	300.000						
Magdalena	1700 m ²	100.000			128.800	96517		
Magdalena	110 m ²	30.000						
Magdalena	120 m ²	50.000						
Magdalena	400 m ²	85.000						
Magdalena	280 m ²	300.000						
Magdalena	300 m ²	125.000						
Magdalena	168 m ²	152.000						
Magdalena	124 m ²	69.000						
Magdalena	161 m ²	129.000	130.375	36.221				
Magdalena	207 m ²	92.000						
Magdalena	168 m ²	152.000						
Magdalena	123 m ²	129.000						
Magdalena	123 m ²	135.000						
Magdalena	582 m ²	185.000						
Magdalena	64 m ²	68.000						
Magdalena	50 m ²	46.000			60.667	12.702		
Magdalena	64 m ²	68.000						
Solanda	100 m ²	80.000						
Solanda	120 m ²	120.000	95.000	21.794				
Solanda	100 m ²	85.000						
Solanda	346 m ²	129.900						
Solanda	248 m ²	105.000						
Solanda	300 m ²	108.000						
Solanda	150 m ²	160.000					107.843	29.907
Solanda	236 m ²	90.000						
Solanda	185 m ²	95.000						
Solanda	117 m ²	67.000						
Solanda	45 m ²	30.000						
Solanda	66 m ²	43.000						
Solanda	72 m ²	37.000						
Solanda	92 m ²	149.000	63.167	46.538				
Solanda	90 m ²	85.000						
Solanda	66 m ²	35.000						

Fuente: Ficha de observación del estudio

Nota: Los datos marcados en naranja corresponde a los encontrados en páginas web A continuación, se presentan las figuras de media para inmuebles de vivienda en venta.

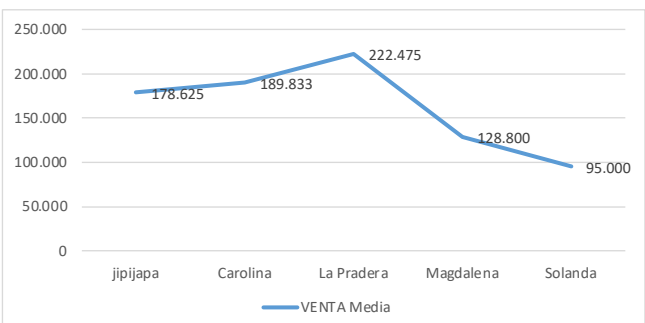


Figura 11. Media de los precios de venta de inmuebles de vivienda para 5 paradas de la PLMQ (in situ)

Fuente: Ficha de observación del estudio

Como se observa en la figura, las propiedades en venta de más de 100m² registran un mayor precio promedio en las zonas cercanas a Jipijapa y La Pradera. Se encontraron propiedades de venta con una dimensión de menos de 100m², las cuales refieren a departamentos pequeños o suites de 1 o 2 dormitorios, 1 baño y un garaje. Estas 8 propiedades localizadas en la zona de La Carolina tienen un precio promedio de USD \$129.938 con una desviación estándar de USD \$37.769. Se encontró vía web 1 propiedad de 63m² en la zona de Jipijapa con un precio de USD \$59.000. En la zona de La Pradera se encontraron 5 inmuebles de menos de 100m² con un precio promedio de USD \$99.281 y una desviación estándar de USD \$19.705. A continuación, en la Tabla 5, se muestran los precios de inmuebles comerciales por dimensiones de la propiedad por cada una de las estaciones de la PLMQ. Para la estación de Solanda no se encontraron datos de locales comerciales de venta, para las demás estaciones sí.

Tabla 5. Precios de las propiedades de venta (locales comerciales) por su dimensión y por Estación de la PLMQ

Estación del Metro	Dimensiones de la propiedad	Valor de la propiedad	Media	Desviación estándar
Carolina	250 m2	138.000		
Carolina	100 m2	30.000	99.333	60.178
Carolina	600 m2	130.000		
Jipijapa	124 m2	335.000	335.000	N/A
La pradera	620 m2	650.000		
La pradera	130 m2	70.000	256.667	340.783
La pradera	110 m2	50.000		
Magdalena	440 m2	139.000	139.000	N/A

Fuente: Ficha de observación del estudio.

• Precio de Alquiler

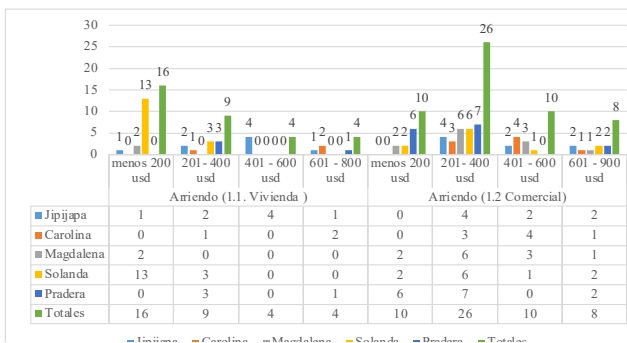


Figura 12. Precio de inmuebles de alquiler (comercial / de vivienda) para 5 paradas de la PLMQ (In-Situ)

Fuente: Ficha de observación del estudio

En la Figura 12, del total de las 132 fichas levantadas in situ, 87 corresponden a propiedades en alquiler. 33 propiedades en alquiler son de vivienda y 54 son locales comerciales. Se ha realizado una clasificación por 4 rangos de precios que van de USD \$1 a \$200, USD \$201 a \$400, USD \$401 a \$600, y de USD \$600 a \$800. Se obtuvieron datos adicionales de 15 propiedades por la vía de plataforma web (marcados debajo con color naranja).

Cómo se observa en la Figura 12, del total de fichas levantadas, 13 de las propiedades de vivienda en alquiler se encuentran en el sector de Solanda, con un precio de menos de 200 USD, mientras que 4 se encuentran cerca de la parada de metro de Jipijapa con precio de entre USD \$400 y 600 dólares. Respecto de las propiedades comerciales en alquiler destaca que 7, se encontraron en el sector de La Pradera con un valor estimado de entre USD \$200 y USD \$400 dólares. En los 5 sectores analizados existen locales comerciales de más de 150 metros con un precio mayor de USD \$ 600, con mayor cantidad en el sector de Solanda, La Pradera, y Jipijapa.

En la Tabla 6, se muestran los precios de alquiler de los inmuebles de vivienda por dimensiones de la propiedad por cada una de las estaciones de la PLMQ objeto de estudio.

Tabla 6. Precios de alquiler de las propiedades de vivienda por su dimensión y por estación del Metro (dólares)

Estación del Metro	Dimensiones de la propiedad	Valor de la propiedad	Media	Desviación estándar
Carolina	150 m ²	660	597	222
Carolina	100 m ²	780		
Carolina	150 m ²	350		
La Carolina	900 m ²	1.100		
La Carolina	100 m ²	880		
La Carolina	100 m ²	600	804	231
La Carolina	115 m ²	540		
La Carolina	130 m ²	900		
La Carolina	83 m ²	780	615	233
La Carolina	45 m ²	450		
Jipijapa	150 m ²	470		
Jipijapa	200 m ²	530		
Jipijapa	120 m ²	400		
Jipijapa	180 m ²	470	414	128
Jipijapa	140 m ²	380		
Jipijapa	1000 m ²	500		
Jipijapa	18 m ²	150		
Jipijapa	135 m ²	600	420	255
Jipijapa	750 m ²	240		
La pradera	120 m ²	400		
La pradera	150 m ²	780	445	229
La pradera	120 m ²	320		
La pradera	180 m ²	280		
La pradera	120 m ²	700	718	24
La pradera	300 m ²	735		
La pradera	48 m ²	500	440	85
La pradera	80 m ²	380		

Estación del Metro	Dimensiones de la propiedad	Valor de la propiedad	Media	Desviación estándar		
Magdalena	120 m ²	300	200	87		
Magdalena	100 m ²	160				
Magdalena	560 m ²	140				
Solanda	100 m ²	380				
Solanda	150 m ²	200				
Solanda	100 m ²	240				
Solanda	110 m ²	300				
Solanda	160 m ²	200				
Solanda	130 m ²	160				
Solanda	200 m ²	140			192	75
Solanda	100 m ²	150				
Solanda	110 m ²	150				
Solanda	100 m ²	130				
Solanda	100 m ²	120				
Solanda	100 m ²	180				
Solanda	110 m ²	150				
Solanda	80 m ²	170	130	61		
Solanda	39 m ²	160				
Solanda	70 m ²	60				
Solanda	61 m ²	195			173	32
Solanda	90 m ²	150				

Fuente: Ficha de observación del estudio.

Nota: Los datos marcados en naranja corresponde a los encontrados en páginas web

La Figura 13 muestra la media para inmuebles de vivienda en alquiler con dimensiones mayor a 100m², que generalmente tienen 3 habitaciones, 2 baños y al menos 1 garaje:

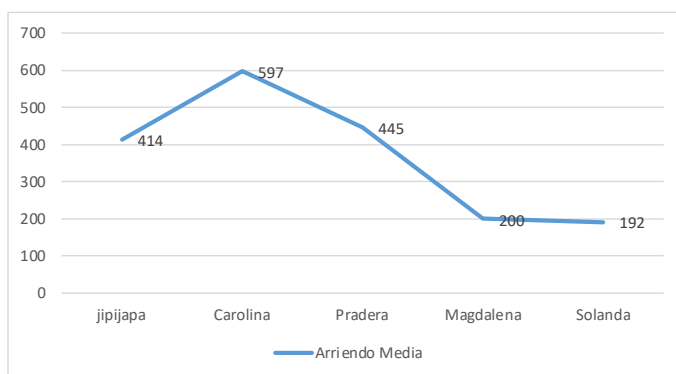


Figura 13. Precio de inmuebles de alquiler (de vivienda) para 5 paradas del Metro de Quito

Fuente: Ficha de observación del estudio

El precio promedio de los inmuebles de vivienda que se encuentran en alquiler cerca a la Estación de la PLMQ de la Carolina es el más alto; ascendiendo a USD \$597 dólares para propiedades entre 100 y 150 m², seguido de la Pradera con un valor promedio de USD \$445, dejando a los inmuebles ubicados en Solanda en el último lugar, con un precio promedio de alquiler para propiedades de entre 100 y 200m² de USD \$181 dólares.

El precio promedio de los inmuebles de vivienda que se encuentran en alquiler cerca a la Estación de la PLMQ de la Carolina es el más alto; ascendiendo a USD \$597 dólares para propiedades entre 100 y 150 m², seguido de la Pradera con un valor promedio de USD \$445, dejando a los inmuebles ubicados en Solanda en el último lugar, con un precio promedio de alquiler para propiedades de entre 100 y 200m² de USD \$181 dólares.

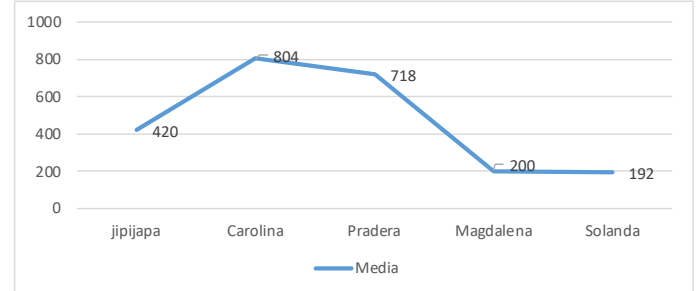


Figura 13.1. Media de los precios de alquiler de inmuebles de vivienda para 5 paradas de la PLMQ (plataformas web)

Fuente: Ficha de observación del estudio

En la Figura 13.1, de las propiedades observadas vía plataforma web, con dimensiones de más de 100m², se concluye que en el sector de La Carolina se encuentran los inmuebles con mayor precio promedio, alrededor de USD \$804 dólares. Seguido por inmuebles de más de 100m² en el sector de la pradera; generalmente caracterizados por 2 dormitorios, 2 baños y 1 garaje. El precio promedio más bajo se encuentra en el sector de Solanda, con propiedades de precio promedio de USD \$192 dólares. Adicionalmente a las descritas en el párrafo anterior, se encontraron vía web 6 propiedades de vivienda en alquiler de menos de 100m²; es decir, departamentos en 3 zonas específicas: La Carolina, La Pradera y Solanda, con un precio de alquiler promedio de USD \$615, USD \$440 y USD \$173 respectivamente. Estos valores corresponden a departamentos o suites de 1 dormitorio, 1 baño, sala, 1 garaje.

La Tabla 7 contiene los datos de los locales comerciales en alquiler que se encontraron in situ, no se encontraron propiedades comerciales vía plataforma web.

Tabla 7. Precios de alquiler de las propiedades comerciales por su dimensión y por la PLMQ (dólares)

Estación del Metro	Dimensiones de la propiedad	Valor de la propiedad	Media	Desviación estándar
Carolina	100 m ²	390	456	118
Carolina	250 m ²	450		
Carolina	250 m ²	550		
Carolina	150 m ²	680		
Carolina	170 m ²	450		
Carolina	130 m ²	400		
Carolina	530 m ²	280		
Carolina	220 m ²	450		
Jipijapa	150 m ²	300		
Jipijapa	200 m ²	500		
Jipijapa	160 m ²	440	465	137
Jipijapa	150 m ²	350		
Jipijapa	150 m ²	400		
Jipijapa	180 m ²	680		
Jipijapa	150 m ²	400		
Jipijapa	150 m ²	400		
Jipijapa	1000 m ²	650		

Estación del Metro	Dimensiones de la propiedad	Valor de la propiedad	Media	Desviación estándar
La pradera	80 m ²	400	335	217
La pradera	80 m ²	370		
La pradera	160 m ²	380		
La pradera	160 m ²	370		
La pradera	22 m ²	200		
La pradera	35 m ²	320		
La pradera	100 m ²	700		
La pradera	100 m ²	180		
La pradera	100 m ²	160		
La pradera	40 m ²	100		
La pradera	100 m ²	230		
La pradera	140 m ²	380		
La pradera	140 m ²	160		
La pradera	140 m ²	180		
La pradera	600 m ²	900		
Magdalena	180 m ²	270	398	104
Magdalena	160 m ²	360		
Magdalena	500 m ²	405		
Magdalena	100 m ²	370		
Magdalena	150 m ²	350		
Magdalena	150 m ²	400		
Magdalena	200 m ²	415		
Magdalena	200 m ²	360		
Magdalena	130 m ²	650		
Magdalena	80 m ²	120		
Magdalena	90 m ²	500	218	248
Magdalena	25 m ²	35	342	137
Solanda	200 m ²	280		
Solanda	270 m ²	180		
Solanda	150 m ²	350		
Solanda	100 m ²	300		
Solanda	100 m ²	350		
Solanda	150 m ²	590		
Solanda	80 m ²	150		
Solanda	80 m ²	250		
Solanda	80 m ²	150		
Solanda	80 m ²	250		
Solanda	70 m ²	120		

Fuente: Ficha de observación del estudio

Los precios más bajos de alquiler de locales comerciales se encuentran en Solanda.

Indicador 9: Cantidad de establecimientos por tipología

En la Figura 14, del total de inmuebles en venta y alquiler que se encuentran aledaños a las 5 paradas de la PLMQ (en total 57 analizados para este indicador) destaca que en su mayoría (21) están destinados a oficinas o consultorios

médicos; lo que representa el 37% y se localizan totalmente en el sector de La Carolina y La Pradera. El tipo de local comercial que más se encontró luego de oficinas fueron de salud (11 de 57), lo que representa el 19%. En tercer lugar, se encontraron restaurantes (10 de 57), valor que representa el 18% y ambos rubros distribuidos por todas las zonas aledañas a las 5 paradas. Cerca de la parada Jipijapa se encontraron 2 locales comerciales utilizados como salón de belleza, lo que representó el 4%; mientras que La Magdalena ha sido la zona en la que se encontró 1 negocio atípico a la tendencia, como es una cerrajería (2%).

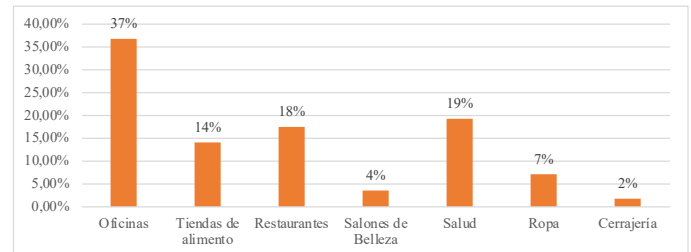


Figura 14. Cantidad de establecimientos comerciales de venta y alquiler en las 5 paradas de la PLMQ (Tipología)

Fuente: Ficha de observación del estudio

Indicador 10: Dimensión demográfica. Tamaño de población

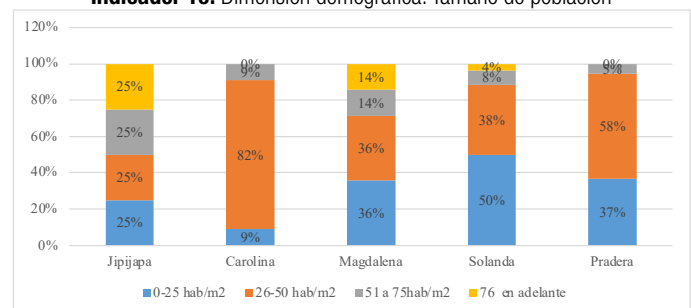


Figura 15. Tamaño de la población residencial por estación de la PLMQ (Habitantes / Metro cuadrado)

Fuente: Ficha de observación del estudio

En la Figura 15 destaca que la zona de La Carolina es el sector con mayor densidad poblacional, debido a la cercanía a parques, centros comerciales y dependencias públicas y servicios privados. A continuación, en la Figura 16, se muestra la edad promedio por cada estación, destacando como las más jóvenes a La Pradera y Jipijapa, así como en las de más edad a La Magdalena y La Pradera.

En cuanto a la población, en las zonas aledañas a la estación de la Pradera se observa una población del 61% que oscila entre los 18 y 30, lo que refiere a población joven generalmente ubicada en dicho lugar por temas laborales y educativos. El 46% de la población entre 31 y 50 años se encuentra ubicada cerca de la zona de La Carolina; mientras que las personas de edad superior a los 50 años se ubican en las zonas de Solanda y Jipijapa principalmente, con el 27% respectivamente.

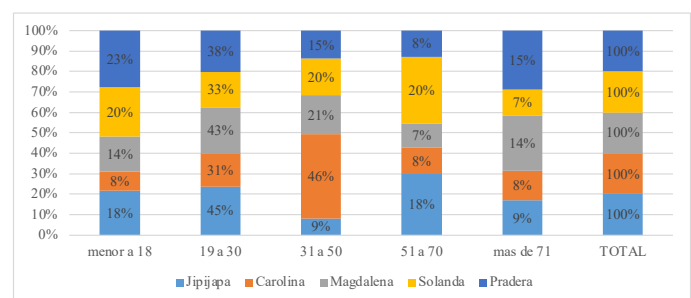


Figura 16. Edad promedio para propiedades de las 5 estaciones de la PLMQ (Porcentaje)

Fuente: Ficha de observación del estudio

Indicador 12: Dimensión Tecnológica. Número de Cajeros

En la dimensión tecnológica se ha destacado la disponibilidad de redes wi-fi que para propósitos del estudio se presentó en el apartado de amenidades externas. En esta dimensión destaca también la disponibilidad de cajeros bancarios, que se presenta en la figura 17.

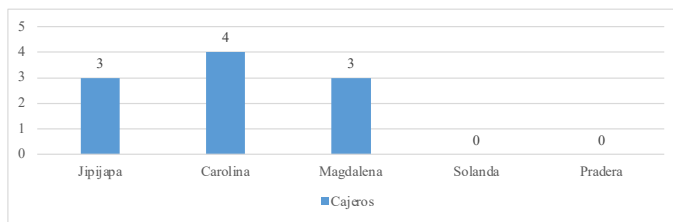


Figura 17. Cajeros para 5 estaciones de la PLMQ

Fuente: Ficha de observación del estudio

No se ha evidenciado cajeros automáticos en las zonas aledañas (menos de 500 metros) a las estaciones de la PLMQ en Solanda y La Pradera.

CONCLUSIONES

Del estudio teórico se concluye que la elaboración de un estudio descriptivo de los precios de los inmuebles comerciales y de vivienda en zonas aledañas a la Primera Línea de Metro de Quito (PLMQ) es un trabajo útil y representativo para poder realizar una comparación a futuro de los precios y los factores que los influyen su aumento o disminución. La selección de inmuebles ubicados en 500 metros cerca de las 5 paradas de la Primera Línea de Metro de Quito (PLMQ) (Jipijapa, La Pradera, La Carolina, La Magdalena, Solanda) permite identificar rangos de datos respecto de las propiedades tanto del Norte, Centro-Norte y Sur de la ciudad.

Se ha determinado una línea base, compuesta por 3 dimensiones: económica y comercial, demográfica y tecnológica. Dentro de ellas, se ha configurado 13 indicadores, los cuales se ha identificado con base a la teoría de precios hedónicos y los antecedentes normativos en la ciudad de Quito, donde destaca que la ubicación es el factor principal en torno a la determinación del precio; puesto que, este factor se relaciona con las obras públicas y las mejoras que se hagan en zonas cercanas.

Se ha realizado el levantamiento de 198 fichas de observación, correspondientes a inmuebles de venta y alquiler. 132 fichas se levantaron in situ y 66 a través de plataformas web, estas últimas se han utilizado como parte del proceso comprobatorio de la información lograda en el levantamiento in situ que se presentó a lo largo del documento.

Caracterización de las zonas de estudio

Se ha logrado cumplir con el objetivo específico uno, en cuanto a caracterizar las propiedades de venta y alquiler de las zonas objeto de estudio en correspondencia con los indicadores económicos, comerciales, tecnológicos y demográficos. Jipijapa es una zona con construcciones que tienen en promedio 10 años, principalmente casas que se combinan para uso de vivienda y también para uso comercial, como oficinas o locales comerciales, donde existe predominancia de servicios de peluquería y otros comerciales. La Carolina se ha convertido en la zona con mayor número de amenidades externas, tales como parques, centros comerciales y dependencias financieras y cajeros automáticos. Es la zona con construcciones más nuevas de las analizadas, con un promedio de 5 años para principalmente departamentos habitacionales que se han extendido en edificios de 7 y 8 pisos, las construcciones más altas

analizadas. Se identifica con el mayor número de amenidades internas tales como dormitorios y garajes. La Pradera es una zona que combina la disponibilidad de locales comerciales con unidades habitacionales. Luego de La Carolina, es la zona con mayor precio promedio de alquiler de propiedades de vivienda, que se encuentran cerca a clínicas, tiendas de ropa y parques. Es la segunda zona con mayor densidad poblacional después de La Carolina. Es el sector con el mayor número de redes wi-fi.

Del estudio destaca que en la zona de La Magdalena y de Solanda se ubican las propiedades más antiguas del estudio (construcciones de más de 10 años), el 85% y el 70% (21 de 30) respectivamente, mientras que en las propiedades más nuevas (entre 1 y 5 años de construcción) se ubican en los sectores de La Carolina y de La Pradera con 23% y 19% respectivamente, del total de las 132 fichas levantadas. La zona de la Magdalena, se caracteriza por tener propiedades con construcciones con acabados poco modernos, con un centro comercial pequeño cercano. En el sector de Solanda se encuentra un alto número de propiedades de vivienda en venta y en alquiler; sin embargo, se ha evidenciado una escasez de locales comerciales en venta, solamente se encuentran en alquiler y en funcionamiento. Los inmuebles ubicados en edificios con menor altura se encuentran en el sector de Solanda, en promedio las propiedades analizadas se encuentran en edificaciones que tienen como máximo 3 pisos. En la zona de Solanda destaca que existe cercanía a espacios deportivos como un estadio de fútbol y a un supermercado, pero limitadas amenidades internas. Se evidencia construcciones poco modernas, con la particularidad de que la percepción de los habitantes de la zona es que no hay apoyo público para el desarrollo comercial del sector.

Precio de los inmuebles en venta y alquiler

Las 132 propiedades analizadas in situ se encuentran distribuidas en 3 rangos principales por sus dimensiones de construcción: 1) 30 - 200 m²; 2) 200 - 400 m²; 3) 400m² en adelante. Sin embargo, para el análisis cuantitativo de precios se ha considerado un rango de inmuebles hasta 100m² y en dimensiones mayores.

Del estudio in situ y virtual se corrobora que los sectores ubicados en el centro-norte y norte de Quito abarcan las propiedades con mayor precio promedio para la venta que se destinan a vivienda. Dichos inmuebles se ubican en el sector aledaño a la Estación de la Primera Línea del Metro de Quito de la Pradera, con un precio promedio de USD \$222.400 aproximadamente (USD \$1240 por metro cuadrado construido). Este valor corresponde a propiedades de entre 120 y 180 m². Mientras que el precio más bajo corresponde a propiedades del mismo rango de dimensiones para el sector de Solanda con un valor de USD \$95.000 dólares (USD \$527 por metro cuadrado construido).

Se concluye que el precio promedio de los inmuebles de vivienda que se encuentran en alquiler cerca a la Estación de la PLMQ de la Carolina es el más alto; ascendiendo a USD \$597 dólares para propiedades entre 100 y 150 m², seguido de la Pradera con un valor promedio de USD \$445, dejando a los inmuebles ubicados en Solanda en el último lugar, con un precio promedio de alquiler para propiedades de entre 100 y 200m² de USD \$181 dólares.

Según el levantamiento in situ y la búsqueda web, el precio de alquiler de un inmueble de vivienda de entre 90m² y 120m² que se ubica en el sector sur, específicamente en Solanda demuestra el valor más bajo de los analizados, oscila entre USD \$150 y USD \$200 dólares mensualmente; mientras que para el mismo rango para el sector de La Magdalena se encuentra entre USD \$160 y USD \$300 dólares. Para el sector norte, en La Pradera y Jipijapa el alquiler oscila entre USD \$280 y USD \$400; sin embargo, para el sector de La Carolina está entre USD \$280 y USD \$600 dólares.

El precio de locales comerciales más bajo se encontró en Solanda, en promedio USD \$200 para locales con menos de 100m² y de USD \$342 para locales de más de 100m². Le sigue la zona de la Magdalena con USD \$218 y USD \$398 respectivamente.

Para los precios de venta de inmuebles, la desviación estándar demostró que los valores en La Carolina y La Pradera son más distantes de la media, mientras que en Jipijapa, Magdalena y Solanda mucho más cercanos. En el caso de precios de propiedades observadas por plataformas web se encontró una desviación estándar para todas las estaciones más pareja. Para los precios de alquiler de vivienda, la desviación estándar demostró que los datos más dispersos, es decir que han variado entre altos y bajos, se encuentra en el sector de La Carolina y La Pradera. En los sectores de La Magdalena y Solanda se encuentra los datos más apegados a la media.

Factores que afectan al precio de los inmuebles en venta y alquiler

Se ha dado cumplimiento al objetivo específico 3, respecto a determinar la correlación entre factores y el precio de venta y alquiler de las propiedades cercanas a las 5 estaciones de la PLMQ. Se concluye que un factor determinante en los precios es la ubicación y cercanía a dependencias comerciales, oficinas públicas y parques, puesto que le otorgan mejores beneficios y un incremento en el preciosvalía. Esta conclusión se la sustenta, en primera instancia, de forma teórica, considerando la teoría de precios hedónicos (descrita en el inicio del trabajo), y también de forma pragmática, puesto que los bienes inmuebles en la zona de La Carolina y La Pradera, que se ubican cercanos a parques como La Carolina, o centros comerciales y de negocios como el "Mall El Jardín" son los que aparecen con los precios más altos del estudio.

Destaca que las amenidades internas más apreciadas son los garajes mientras que entre las amenidades externas están las zonas wi-fi y parques respectivamente.

Se observa que los 2 sectores con propiedades tanto de venta como de alquiler con mayor precio promedio tienen salida directa a parques y zonas verdes; ese es el caso del sector de La Carolina, con cercanía al parque del mismo nombre y a La Pradera Sports. También el caso de propiedades cercanas a la estación del Metro de la Pradera, que tienen salida a un parque ubicado en la calle Inglaterra. En el sector de la Magdalena, existe un parque localizado en la avenida 5 de junio. En el sector de Solanda no existen parques más que un estadio de fútbol barrial con el que colindan 2 propiedades y en el sector de Jipijapa no hay parques ni áreas verdes cercanas a las propiedades

Se concluye que los atributos internos de las propiedades, tales como número de dormitorios, baños, metros cuadrados construidos, así como los atributos de la zona, infraestructura pública y tecnológica se constituyen en factores influyentes en la determinación del precio de un inmueble tanto de venta como de alquiler, aunque no al mismo nivel de relevancia que el factor de ubicación. La zona de Solanda reúne propiedades amplias con más de 3 baños, 3 dormitorios, mientras que la Carolina reúne las propiedades con 3 dormitorios, pero para propiedades que superan los 400m². El sector de La Pradera recoge un promedio de departamentos de 200m² y 400 m² en adelante con solo 1 dormitorio, pero con precios elevados para propiedades comerciales en venta.

Los precios de locales en venta con mayor precio se encuentran en el sector de la Pradera, con un precio promedio de USD \$257.000. La propiedad comercial de mayor valor de las analizadas se encuentra en esta zona con una dimensión de más de 650 m², con un precio de USD \$650.000 dólares. La concentración de locales comerciales analizados

se da para el sector de La Carolina y La Pradera, solo se ha encontrado 1 en el sector de La Magdalena y ninguno en el sector de Solanda.

Se ha evidenciado una relación directa entre el precio y el acceso a cajeros automáticos, paradas de buses y acceso a redes de internet wifi, ya que la mayor cantidad de estos beneficios tecnológicos se encuentran cerca de las paradas de Metro de Jipijapa y La Carolina. En el sur, cerca de la parada de La Magdalena se localizó un centro comercial, pero sin dependencias financieras y en el caso de Solanda con servicios financieros ofertados desde las tiendas o comercios, conocidos como "bancos del barrio".

Agradecimientos: Agradecimiento al apoyo logístico del estudio brindado por la Universidad de Otavalo y a Metro de Quito por el acceso a la Institución.

Contribución de los autores: Conceptualización, Nuñez, Naranjo; metodología, Morocho, Terán; validación, Ortega, Pintado; análisis formal, Morocho, Terán; investigación, Nuñez, Naranjo; redacción y preparación del borrador original, Nuñez, Naranjo; redacción, revisión y edición Morocho, Terán; visualización, Ortega, Pintado; todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del documento.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses. Los patrocinadores no han tenido ningún papel en el diseño del estudio, recopilación, análisis o interpretación de datos, redacción del documento o decisión de publicar los resultados.

REFERENCIAS

- Agostini, C., & Palmucci, F. (2008). Capitalización heterogénea de un bien semipúblico: El Metro de Santiago. *Cuadernos de Economía*, 45(2), 105-128. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-68212008000100004
- Aguirre, J. C., Sandoval, J., & Allende, M. (2019). ¿Impacta la futura línea de metro en los precios de departamentos? *Revista Urbano*, 38, 84-95. https://www.researchgate.net/publication/329367896_Impacta_la_futura_linea_de_metro_en_los_precios_de_departamentos_Un_estudio_para_Nunoa_y_Santiago_Chile_Revista_urbano_0718-3607
- Angulo, S. (2021). El Expreso Quito no le da más valor a los inmuebles. <https://www.expreso.ec/quito/metro-le-da-inmuebles-111737.html>
- EPMMQ, 2015. Informe de Titularización; Proyecto Primera Línea de Metro de Quito (PLMQ). https://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Circulares/2017/012%20%20%20%20Informaci%C3%B3n%20Metro%20de%20Quito%20RC-002/LICITACION/97%20Anexo%207E%20INFORME%20TITULARIZACION.pdf
- El Comercio. (2011). Los estudios del Metro de Quito se presentaron; irá desde Quitumbe hasta El Labrador. <https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/estudios-del-metro-de-quito.html>
- Flores Cano y Cardona, 2021, p. 23 https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/30039/LinaMaria_FlorezCano_JuanSebastian_CardonaAguilar_2021.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Hermida, C., Freire, A., Moreo, D., & Tonon, L. (2020). Percepción sobre la fluctuación de valores inmobiliarios debido a un nuevo sistema de transporte. *Revista AUS*, 28, 65-81. <http://revistas.uach.cl/index.php/aus/article/view/6564/7761>
- Ley para evitar especulación sobre valor de las tierras, Plusvalía. 29 de diciembre de 2016. Asamblea Nacional. Ley 3 Registro Oficial

Suplemento 913 de 30-dic.-2016 Estado: Vigente

Metro de Quito. 2022. Información General. Obtenido de <https://metrodequito.gob.ec/>

Metro de Quito. 2022. El Metro de Quito prioriza la seguridad. Obtenido de <https://metrodequito.gob.ec/2022/12/22/metro-de-quito-prioriza-seguridad/>

Mundo Constructor. (2021). El Metro de Quito no brinda mayor valor a los inmuebles. <https://mundoconstructor.com.ec/noticias/arquitectura-y-diseno/el-metro-de-quito-no-brinda-mayor-valor-a-los-inmuebles>

Quintero González, J. (2015). Políticas públicas y gestión de obras públicas en Ecuador. Quito, Ecuador: Universidad Andina Simón Bolívar. <https://www.redalyc.org/pdf/3330/333053372010.pdf>

Radiografía de la informalidad urbana en el centro histórico de la ciudad de Ibarra

Patricio Díaz Quintana^{1*}, Morella Briceño Ávila¹

¹Pontificia Universidad Católica del Ecuador Ibarra

*Autor para correspondencia: arq.patriciodiaz.lml@gmail.com

Recibido: 2024/10/31

Aprobado: 2024/11/30

DOI: <https://doi.org/10.26621/ra.v1i31.975>

RESUMEN

La ciudad de Ibarra, fundada en el siglo XVII como un punto de tránsito entre Quito (Ecuador) y Pasto (Colombia), se ha caracterizado históricamente por su ubicación estratégica. Originalmente una encrucijada, ha sido escenario de importantes flujos migratorios y de actividades socioeconómicas que han evolucionado en su territorio. A lo largo del tiempo, la ciudad ha desarrollado dinámicas sociales complejas, marcadas por la interacción de actores locales y externos.

Este estudio examina los procesos de movilidad irregular en el centro histórico de Ibarra tras la pandemia, con el objeto de analizar la percepción de los residentes de la ciudad y los patrones de ocupación del espacio público. Los escenarios establecidos dentro de la investigación corresponden a dos variables principales de análisis: el primero engloba la movilidad irregularizada, el segundo se relaciona con la percepción de la informalidad urbana. El modelo de investigación tiene un enfoque teórico basado en los métodos mixtos (cuantitativo–espacial) y se sustenta con datos oficiales, la georreferenciación del espacio público y una encuesta de percepción ciudadana, realizada con el fin de comprender cómo los distintos actores sociales experimentan el espacio ante los fenómenos de informalidad urbana. Los resultados muestran que los flujos migratorios han aumentado los niveles de degradación del espacio público, la inseguridad urbana y la estigmatización social. Si bien los problemas de inseguridad urbana, estigmatización y la creación de fronteras naturales aún no son visibles para la ciudadanía, la percepción de estos fenómenos ha comenzado a generar impactos significativos tanto en la población como en la segregación y la estratificación de la estructura social. Este modelo teórico–espacial deja un campo abierto para que futuros investigadores identifiquen nuevos fenómenos urbanos en los que el espacio público sea un elemento positivo del desarrollo social.

Palabras clave: informalidad urbana, movilidad irregular, ocupación espacio


ABSTRACT

The city of Ibarra, founded in the 17th century as a transit point between Quito (Ecuador) and Pasto (Colombia), has historically been distinguished by its strategic location. Originally a crossroads, it has been the setting for significant migratory flows and socioeconomic activities that have evolved within its territory. Over time, the city has developed complex social dynamics marked by interactions between local and external actors.

This study examines irregular mobility processes in Ibarra's historic center following the pandemic, to analyze residents' perceptions and patterns of public space occupation. The research scenarios are based on two main analytical variables: the first encompasses irregularized mobility, while the second concerns the perception of urban informality. The research model is theoretically grounded in a mixed-methods approach (quantitative-spatial) and is supported by official data, public space georeferencing, and a citizen perception survey to understand how different social actors experience space in the face of urban informality phenomena. The results show that migratory flows have increased levels of public space degradation, urban insecurity, and social stigmatization. While issues of urban insecurity, stigmatization, and the creation of natural boundaries are not yet evident to the public, the perception of these phenomena has begun to generate significant impacts on the population, as well as on the segregation and stratification of social structure. This theoretical-spatial model leaves an open field for future researchers to identify new urban phenomena where public space serves as a positive element for social development.

Keywords: urban informality, irregular mobility, public space occupation

Patricio Díaz Quintana  orcid.org/0009-0005-2057-9974

Morella Briceño Ávila  orcid.org/0000-0002-7019-9022



INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, las ciudades latinoamericanas han enfrentado una serie de transformaciones marcadas por procesos vinculados con la globalización. Estas fuerzas han impactado profundamente en la estructura social, económica y físico-espacial, generando fenómenos como la "nueva pobreza urbana" (Julius, 1996). Este concepto se refiere a la precarización creciente de ciertos sectores de la población que, como consecuencia de las desigualdades estructurales, se ven forzados a migrar tanto a nivel nacional como internacional en busca de mejores oportunidades. La ciudad de Ibarra, en Ecuador, con su posición geográfica estratégica entre Quito y la frontera con Colombia, no se ha visto exenta de estos fenómenos, convirtiéndose en un punto de tránsito y asentamiento para migrantes irregulares.

La motivación para realizar esta investigación surge del interés por comprender cómo la movilidad irregular afecta a la dinámica urbana de Ibarra. Este fenómeno ha cobrado mayor relevancia tras la pandemia del COVID-19, cuando se intensificaron los flujos migratorios y las tensiones sociales en el espacio público. El aumento en la ocupación irregular de espacios y la percepción negativa de los ciudadanos residentes hacia los migrantes son cuestiones que requieren un análisis profundo, no solo para entender las causas, sino también para proponer soluciones que promuevan la cohesión social y la equidad en el uso del espacio urbano.

El estudio de la movilidad irregular y la informalidad urbana es un tema de gran relevancia para las ciencias sociales y para las políticas públicas. En el contexto científico, esta investigación contribuye al creciente cuerpo de conocimiento sobre las dinámicas de exclusión y marginalidad en las ciudades latinoamericanas. Las teorías de la globalización (Sassen, 2009) y de la urbanización desigual (Katzman, 2001) ofrecen un marco para entender cómo la movilidad humana, tanto interna como transnacional, ha sido la catalizadora de nuevas formas de fragmentación urbana. Desde una perspectiva social, el estudio se enfoca en los efectos de la ocupación irregular del espacio público en la percepción de los residentes permanentes, examinando cómo estos cambios impactan en la seguridad urbana, la cohesión social y el desarrollo económico. Este trabajo tiene un interés directo para la comunidad local de Ibarra, dado que la movilidad irregular ha transformado el paisaje urbano y social de la ciudad. A través de la recolección de datos empíricos y la realización de encuestas, se busca identificar patrones de interacción entre migrantes irregulares y residentes locales, para ofrecer herramientas que permitan a las autoridades y a la sociedad civil gestionar de manera más eficaz los desafíos que surgen de estos procesos.

Los estudios sobre la movilidad irregular y la informalidad urbana no son nuevos, pero han ganado especial relevancia en los últimos años debido al aumento de los flujos migratorios en América Latina. Autores como Sassen (2009) han analizado cómo la globalización ha exacerbado las desigualdades espaciales en las ciudades, creando un proceso de polarización que afecta tanto a los migrantes como a los residentes locales. La movilidad irregularizada hace referencia a la densidad transitoria de individuos que ingresan o viven de manera inusual en un área geográfica determinada; muchas veces estos individuos migran por razones o necesidades diferentes y buscan integrarse en la realidad local del país de destino (Castles, 2010). En el contexto ecuatoriano, Batallas (2019) señala que las dinámicas

de atracción y permanencia de migrantes en ciudades como Quito y Guayaquil han contribuido a la creación de "zonas de exclusión", donde la informalidad y la precariedad son las pautas dominantes. Respecto a la ciudad de Ibarra, los estudios son escasos. Sin embargo, Vaccotti (2017) ha identificado que la distribución espacial de individuos en situación de movilidad irregular tiende a concentrarse en áreas de mayor marginalidad, lo que contribuye a la percepción de inseguridad y a la estigmatización de estos grupos. Estos estudios coinciden en que los migrantes irregulares son frecuentemente percibidos como "invasores" del espacio urbano, hecho que agudiza las tensiones sociales y agrava los problemas de informalidad.

El estudio de la relación entre la migración irregular y el espacio urbano es abordado por distintos autores, cuyas propuestas se centran en variables como la movilidad irregular (Concha, 2020) y las percepciones acerca de la informalidad urbana (Vaccotti, 2017). La primera abarca las dimensiones relacionadas con los patrones y la localización (Mera, 2012), junto con subdimensiones como los espacios de concentración (Bourdieu, 1999; Katzman, 2001) y la proliferación de patrones (Concha, 2020); la dimensión de atracción y permanencia (Batallas, 2019) comprende la trascendencia del lugar (Katzman, 2001) y los espacios significativos (Gómez, 2019). La segunda variable, definida como las percepciones acerca de la informalidad urbana, está conformada por las dimensiones de distribución diferencial (Mera, 2017) y degradación social (Lavell, 1996). La distribución diferencial incluye el desplazamiento interno (Vega et al., 2019) y la inseguridad urbana (Wacquant, 2014). La degradación social se configura a partir de la estigmatización social (Wacquant, 2014) y la frontera natural que se establece en relación con el espacio urbano (Bourdieu, 1999). Este conjunto da cuenta del fenómeno migratorio desde el punto de vista físico-espacial y de cómo es percibido por los habitantes de la ciudad.

Además, se ha observado que la distribución desigual de los migrantes en la ciudad genera una serie de problemas asociados con la informalidad, como la ocupación irregular de áreas públicas y la falta de acceso a servicios básicos. Estos factores no solo amplifican las percepciones negativas hacia los migrantes, sino que también contribuyen a la fragmentación de la ciudad, pues se crean espacios de exclusión que dificultan la integración social y económica de los nuevos actores sociales. Así, esta investigación ofrece una comprensión más profunda de los fenómenos de la movilidad irregularizada y la informalidad urbana en una ciudad intermedia como Ibarra. A través del análisis de la ocupación del espacio público y la percepción ciudadana, se pretende comprobar que la movilidad irregularizada no solo afecta a la cohesión social y la seguridad urbana, sino que también tiene un impacto multiescalar en la planificación y el desarrollo de la ciudad. Las políticas públicas deben abordar estos problemas de manera integral, promoviendo la inclusión social y la equidad en el uso del espacio urbano.

El objetivo principal de esta investigación es analizar la relación entre la movilidad irregular y la percepción de la informalidad urbana en la ciudad de Ibarra; para ello, se estudia cómo la ocupación del espacio público afecta a las dinámicas sociales y económicas en el centro histórico. El aporte de esta investigación es plantear una visión metodológica de los fenómenos de informalidad en una ciudad en desarrollo como Ibarra, asociada a una construcción teórico-espacial de fenómenos urbanos. Para ello, se busca identificar los patrones de asentamiento de los migrantes y cómo estos interactúan con los residentes locales, considerando las percepciones de

seguridad, exclusión y degradación del entorno urbano. A través del uso de técnicas de georreferenciación y encuestas ciudadanas, la investigación pretende mapear las áreas de mayor concentración de migrantes y estudiar cómo estas zonas están asociadas con los fenómenos de informalidad. Las conclusiones preliminares indican que la movilidad irregular ha contribuido al deterioro del espacio público en Ibarra, ha incrementado la sensación de inseguridad y ha promovido la creación de "fronteras sociales" (Pradilla, 2014). Estas fronteras no solo son físicas, sino también simbólicas, ya que los residentes perciben a los migrantes como una amenaza a su calidad de vida y como agentes de cambio no deseados en la estructura urbana.

MÉTODOS

La investigación parte de un modelo inductivo descriptivo que considera la unión de la teoría y la observación con una perspectiva de los métodos mixtos; la ventaja de este método es la unión de datos cuantificables y su representación en un espacio geográfico. El diseño de investigación se establece como un modelo explicativo de los fenómenos sociales en un contexto urbano para analizar las relaciones espaciales de los patrones geográficos y determinar la influencia de sus variables creando mapas sociales (Díez et al., 2020). Con este estudio se busca la objetividad de los fenómenos urbanos presentes en el área de estudio, al utilizar muestras representativas del nuevo actor social y de cómo es su concentración en los espacios públicos.

Como se muestra en la Figura 1, para el modelo de análisis se tomó como universo de estudio el área que comprende el centro histórico de la ciudad de Ibarra (Ponsot et al., 2019), donde se concentran los fenómenos a analizar, pues es un punto de concentración de los diversos actores sociales.



Figura 1. Localización de los límites del centro histórico de la ciudad

Para el levantamiento de información se siguieron las pautas presentadas en la Tabla 1, que engloban las variables principales de movilidad irregular y las percepciones de informalidad urbana a ser consideradas: dimensiones, subdimensiones y los indicadores que son objeto de medición directa para el análisis de los fenómenos y los objetos de información.

Tabla 1. Construcción de indicadores de las variables de estudio

Variables	Dimensiones	Subdimensiones	Indicadores	Medición
Movilidad Irregular (Concha, 2020)	Patrones y localización (Mera, 2012)	Espacios de concentración (Bourdieu, 1999; Katzman, 2001)	Categorización de espacios	Nro. áreas verdes
		Proliferación de patrones (Concha, 2020)	Factor de ocupación irregular en espacios de concentración	Nro. población irregular
		Trascendencia del lugar (Katzman, 2001)	Relación del uso de suelo con el espacio público	Nro. actividades
Percepciones de informalidad urbana (Vaccotti, 2017)	Degradación social (Laveil, 1996)	Espacios significativos (Gómez, 2019)	Ocupación temporal del espacio receptor	Niveles de concentración
		Desplazamiento interno (Vega et al., 2019)	Reestructuración espacial, abandono del espacio	% degradación
		Inseguridad urbana (Wacquant, 2014)	Niveles de incidencia en el espacio público	% inseguridad
		Estigmatización social (Wacquant, 2014)	Calificativos hacia el nuevo actor	% segmentación
		Frontera natural (Bourdieu, 1999)	Dimensionamiento de las barreras sociales	Niveles de concentración

Nota. La tabla sintetiza los conceptos indicados en la introducción.

En esta investigación se utilizaron dos técnicas de recolección de datos. La primera derivó de fuentes secundarias de información, como el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la ciudad de Ibarra (GADI, 2020). De aquí se extrajeron las actividades principales y los límites sectoriales del centro histórico; la distribución de estos datos se inscribió en los modelos geográficos de los sistemas espaciales. La segunda técnica de recolección de información fue una encuesta de percepción ciudadana, para la que se tomó en cuenta la población actual de la cabecera cantonal, de 170 549 habitantes en el año 2022 (GADI, 2020), y se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia con un total de 82 encuestados para el análisis preliminar del fenómeno urbano.

Para el levantamiento de información se realizó una sistematización de la recolección de datos. En primer lugar, se llevó a cabo una observación preliminar en las instalaciones recreativas del centro histórico para identificar la densidad de la movilidad irregular en los espacios públicos. A partir de esta observación inicial, se seleccionaron las áreas verdes del centro histórico como puntos de referencia, estableciendo un radio de influencia de hasta 100 metros para la recolección de datos. Este radio permitió evaluar la percepción de la población local en comparación con la de la población objetivo, facilitando así un análisis de la perspectiva en torno a la ocupación y el uso del espacio público. Asimismo, la encuesta se empleó para recolectar la opinión de los residentes del centro histórico; como se muestra en la Tabla 2, el cuestionario estuvo compuesto por preguntas cerradas sobre la informalidad urbana y la incidencia de la movilidad irregular, con un nivel de criterio basado en la escala de Likert.

Tabla 2. Cuestionario para la población local sobre la movilidad irregular**Encuesta percepción ciudadana**

- ¿Usted cree que los espacios públicos de la ciudad son lugar de concentración para las personas en calidad de movilidad irregular?
- ¿Cómo calificaría el estado del espacio público del centro histórico de la ciudad?
- ¿Ha notado algún tipo de abandono o degradación en los espacios públicos del centro histórico de la ciudad?
- ¿Usted cree que la presencia de personas necesitadas en los espacios públicos presenta un impacto en la seguridad de la ciudad?
- ¿Cree que el acceso al espacio público debe ser igual para todas las personas en la ciudad?

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con respecto a los resultados encontrados en el área de estudio, los espacios de concentración públicos son influenciados por el uso directo de las actividades cotidianas de la ciudad. En los lugares de concentración se encontraron once espacios públicos correspondientes a equipamientos recreativos definidos en el PDOT de Ibarra (GADI, 2020). En la Figura 2, estos equipamientos están localizados en el sector de estudio con la simbología de concentración de individuos; se encontraron cuatro espacios públicos de concentración alta, tres espacios públicos de concentración media y cuatro espacios públicos de concentración baja. En el marco de la encuesta realizada, se determinó que las personas en calidad de movilidad irregularizada se concentran en un 63.4 % en los espacios públicos, lo que ocasiona que la proliferación de patrones se distribuya de acuerdo con el tipo de concentración de individuos en los equipamientos recreativos de la ciudad.

Para la subdimensión de trascendencia del lugar se estableció una relación entre la trascendencia de los espacios ocupados por los ciudadanos permanentes y su concentración espacial. En la Figura 2 se observa que en tres espacios de concentración alta la trascendencia del espacio es netamente comercial (código rojo), correspondiente a 36.91 ha; en los tres espacios de concentración media la trascendencia del espacio está ligada a un equipamiento de ciudad (código azul), correspondiente a 16.75 ha, y en los cuatro espacios de concentración baja la trascendencia del espacio es netamente residencial (código amarillo), correspondiente a 100.34 ha. La subdimensión de espacios significativos muestra que en tres espacios existe alta concentración, en un espacio la concentración es media y en un espacio la concentración es baja. Aquí, los individuos visitantes consideran el espacio altamente significativo en un 36.6 %. En dos espacios de concentración media los individuos consideraron el espacio un 51.2 %; este porcentaje relaciona la ocupación temporal del espacio con los niveles de concentración de individuos.

La variable “movilidad irregular” determina que los “patrones y la localización” (Concha, 2020) del nuevo actor social no son aleatorios, ya que el 63.4 % de los encuestados perciben que el lugar preferido para ubicarse en la ciudad son los espacios públicos; además, el nuevo actor social busca asentarse en espacios donde proliferan los colectivos

sociales, demarcados por lugares representativos para la ciudad. Esto a su vez causa una gran fricción con la población local porque los nuevos actores sociales tienen la capacidad de romper las fronteras abstractas (Bourdieu, 1999) creadas por los ciudadanos y así tener la cabida necesaria para introducirse en la cotidianidad diaria de la ciudad.

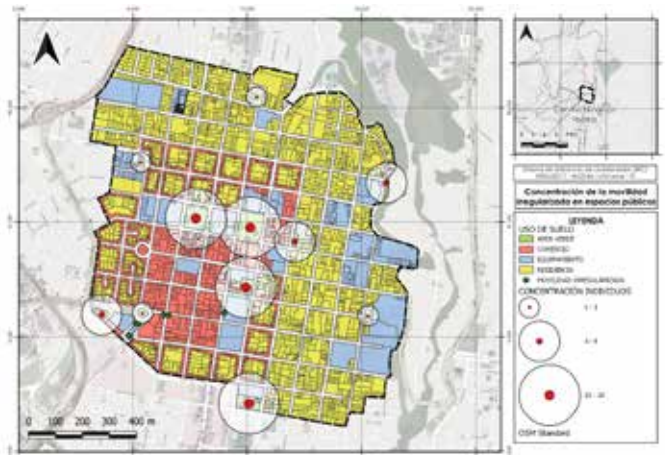


Figura 2. Representación de la concentración de individuos y su relación con la trascendencia del lugar

Sobre la dimensión de atracción y permanencia (Batallas, 2019), la variable movilidad irregular sugiere que este fenómeno está directamente relacionado con la significancia que atribuye el nuevo actor social a un lugar en especial (Katzman, 2001; Gómez, 2019). Dicho de otra manera, la concentración de personas en calidad de movilidad irregular en los espacios públicos depende directamente de las actividades realizadas en estos, ya que la vocación del suelo interactúa con la afluencia de individuos. El espacio para actividades netamente comerciales corresponde a 36.91 hectáreas del uso de suelo del centro histórico; en este sentido, el 51.2 % de los encuestados perciben que el nuevo actor social se concentra en espacios públicos ligados a la actividad comercial. La causa para que el nuevo actor social experimente atracción hacia un espacio físico se debe a la necesidad de adaptarse a la cotidianidad de la ciudad y obtener algún recurso económico para subsistir (Gómez, 2019).

En la Tabla 3, los indicadores muestran que el grado de informalidad urbana presente en el centro histórico y la distribución diferencial de los espacios públicos en la ciudad son provocados por un desplazamiento interno de actividades, lo que sugiere que el espacio público está siendo abandonado y desplazado por la movilidad irregular. Fruto de ello, el desplazamiento interno del espacio público está generando una reestructuración, que corresponde a un 63.4 %. El 82.9 % de los ciudadanos encuestados creen que las personas en calidad de movilidad irregular están causando que la ciudadanía abandone los espacios públicos en ciertos periodos de tiempo. Así, se percibe que los niveles de inseguridad en los espacios públicos son altamente motivados por la presencia del nuevo actor social, lo que ocasiona que el 56.1 % de los encuestados señalen un alto impacto en la apreciación de inseguridad en los espacios públicos. En este sentido, las percepciones de informalidad urbana van ligadas a los procesos de estructuración del espacio urbano y su incidencia en la calidad de vida de los ciudadanos y el grado de concentración de individuos externos (Capdevielle, 2009).

Tabla 3. Descriptivos de los indicadores del estudio

Indicadores	Mínimo	Máximo	Moda	Frecuencia	Porcentaje
Proliferación de patrones	0	1	1	52	63.4
Espacios significativos	1	4	3	42	51.2
Reestructuración del espacio	1	3	2	52	63.4
Degradación del espacio	0	1	1	68	82.9
Inseguridad urbana	1	4	4	46	56.1
Estigmatización social	1	4	2	40	48.8
Frontera natural	0	1	1	74	90.2

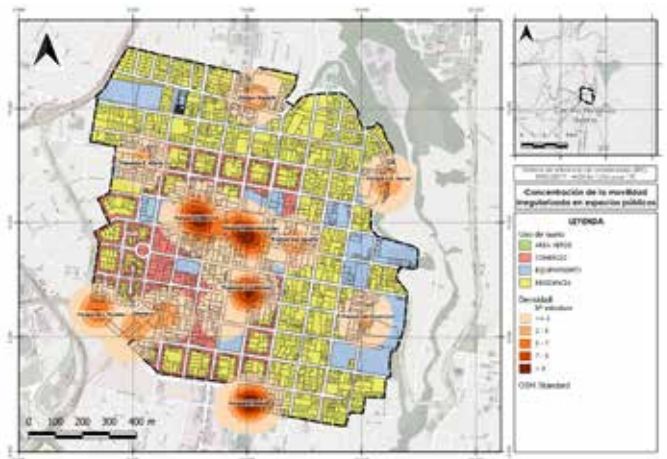


Figura 3. Niveles de concentración del nuevo actor según las percepciones de informalidad urbana de los actores locales

Finalmente, la percepción de la informalidad urbana relacionada con la población en situación de movilidad irregular es mala en un 48.8 % de los encuestados. La ciudadanía encuestada percibe que la presencia de las personas en calidad de movilidad irregular representa un problema en el desarrollo de actividades cotidianas por parte de la población, hecho que conduce a una estigmatización del nuevo actor social. Si bien varios de los datos obtenidos en esta investigación sugieren que la informalidad ha causado una reestructuración y degradación del espacio urbano, la percepción que tienen las personas locales hacia el nuevo actor con respecto al acceso al espacio público es contradictorio. El 90.2 % de los encuestados afirman que el espacio público es de acceso libre para el desarrollo de actividades sociales; no obstante, el “estatus social” es un gran factor para dignificar el espacio público. Los aspectos más abstractos de la relación entre los ciudadanos locales y las personas en calidad de movilidad irregular crean fronteras a través de la ocupación de un espacio físico y producen una desigualdad entre perspectivas sociales (Wacquant, 2014).

Con estos resultados, se puede concluir que la movilidad irregular, para los encuestados, causa un efecto significativo en el desarrollo de las actividades cotidianas de las personas; en la heterogeneidad de las relaciones sociales se crean nuevos espacios físicos de relación social, en los que la “frontera natural” (Bourdieu 1999) es precursora y no limitadora del desarrollo social. En la Figura 3, la distribución diferencial del espacio urbano muestra las percepciones acerca de informalidad dadas por la densidad de la población objetivo. Esta diferenciación espacial, además de limitar ciertas oportunidades para que la nueva población se incorpore a la ciudad, genera “desplazamientos internos” (Vega et al., 2019) que condicionan que la población reconfigure sus vínculos territoriales, debido a la fragilidad percibida respecto a los espacios significativos.

Para futuras investigaciones, se podría aumentar el número de encuestados para evaluar su significancia, así como profundizar en el análisis de la intervención urbana inclusiva para reducir los efectos de la redistribución desigual a través de un proyecto piloto. Asimismo, una posible dirección sería investigar cómo las estrategias de fortalecimiento de redes comunitarias y la integración con el espacio público pueden fomentar que los diferentes tipos de población experimenten un sentido de pertenencia y se reduzca así la movilidad forzada hacia estos espacios de concentración.

CONCLUSIONES

La investigación planteada en el centro histórico de la ciudad de Ibarra contribuye a la apreciación de los fenómenos sociales presentes en las pequeñas ciudades. En estos escenarios, que no son altamente visibles, sus habitantes están experimentando recientemente problemas de informalidad urbana causados por pequeños grupos de población irregular. Dentro del aporte metodológico, se destaca la implementación de los conceptos espaciales y su relación con los sistemas de información geográfica (GIS), al comprobar cómo diferentes fenómenos urbanos pueden observarse mapeados para configurar patrones en el espacio. El grado de asociación de las variables implementadas en la investigación ratifica la incidencia de los patrones de proliferación en relación con las actividades significativas y denota el impacto incipiente de la movilidad irregular en las dinámicas espaciales del área de estudio.

La cotidianidad de las prácticas sociales, influida por la movilidad irregular, incide altamente en la interacción desigual del lenguaje urbano y ocasiona que las injusticias sociales sean más comunes en el desenvolvimiento de las relaciones sociales. El espacio repercute directamente en el accionar social, pero también el grupo económico al que pertenezca cada individuo es un factor crucial para la inserción en el desarrollo de la ciudad. La trascendencia del lugar está definida directamente por el uso del suelo y la relación con el espacio público; en otras palabras, la relación de las personas está condicionada por las actividades que se realizan en el espacio.

Es posible afirmar que, aunque los ciudadanos locales son los precursores de la creación de fronteras abstractas hacia un nuevo actor social, también tienden a considerar, involuntariamente, que el espacio público es un lugar para la relación de todos los grupos sociales, pero que depende directamente de la impresión externa de los individuos. Es decir, los fenómenos de la ciudad, como los desplazamientos internos, la reestructuración espacial, el abandono de espacios, etc., dependen únicamente de la relación entre individuos y de cómo estos son o no percibidos como un problema para el desarrollo del lugar. Si un individuo contribuye al desarrollo social de la ciudad, independientemente de su “condición socioeconómica”, será tomado en cuenta por los demás individuos como un nuevo ciudadano y no como una persona en calidad de movilidad irregular.

Por tanto, a partir del análisis de los datos y la literatura que acompaña al proceso de resolución de la problemática mencionada al principio de este trabajo, se puede concluir que, independientemente de los procesos

de la ciudad y su diferenciación espacial, los fenómenos de informalidad urbana están vinculados con el grado de incidencia de las personas en condición de movilidad irregular, la cotidianidad de la ciudad y la dinámica socio-espacial, aspectos que generan estigmas y fronteras naturales en la estructuración del espacio.

La estigmatización social nace de la percepción de los ciudadanos respecto a los niveles de incidencia en los espacios públicos, en correspondencia con la vocación del suelo urbano, particularmente en el centro histórico de la ciudad. La informalidad urbana es un fenómeno complejo que afecta tanto a los ciudadanos locales como a las personas en calidad de movilidad irregular. Cabe aclarar que este es un primer acercamiento a la incidencia directa de los fenómenos sociales; es importante continuar investigando e impulsando estos procesos en las ciudades para establecer estrategias justas y sostenibles para el desarrollo de la sociedad.

Agradecimientos: Los autores agradecen al Departamento de Desarrollo, Ambiente y Territorio de la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, Sede Ecuador. En especial al Dr. Gustavo Durán por la tutoría y la retroalimentación para la realización de esta investigación.

Contribución de los autores: Conceptualización, metodología, validación, investigación, visualización, redacción y preparación del borrador original: Patricio Díaz; análisis formal: Morella Briceño; redacción, revisión y edición: Patricio Díaz, Morella Briceño.

Fuente de financiamiento: Esta investigación no recibió financiamiento externo.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

REFERENCIAS

- Batallas, L. C. (2019). Flujos migratorios intrarregionales: Particularidades, aportes y desafíos en la gestión diplomática regional. *Lex: Revista de la Facultad de Derecho y Ciencia Política de la Universidad Alas Peruanas*, 11 (15), 319-336.
- Bourdieu, P. (1999). Efectos de lugar. En P. Bourdieu, *La miseria del mundo* (pp. 123-136). Akal.
- Capdevielle, J. (2009). *Miedo, (in)seguridad y violencia en el entramado social*. Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Periodismo y Comunicación Social.
- Castles, S. (2010). Migración irregular: Causas, tipos y dimensiones regionales. *Revista de Estudios Internacionales*, 7 (15), 23-47.
- Concha, N. L. (2020). Fronteras y movilidad humana en América Latina. *Nueva Sociedad*, *(289), 15-29.
- Díez, P., Vázquez, M., Britos, A. y Ruiz, S. (2020). Mapas sociales urbanos: Instrumento de apropiación del territorio y visibilización de problemas ambientales. *Informes Científicos y Técnicos - UNPA*, 12 (4), 134-145. <https://doi.org/10.22305/ict-unpa.v12.n4.758>
- GADI Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra. (2020). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Ibarra*. GAD Ibarra.
- Gómez, L. (2019). *La historia ambiental de los asentamientos informales en Quito 1980-2014*. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, Flacso Ecuador.
- Julius, W. W. (1996). *When work disappears: The world of the new urban poor*. Knopf.
- Katzman, R. (2001). Seducidos y abandonados: El aislamiento social de los pobres urbanos. *Revista CEPAL*, 75, 49-64.
- Lavell, A. (1996). Degradación ambiental, riesgo y desastre urbano: Problemas y conceptos. En M. A. Fernández (Ed.), *Ciudades en riesgo: Degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres* (pp. 89-113). La Red.
- Mattos, C. A. (2006). Modernización capitalista y transformación metropolitana en América Latina: Cinco tendencias constitutivas. En A. I. Geraiges de Lemos, M. Arroyo y M. L. Silveira (Eds.), *América Latina: Cidade, campo e turismo* (pp. 233-254). CLACSO.
- Mera, G. (2012). *Migración y espacio urbano: Distribución de los migrantes paraguayos en la Ciudad de Buenos Aires: Procesos de diferenciación y segregación espacial* [Tesis doctoral]. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Sociales.
- Mera, G. (2017). Entre el mapa y el croquis: Problematicando la segregación espacial de los migrantes paraguayos en la Ciudad de Buenos Aires. *Estudios Socioterritoriales, Revista de Geografía*, (21), 47-63.
- Organización Internacional para las Migraciones (OIM). (2006). *Glosario sobre migraciones*. OIM.
- Ponsot E., Briceño M., Izquierdo H., Rondón A., Sánchez A., Tamayo J., Ulloa, C. (2019). *Imagen urbana del centro histórico de Ibarra. Reporte estadístico. (P. Coeditado PUCE (1.ª ed.)*. https://www.pucesi.edu.ec/webs2/wp-content/uploads/2020/10/informe-arquitect-final-actualizado-1_compressed.pdf
- Pradilla Cobos, E. (2014). La ciudad capitalista en el patrón neoliberal de acumulación en América Latina. *Cadernos Metrópole*, 16 (31), 113-138.
- Sassen, S. (2009). Cities today: A new frontier for major developments. *The Annals of the American Academy of Political and Social Science*, 626 (1), 53-71. <https://doi.org/10.1177/0002716209347146>
- Vaccotti, L. (2017). Migraciones e informalidad urbana: Dinámicas contemporáneas de la exclusión y la inclusión en Buenos Aires. *EURE (Santiago)*, 43 (129), 29-51. <https://doi.org/10.4067/S0250-71612017000200003>
- Vega, A., Hernández, E. y Barbera, N. (2019). Configuración territorial del hábitat en el asentamiento informal Alfonso López de la ciudad de Montería, Colombia. *Revista INVI*, 34 (97), 91-103. <https://doi.org/10.4067/S0718-83582019000300081>
- Wacquant, L. (2014). Estigmatización territorial en acción. *Revista INVI*, 29 (82), 219-240. <https://doi.org/10.4067/S0718-83582014000300008>

Arduino como alternativa en la enseñanza de la química instrumental: anализador espectroscópico ESPECTRUINO

David Chuquer Solá

Universidad Central del Ecuador

*Autor para correspondencia: dschuquer@uce.edu.ec

Recibido: 2024/03/27

Aprobado: 2024/11/30

DOI: <https://doi.org/10.26621/ra.v1i31.944>

RESUMEN

Los recursos limitados existentes en las universidades latinoamericanas dificultan la adquisición y el mantenimiento de equipamiento para el análisis químico en general. Ante ello, el uso de la plataforma de *software* libre Arduino en el área de la química emerge como una alternativa interesante y novedosa que permite suplir esta falencia. La investigación detalla el desarrollo del ESPECTRUINO, un sistema para el análisis de absorbancia, fluorescencia y dispersión de luz en muestras químicas, basado en Arduino. Para ello, se utiliza el paradigma del aprendizaje basado en retos (ABR) para que estudiantes de pregrado (sin conocimientos preliminares de programación) generen el sistema descrito. Se detalla el diseño electrónico, diseño físico, código de programación y el desempeño del sistema en aplicaciones químicas. La inversión realizada para la adquisición de los componentes del equipo fue de 38.55 USD. Los resultados fueron satisfactorios en todos los aspectos evaluados, realizando calibraciones con coeficientes de correlación de Pearson superiores a 0.94 y generando medidas estadísticamente similares a equipos comerciales.

Palabras clave: fotometría, fluorometría, turbidimetría, Arduino, aprendizaje basado en retos

ABSTRACT

The limited resources existing in Latin American universities make it difficult to acquire and maintain equipment for chemical analysis in general. Given this, the use of the Arduino free software platform in chemistry emerges as an interesting and novel alternative that makes it possible to make up for this shortcoming. The research details the development of ESPECTRUINO, a system for the analysis of absorbance, fluorescence, and light scattering in chemical samples based on Arduino. The challenge-based learning (CBL) paradigm is used so that undergraduate students (without preliminary programming knowledge) generate the described system. The electronic design, physical design, programming code, and system performance in chemical applications are detailed. The investment made for the acquisition of the equipment components was 38.55 USD. The results were satisfactory in all aspects evaluated, performing calibrations with Pearson correlation coefficients greater than 0.94 and generating measurements statistically similar to commercial equipment.

Keywords: photometry, fluorometry, turbidimetry, Arduino, challenge based learning

David Chuquer Solá  orcid.org/0000-0003-3223-7590



INTRODUCCIÓN

La crisis postpandemia de COVID-19 ha provocado un recorte importante de recursos en la investigación y la educación en la mayoría de los países latinoamericanos. Esto ha restringido la accesibilidad a equipamiento especializado en muchas universidades y centros de investigación con recursos limitados. La adquisición de estos equipos especializados de análisis químico implica altos costos y el uso de consumibles delicados y sofisticados, como fuentes de emisión, monocromadores, rejillas de difracción y detectores, los cuales necesitan ser importados, muchas veces están descontinuados y la mayoría de ellos están protegidos por derechos de autor, por lo que la producción nacional de este tipo de sistemas está limitada.

Ante esta realidad, el uso de la plataforma de software libre Arduino® en el área de la química emerge como una alternativa interesante y novedosa en la creación de diferentes sistemas de análisis químico para la enseñanza. Los componentes para su desarrollo son totalmente asequibles en el mercado nacional, como LEDs, fotorresistencias, protoboards y potenciómetros, todos ellos coordinados mediante el microprocesador ARDUINO®. Al ser una plataforma de hardware libre, tanto su diseño como su distribución pueden utilizarse libremente para el desarrollo de cualquier tipo de proyecto sin haber adquirido ninguna licencia, además el entorno de desarrollo de Arduino® es sencillo e intuitivo y puede descargarse gratuitamente desde su página oficial para distintos sistemas operativos (Lledó, 2012). Adicionalmente, el desarrollo de habilidades de creación y desarrollo de sistemas electrónicos permite sacar de la mente de los estudiantes que los equipos de análisis químico son una “caja negra” que solo proporciona datos y les permite explorar de forma sencilla los componentes asociados a un equipo de química instrumental (Sandoval et al., 2013). En química, el uso de Arduino® no es nuevo, ya que, al tener un software y hardware libre, se puede programar para que genere diferentes medidas dependiendo de nuestra necesidad. Esta herramienta se utiliza en la elaboración de termómetros y potenciómetros (Kubínová y Šlégř, 2015), en la obtención de datos electrónicos (Grinias et al., 2016) y también se ha llegado a emplear en tareas más complejas, como la elaboración de fotómetros para la medición de contaminantes (Abdul et al., 2022).

Los objetivos planteados para esta investigación son: a) diseñar un sistema (ESPECTRUINO) que permita, mediante ajustes básicos, ser utilizado como un fotómetro, fluorímetro y turbidímetro y b) realizar aplicaciones químicas relacionadas con el equipo diseñado.

MÉTODOS

Los objetivos planteados para esta investigación son: a) diseñar un sistema (ESPECTRUINO) que permita, mediante ajustes básicos, ser utilizado como un fotómetro, fluorímetro y turbidímetro y b) realizar aplicaciones químicas relacionadas con el equipo diseñado.

Durante el semestre 2023-1, se planteó a los estudiantes de la materia de Métodos Espectroscópicos 1 de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Central del Ecuador el enfoque de aprendizaje basado en retos, con la meta de diseñar diversos sistemas de análisis químico estudiados en el sílabo de la materia. Los resultados presentados en este trabajo son un resumen de ese

ejercicio. Los estudiantes no tenían formación preliminar relacionada con la programación en el lenguaje Arduino®. El desarrollo de la actividad duró ocho semanas. Cada semana se realizaron sesiones sincrónicas de seis horas en las que se expusieron los aspectos teóricos y experimentales de los métodos instrumentales abarcados (4 horas), y se discutió y retroalimentó sobre los avances de cada grupo (2 horas). Las actividades desarrolladas durante las ocho semanas fueron:

- Semanas 1 y 2: Investigación de los conceptos básicos de programación, funcionamiento de plataforma Arduino y de elementos electrónicos. Búsqueda de antecedentes de la investigación.
- Semanas 3 y 4: Implementación del prototipo y pruebas preliminares de los experimentos. Optimización del funcionamiento del prototipo inicial.
- Semanas 5 y 6: Desarrollo de experimentos y obtención de datos experimentales.
- Semanas 7 y 8: Análisis de datos y desarrollo de informe de actividades de laboratorio. Evaluación final y realización de encuesta.

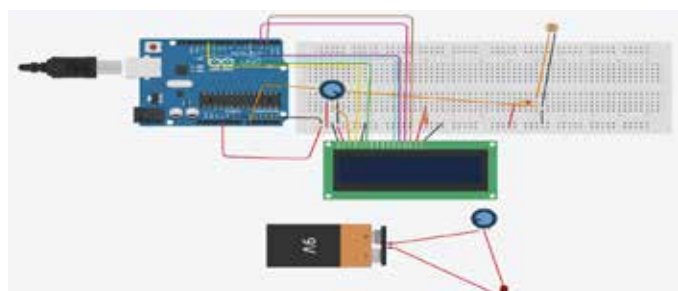


Figura 1. Diseño electrónico del ESPECTRUINO

Tabla 1. Lista de costos del material para el desarrollo del ESPECTRUINO

Materiales	Modelo	Precio
Arduino Uno	Versión 3	USD 11
Protoboard	EIC102	USD 2
Pantalla LCD	16X2	USD 5.79
Potenciómetro	10K	USD 1
Potenciómetro	5K	USD 1
Resistencia	220Ω	USD 0.03
Resistencia	10kΩ	USD 0.09
Fotorresistencia	3mm LDR	USD 1
Cables Dupont	Macho/Hembra	USD 1
Cables Dupont	Macho/Macho	USD 1.49
LED	Verde, rojo, azul, UV (mini money detector).	USD 0.15
Power Bank	30000 mAh	USD 10
Cubierta del sistema	Caja plástica oscura plástico 5L	USD 4
Total		USD 38.55

Los materiales utilizados para el desarrollo del sistema se detallan en la Tabla 1 y fueron suministrados por el autor. Todos los materiales fueron adquiridos en tiendas electrónicas no especializadas. El diseño del sistema se detalla en la Figura 1 y el código de programación aplicado se detalla en la Tabla 2. La programación del sistema se realizó en el software Arduino IDE versión 2.0.3.

Tabla 2. Código de programación del ESPECTRUINO

```
#include <LiquidCrystal.h>
const int rs = 12, en = 11, d4 = 5, d5 = 4, d6 = 3, d7 = 2;
LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);
int ldr = 0;
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  pinMode(A0, INPUT);
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.setCursor(1, 0);
  lcd.print("Abs=-log(v1/v2)");
}
void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  ldr = analogRead(A0);
  ldr = (ldr/1);
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("v1");
  lcd.setCursor(6, 1);
  lcd.print(ldr);
  delay(1000);
}
```

Las dimensiones del diseño de los portamuestras utilizados se detallan en la Figura 2. Dichos materiales se hicieron con madera de 3 mm de espesor mediante corte láser para acoplar las piezas. Los portamuestras fueron diseñados para la utilización de celdas de paso de luz de 1 cm.

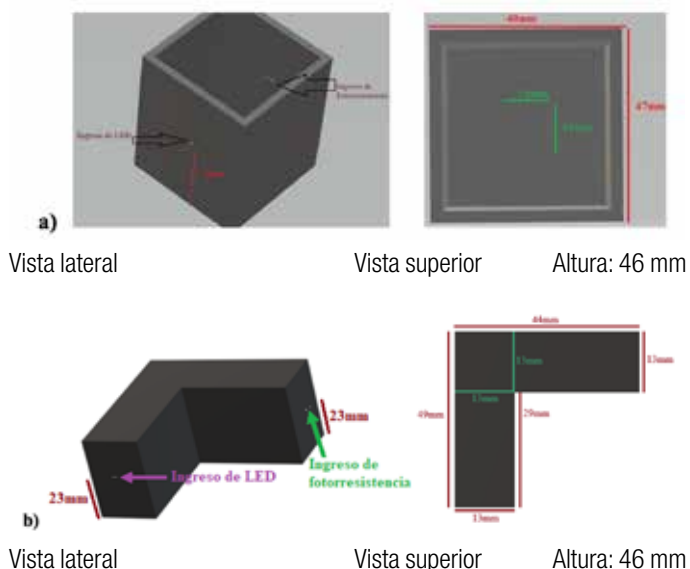


Figura 2. a) Portamuestras para análisis de absorbancia y turbidez; b) Portamuestras para análisis de fluorescencia

Las pruebas de desempeño químico del sistema diseñado se desarrollaron de la siguiente manera:

- **Pruebas de análisis de absorbancia:** Se realizaron curvas de calibración con soluciones coloreadas, como el azul de metileno ($0,5 \cdot 10^{-4}$ M a $3 \cdot 10^{-4}$ M) y permanganato de potasio ($0,5 \cdot 10^{-5}$ M a $4 \cdot 10^{-5}$ M). Las soluciones se prepararon a partir de reactivos sólidos marca Merck y agua destilada tipo II. Para las medidas de azul de metileno se utilizó un led rojo, mientras que para las medidas de permanganato se usó un led verde. Adicionalmente, se utilizó el método de las variaciones continuas para examinar su aplicabilidad en el ámbito de la química de coordinación.

Para llevar a cabo este proceso, se prepararon dos disoluciones a partir de reactivos sólidos marca JT Baker y agua destilada tipo II: la primera de sulfato de amonio y hierro (II) 0,01M (Solución A), y la segunda de 1,10-fenantrolina 0,01M (Solución B). Ambas soluciones se mezclaron en diversas proporciones, dando lugar al complejo catiónico tris (1,10-fenantrolina) hierro (II). Para estas medidas, se utilizó como fuente un led blanco y se compararon los resultados con un espectrofotómetro Fisher Scientific SP-2100UVP. Para todas las medidas se utilizó el portamuestras detallado en la Figura 2a. La medida de la absorbancia se calculó aplicando la ecuación 1, donde v_1 corresponde al voltaje de la fotorresistencia (en milivoltios) de las soluciones problema y v_2 al voltaje de la fotorresistencia (en milivoltios) del blanco:

$$A = -\log(v_1/v_2) \quad (1)$$

Pruebas de análisis de fluorescencia: Se realizó curva de calibración con fluoresceína sólida marca Sigma Aldrich (entre 3000 y 20000 ppb). La función respuesta corresponde al voltaje generado por la fotorresistencia. El portamuestras utilizado se indica en la Figura 2b. El haz de excitación corresponde a un led que emite radiación UV.

Pruebas de análisis de turbidez: Para la medida de la turbidez se prepararon soluciones de AgCl (entre 10 y 50ppm) mezclando soluciones de AgNO₃ (3500ppm) y KCl (100ppm). Estas últimas se prepararon a partir de reactivos sólidos marca Sigma Aldrich y agua destilada tipo 2. Las medidas se realizaron usando un led rojo y el portamuestras indicado en la Figura 2a. Las medidas se compararon con el equipo TB1 marca Velp Científica. Para el cálculo de la atenuación de la luz (A) se aplicó la ecuación 1, donde v_1 corresponde al voltaje de la fotorresistencia (en milivoltios) de las soluciones problema y v_2 al voltaje de la fotorresistencia (en milivoltios) del blanco. Una vez obtenida la atenuación, se calculó la turbidez en NTU usando la ecuación 2 obtenida mediante comparaciones de estándares de formazina en medidas del turbidímetro comercial y el ESPECTRUINO.

$$T = 195915 \cdot A^2 - 13422 \cdot A + 310,21 \quad (2)$$

Como recomendación en la aplicación química, es esencial preparar las soluciones de cloruro de plata con rapidez. Estas soluciones tienden a descomponerse, lo que afecta a la obtención de la linealidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aspectos generales del desarrollo del equipo

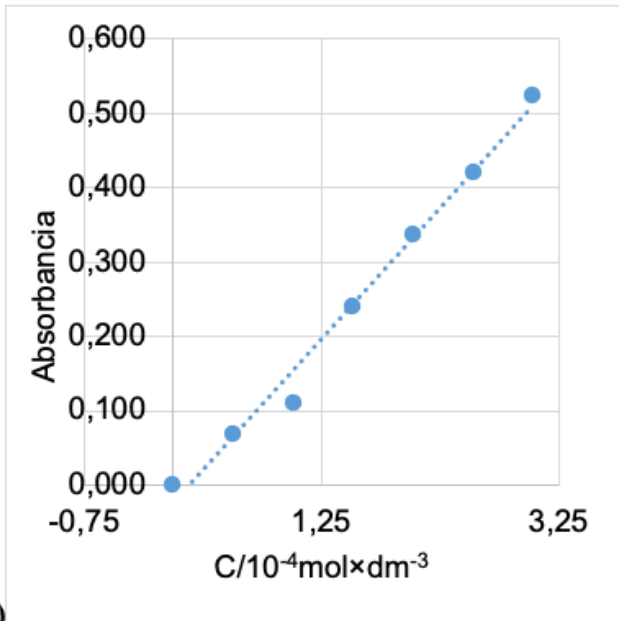
El diseño de ESPECTRUINO y la programación del sistema no requirió grandes habilidades de programación ni microelectrónica, ya que el sistema es totalmente desarmable y reajutable para configuraciones adicionales. Como se muestra en la Tabla 1, el costo de los componentes no supera los 38.55 USD, mientras que los sistemas individuales de análisis de absorción, fluorescencia y turbidez superan los 500 USD en plataformas como Alibaba o eBay. El objetivo de este trabajo no es generar este producto en masa, en cuyo caso los costos de adquisición de los componentes serían aun menores; por el contrario, este estudio abre la posibilidad de diseñar el producto en las aulas de enseñanza de química instrumental.

Pruebas de análisis de absorbancia

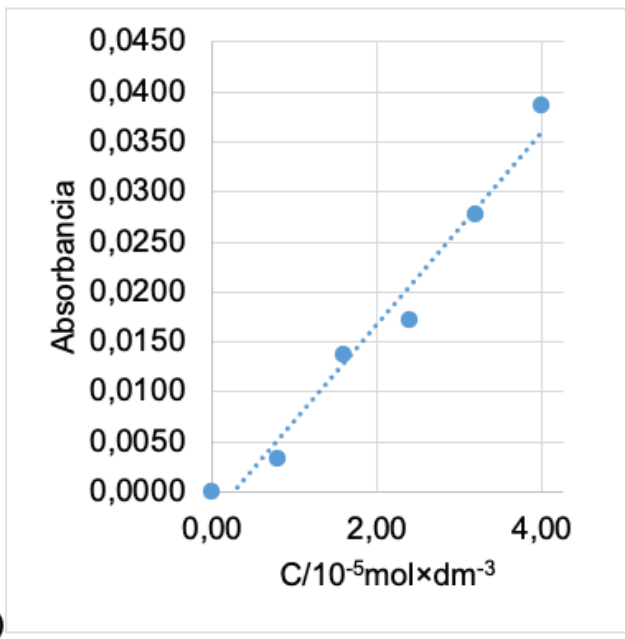
Las pruebas de linealidad de absorbancia realizadas con el azul de metileno (Figura 3a) y el KMNO₄ (Figura 3b) medidos con ESPECTRUINO

arrojan los estadísticos detallados en la Tabla 3. Las curvas de calibración utilizando azul de metileno y permanganato de potasio han demostrado la capacidad de este equipo para medir con precisión las concentraciones de diferentes analitos. Los coeficientes de correlación obtenidos en estas curvas (Tabla 3) indican una fuerte relación lineal entre la concentración y la absorbancia, lo que valida la eficacia del fotómetro en la cuantificación.

La determinación del método de variaciones continuas se ejecutó con el fin de comprobar la relación metal-ligando del complejo catiónico tris (1,10-fenantrolina) hierro (II) haciendo mediciones tanto con un fotómetro comercial como con ESPECTRUINO, y se detalla en la Figura 4.



a)



b)

Figura 3. Curva de calibración obtenida con ESPECTRUINO con a) azul de metileno y b) permanganato de potasio

Tabla 3. Datos de linealidad de las curvas de calibración obtenidas

Parámetro	Azul de metileno	KMnO ₄	
Absortividad molar (cm ⁻¹ M ⁻¹) m	1764	961	
R ²	0.988	0.973	
Desviación estándar de la correlación Sy/x	2.33×10 ⁻²	2.70×10 ⁻³	
	$\frac{10 \cdot s_y}{x}$	1.31×10 ⁻⁴	2.81×10 ⁻⁵
Límite de cuantificación (M)			

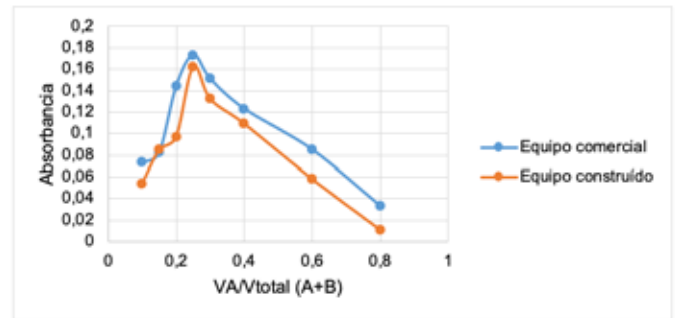


Figura 4. Método de variaciones continuas para el análisis de la composición de complejo entre la 1,10-fenantrolina y el hierro 2. Se mezclaron soluciones de sulfato de amonio y hierro (II) 0,01M (Solución A) y 1,10-fenantrolina 0,01M (Solución B)

La adopción del método de las variaciones continuas para evaluar la aplicabilidad del fotómetro en la química de coordinación añade un nivel adicional de rigor científico a la discusión. Al comparar los datos generados por ESPECTRUINO con los datos de un fotómetro comercial (Figura 4), se pudo verificar la precisión y la coherencia de los resultados obtenidos, que permiten deducir que el complejo está formado por tres unidades de ligando y una de metal. La comparación entre valores medidos con un equipo comercial y el sistema desarrollado en este estudio revela la concordancia entre ambos conjuntos de datos y fortalece la validez del enfoque propuesto. Sin embargo, al aplicar la prueba tstudent para muestras emparejadas de los datos de la Figura 4, se obtuvo un tcalculado de 3,86 frente a un tcrítico de 2,84 para siete grados de libertad, dando como conclusión que ambos equipos arrojan datos estadísticamente distintos. Una de las causas de esta diferencia es que en el ESPECTRUINO se empleó un led blanco como fuente luminosa, mientras que en el espectrofotómetro se tomaron las lecturas con una longitud de onda de 508 nm.

Tabla 4. Datos de linealidad de la curva de calibración obtenida

Parámetro	Fluoresceína
Sensibilidad (μV ppb ⁻¹) m	0.0033
R ²	0.944
Desviación estándar de la correlación (μV) Sy/x	6.86
Límite de cuantificación (ppb)	20777

$$LC = \frac{10 \cdot s_y}{m}$$

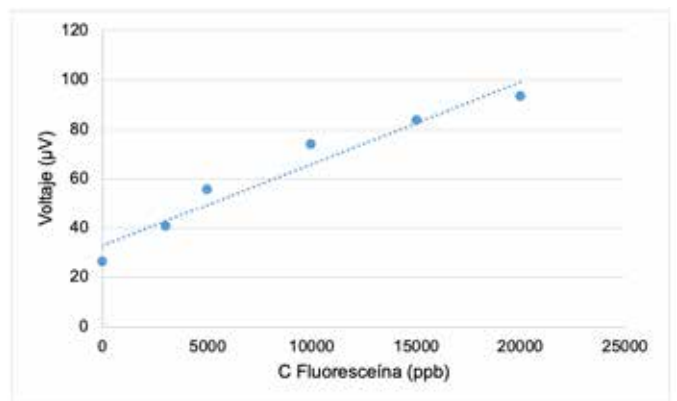


Figura 5. Curva de calibración de fluorescencia obtenida con ESPECTRUINO

Pruebas de análisis de fluorescencia

Las pruebas de linealidad de fluorescencia realizadas con fluoresceína (Figura 5) generan los estadísticos detallados en la Tabla 4.

El análisis estadístico nos indica que la respuesta de la fotorresistencia (μV) tiene una correlación lineal con la concentración de fluoresceína ($R^2=0,944$), demostrando una fuerte dependencia de la una con la otra (Sánchez et al., 2014). A medida que las concentraciones de fluoresceína aumentan, se va perdiendo linealidad entre la función respuesta y la concentración. El valor máximo en el que se estabiliza la función respuesta se da por un efecto llamado absorción primaria (Skoog et al., 2014); por ello, para que la linealidad se mantenga y se pueda analizar la fluorescencia mediante la ecuación de una recta, las disoluciones deben ser diluidas (menor a 20000 ppb). El equipo nos permite obtener valores confiables para poder entender el fenómeno de fluorescencia.

Pruebas de análisis de turbidez

Las pruebas de linealidad de turbidez realizadas con AgCl (Figura 6) generan los estadísticos detallados en la Tabla 5.

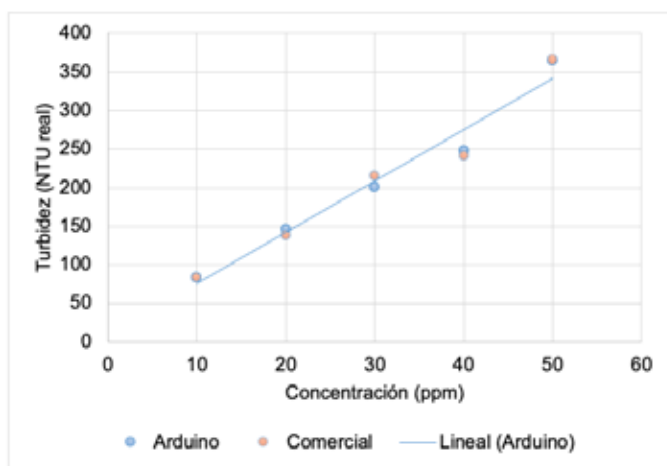


Figura 6. Curva de calibración de turbidez obtenida con ESPECTRUINO y con el equipo comercial

Tabla 5. Datos de linealidad de la curva de calibración obtenida

Parámetro	AgCl
Sensibilidad (NTU ppm^{-1})	6.66
R^2	0.967
Desviación estándar de la correlación (NTU) Sy/x	21.86
Límite de cuantificación (ppm)	32.83

Se observa linealidad entre los valores de turbidez y concentración de AgCl. Al aplicar la prueba *tstudent* para muestras emparejadas del análisis realizado en la Figura 6, se obtuvo un *tcalculado* de 0.05 frente a un *tcrítico* de 3.49 para cuatro grados de libertad, dando como conclusión que ambos equipos arrojan datos estadísticamente iguales para este parámetro. Al analizar parámetros de rendimiento en relación con estudios previos, como el presentado por Román et al. (2016), se identifica un dispositivo diseñado para medir la turbidez y se encontró un error del 3.3 %. Las diferencias obtenidas entre el equipo comercial y el ESPECTRUINO se deben a que el turbidímetro TB1 portable analiza la turbidez con longitud de onda de 850 nm proveniente de un diodo que emite luz infrarroja, mientras que ESPECTRUINO empleó un haz de

luz led de color rojo, considerando que la utilización de longitudes de onda de 780 a 1000 nm hace posible obtener una respuesta más fuerte incluso para diámetros de partículas mayores a 1 μm , lo cual es muy útil en aplicaciones prácticas (Postolache et al., 2002).

Encuesta de percepción de estudiantes en el uso de ABR

Con el fin de establecer la percepción de los estudiantes (29) sobre el método de aprendizaje, se aplicó una encuesta de 10 preguntas organizadas como se muestra en la Tabla 5. Los estudiantes de la carrera de Química que participaron en la encuesta habían pasado previamente por un proceso de formación básica principalmente mediante un método conductista, en el que el aprendizaje se enfoca en habilidades duras; sin embargo, existían deficiencias en la solución de problemas, como se evidencia en las preguntas 2, 4 y 5. Por el contrario, la aplicación del ABR promueve el desarrollo de habilidades blandas, tales como el trabajo en equipo y la solución de problemas, así como habilidades organizativas, lo cual, a opinión de los estudiantes, potencia el proceso de aprendizaje y la adquisición de nuevos saberes mediante la investigación independiente. El proceso de aprendizaje mediante esta metodología requiere de más trabajo autónomo por parte del estudiante en comparación con el método conductista, por lo que se sugiere que existan proyectos integradores con diversas materias de un mismo nivel académico con el fin de que se abarquen más contenidos.

CONCLUSIONES

En este estudio, se abordó el desafío de diseñar un sistema de medición simultáneo de fenómenos de absorción, fluorescencia y dispersión de luz basado en la plataforma Arduino® y que tuviese un costo asequible. A través de la implementación de componentes electrónicos sencillos y programación básica, se demostró que es posible crear un instrumento funcional capaz de cuantificar los fenómenos de manera precisa y eficaz. Las absorbancias y medidas de turbidez realizadas por equipos comerciales y ESPECTRUINO no son idénticas debido a las diferencias en las fuentes luminosas; sin embargo, esta discrepancia no compromete la validez de los hallazgos.

El enfoque de diseño asequible utilizando componentes electrónicos simples y la plataforma Arduino® demuestra la viabilidad para construir equipos científicos funcionales con recursos limitados. La posibilidad de replicar instrumentos científicos sofisticados con tecnología de bajo costo amplía el acceso a herramientas analíticas de alta calidad en entornos con restricciones económicas. No obstante, es necesario realizar pruebas más exhaustivas para demostrar estadísticamente la robustez del sistema diseñado.

La aplicación del ABR promovió el desarrollo de habilidades como el trabajo en equipo y la solución de problemas, así como habilidades organizativas, lo cual, a opinión de los estudiantes, permite potenciar el proceso de aprendizaje y la adquisición de nuevos saberes mediante la investigación independiente.

Agradecimientos: A los estudiantes de la materia de Métodos Espectroscópicos 1 promoción 2023-1 de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Central del Ecuador que participaron en el desarrollo y diseño de los prototipos expuestos.

Fuente de financiamiento: Esta investigación no recibió financiamiento externo.

Tabla 6. Encuesta sobre la aplicación del ABR

Pregunta	Resultados
1. ¿El método de enseñanza que su maestro aplica ayuda a potenciar el proceso de aprendizaje?	
2. ¿Ud. tiene problemas para razonar y ser competente en la construcción de los nuevos conocimientos?	
3. ¿Su maestro utiliza técnicas activas para fortalecer la construcción de los conocimientos?	
4. ¿Ud. es capaz de razonar y solucionar problemas en su vida diaria?	
5. ¿Ud. aplica razonamiento, habilidades y destrezas en la solución de problemas?	
6. ¿Ud. considera que el conocimiento adquirido es significativo?	
7. ¿Con el método que utiliza su maestro adquiere nuevos saberes?	
8. ¿Los aprendizajes por usted adquiridos son sustentables y sostenibles?	
9. ¿La aplicación de nuevas técnicas de enseñanza permitirá potenciar el aprendizaje?	
10. ¿Mediante el aprendizaje basado en problemas el proceso de inter-aprendizaje es activo?	

Conflicto de intereses: El autor declara no tener ningún conflicto de intereses. Los patrocinadores no tuvieron ningún papel en el diseño del estudio, la recopilación, el análisis e interpretación de datos, la redacción del documento o en la decisión de publicar los resultados.

REFERENCIAS

- Abdul, A., Abdul, A. y Mohd, N. (2022). Development of a Portable Spectrophotometer Employing Arduino Microcontroller System for Pollutant Analysis. *Proceedings of Science and Mathematics*, 6.
- Grinias, J. P., Whitfield, J. T., Guetschow, E. D. y Kennedy, R. T. (2016). An Inexpensive, Open-Source USB Arduino Data Acquisition Device for Chemical Instrumentation. *Journal of Chemical Education*, 93 (7), 1316–1319. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00262>
- Kubínová, Š. y Šlégr, J. (2015). ChemDuino: Adapting Arduino for Low-Cost Chemical Measurements in Lecture and Laboratory. *Journal of Chemical Education*, 92 (10), 1751–1753. <https://doi.org/10.1021/ed5008102>
- Lledó, E. (2012). *Diseño de un sistema de control domótico basado en la plataforma Arduino*. Universitat Politècnica de València.
- Postolache, O., Girao, P., Pereira, M. y Ramos, H. (n.d.). An IR turbidity sensor: design and application [virtual instrument]. *IMTC/2002. Proceedings of the 19th IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference (IEEE Cat. No.00CH37276)*, 1, 535–539. <https://doi.org/10.1109/IMTC.2002.1006899>
- Román, C., Segura, L., Loza, D. y Dabirian, R. (2016). Construction of an Open Source Based Low Cost. *ITECKNE Innovación en Investigación en Ingeniería*, 13, 17–22. <http://www.scielo.org.co/pdf/itec/v13n1/v13n1a03.pdf>
- Sánchez, E., Inzunza, S. y Ramírez, G. (2014). *Probabilidad y Estadística II*. Grupo Editorial Patria.

-
- Sandoval, M. J., Mandolesi, M. E. y Cura, R. O. (2013). Teaching Strategies to Teach Chemistry in Higher Education. *Educación y Educadores*, 16 (1), 126–138. <https://doi.org/10.5294/edu.2013.16.1.8>
- Skoog, D., West, D., Holler, J. y Crouch, S. (2014). *Fundamentos de Química Analítica*. CENGAGE Learning.

The background is a vibrant green with a complex, abstract pattern of white and light green lines and circles. The lines resemble circuit traces or neural pathways, connecting various sized circles of different shades of green. The overall effect is one of dynamic connectivity and technological or scientific advancement.

Sobre la portada:

Horizontes del Conocimiento

La imagen seleccionada transmite una visión contemporánea y expansiva que simboliza el avance del saber y la exploración académica. Sus elementos visuales, equilibrados y sugestivos, evocan el dinamismo y la conexión entre disciplinas, reflejando el espíritu, la interdisciplinariedad y la búsqueda constante de nuevos horizontes en la ciencia y el conocimiento.



**Pontificia Universidad
Católica del Ecuador**
Seréis mis testigos

IBARRA



Dirección: Av. Jorge Guzmán Rueda y Av. Aurelio Espinosa Pólit.
Ciudadela La Victoria, Ibarra-Provincia de Imbabura - Ecuador
Teléfonos: (593-06) 2994 700
Código Postal: 100112 - Ibarra Ecuador
E-mail: axioma@pucesi.edu.ec
<http://www.pucesi.edu.ec>

