



UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
CENTRO REGIONAL UNIVERSITARIO DE VERAGUAS



Revista Colegiada de Ciencia

<https://revistas.up.ac.pa/index.php/revcolciencia>

Vol. 8, No. 1, octubre 2026-marzo 2027

ISSNL 2710-7434



REVISTA COLEGIADA DE CIENCIA

Vol.8, N°1, octubre 2026-marzo 2027

Periodicidad: Semestral (abril-septiembre, octubre-marzo)

ISSN L 2710-7434

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ

VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO

CENTRO REGIONAL UNIVERSITARIO DE VERAGUAS

<https://revistas.up.ac.pa/index.php/revcolciencia/issue/view/519>



AUTORIDADES DEL CENTRO REGIONAL UNIVERSITARIO DE VERAGUAS, UNIVERSIDAD DE PANAMÁ

Director	Magíster Pedro A. Samaniego.
Subdirectora	Magíster Dora Camaño.
Secretaría Académica	Doctora Giannina Núñez.
Secretaría Administrativa	Doctora Martina Him.
Coordinación de Inv. y Postgrado	Doctora Orlinda de Batista.
Coordinación Asuntos Estudiantiles	Magíster Anabelsis Moreno.
Coordinación de Extensión	Magíster Jorge Luis Ábrego Campos
Coordinación de Admisión	Magíster Yahaira Juárez

DIRECTORA DE LA REVISTA COLEGIADA DE CIENCIA

Dra. Nena Robles, Universidad de Panamá, CRU de Veraguas. nena-d.robles-r@up.ac.pa;
<https://orcid.org/0000-0001-8764-8704>

SUBDIRECTORA.

Magíster Dayra Agrazal, Universidad de Panamá, CRU de Veraguas.
dayray.agrazal@up.ac.pa

CONSEJO EDITORIAL

EDITOR JEFE

Dr. Carlos Seixas, Universidad de Panamá, CRU de Veraguas. carlos.seixas@up.ac.pa;
<https://orcid.org/0000-0002-3430-3793>

Magíster José Him, Universidad de Panamá, CRU de Veraguas. jose.him@up.ac.pa

Profesora Noris A. Barsallo, Universidad de Panamá, CRU de Veraguas.
noris.barsallo@up.ac.pa; <https://orcid.org/0000-0002-5793-861X>

Licenciada Cecibeth Aparicio, Universidad de Panamá, CRU Veraguas.
cecibethdelcarmenaparicio@gmail.com

EDITORES ASOCIADOS:

Dr. José Leonardo Robles (Astronomía)

Dr. José Leonor Robles (Riesgos ambientales)

Dr. José Loaiza (Entomología)

Dra. Kathia Broce (Química)

Dra. Eva Margarita de Brea (Educación)

Dra. Gianinna Nuñez (Informática y Tecnología)

Dra. Dianelsa de Oliver (Educación)

Magíster Fernando González (Biotecnología)

Magíster Ericka Pinzón (Biología Marina)

Magíster Italo Goti (Biología Marina)

Comité científico

Dr. Carlos Seixas

Dra. Oris Rodríguez Reyes

Dra. Kathia Broce

Dr. José R. Loaiza

Dra. Aneth Sarmiento

Comité OJS

Profesora Noris Barsallo
Profesora Cecibeth Aparicio

PARES EXTERNOS POR ESPECIALIDAD

Magíster Lucia Torrez (Comportamiento animal), Alemania, torrezi@si.edu
 Magíster Italo Goti, Biología Marina (Bentos), Panamá, 0000-0001-5702-5389.
 Magíster Hernán Córdoba, Botánica, Panamá, 0000-0001-8433-6676.
 Magíster Vielka Murillo, Botánica, Panamá, 0000-0002-6284-4466.
 Dr. Rito Herrera, Microbiología, Panamá, 0000-0003-2509-0391.
 Magíster José E de Gracia, Biología, Panamá, jose.degracia-i@up.ac.pa.
 Dra. Aneth Sarmiento, Fisiología Vegetal, Panamá, 0009-0004-3840-6249.
 Magíster Yolani Robles, Biología Marina, Panamá, 0000-0003-4140-9235.
 Magíster Yessenia González, Biología, Panamá, yessenia.gonzalez@umip.ac.pa.
 Dra. Oris J. Rodríguez Reyes, Ciencias Biológicas, Panamá, oris.rodriguez@up.ac.pa.
 Dra. Nádila Sanjur, Inglés, Panamá, nadila.sanjur@up.ac.pa.
 Magíster José Chang, Ecología Marina, Panamá, jose.changv@up.ac.pa.
 Magíster Martha Von Chon, Microbiología, Panamá, martha.chaves@up.ac.pa.
 Dr. José Ernesto Mancera, Biología Marina, Colombia, jemancerap@unal.edu.co.
 Oscar Amaya, Toxinas marinas, El Salvador, 0000-0001-6104-3520.

CONTENIDO

	Pág.
<i>Editorial</i>	6
Parque científico y tecnológico de la Universidad Autónoma de Chiriquí, Panamá: experiencias de divulgación científica. Science and technology park of the autonomous University of Chiriquí, Panama: experiences in scientific outreach. Jorge Luis Pino, Heriberto Franco.	7-19
Producción virtual e infraestructura crítica: reconfiguración, acceso y sostenibilidad audiovisual. Virtual production as critical infrastructure: reconfiguration, access, and audiovisual sustainability. Roberto Antonio Pinto Rodríguez, Arturo Coley Graham, Bladimir Cedeño-Vega.	20-31
La inteligencia artificial como estrategia empresarial de innovación y competitividad en las MIPYMES del corregimiento de Canto del Llano, Santiago de Veraguas. Artificial intelligence as a business strategy for innovation and competitiveness in MSMES of the Canto del Llano district, Santiago de Veraguas. Antonio Alejandro Pérez Martínez, William Avatt Donoso Olave.	32-44
Modelo de gestión de datos marinos FAIR para Panamá en el marco IODE. FAIR marine data management model with IODE articulation in Panama. Modelo de gestão de dados marinhos FAIR com articulação IODE no Panamá. Hermelinda Peralta-Araúz.	45-63

- Revolución de datos mediante Big Data y Google Colab para el análisis y gestión de ciencia de datos. Data revolution through Big Data and Google Colab for data science analysis and management. 64-82
Ricardo M. Candanedo Yau.
- Propuesta de modelo instruccional aplicado a entornos virtuales para estudiantes en condiciones especiales en modalidad no presencial del sistema educativo panameño. Proposal for an instructional model applied to virtual environments for students in special conditions in the non-face-to-face modality of the Panamanian educational system. 83-99
Roxana del C. Cubilla Botacio, Gloris Mitzel Batista-Mendoza, Leonel Bernardo Araúz Morón.
- El desgaste de la hegemonía económica de Estados Unidos en el orden mundial: de la bipolaridad-unipolaridad a la multipolaridad (1945-2025). The Erosion of U.S. Economic Hegemony in the World Order: from Bipolarity-Unipolarity to Multipolarity (1945–2025). 100-112
Carlos Horacio Tasón De Gracia, Yanina Yamileth Vergara Barrios.
- Los coupling o conexiones semánticas, fonéticas, morfológicas y literarias en los poemas ausencia y el regreso de Gabriela Mistral. The coupling or semantic, phonetic, morphological and literary connections in Gabriela Mistral's poems absence and return. 113-124
Zoribell Anays Salcedo Murillo, Ariel R. Pérez Cuevas, Dayra Martínez Coronado.
- Evaluación de los aprendizajes en la Universidad de Panamá: desafíos en el contexto del Programa Anexo el Guabal de Santa Fe. Evaluation of learning at the University of Panama: challenges in the context of the El Guabal de Santa Fe Annex Program. 125-136
Adonis W. Pardo T.
- Estimación de un índice de riesgo para ciguatera para el Golfo de Chiriquí y el Golfo de Panamá. Estimation of a ciguatera risk index for the Gulf of Chiriqui and the Gulf of Panama. 137-149
Luis Yepes, Carlos Seixas, Cecibeth Aparicio.

Editorial

Ciencia, conocimiento y reducción de la pobreza en Panamá

La ciencia constituye una herramienta esencial para comprender y enfrentar los desafíos sociales que condicionan el desarrollo de Panamá. Entre ellos, la pobreza y la desigualdad continúan siendo fenómenos complejos que no pueden abordarse únicamente desde el crecimiento económico, sino también mediante educación, innovación, generación de conocimiento y políticas públicas sustentadas en evidencia.

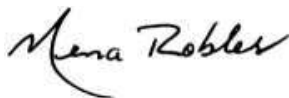
A pesar de los avances económicos alcanzados por el país, persisten brechas importantes en el acceso a salud, educación, tecnología y oportunidades de desarrollo, especialmente en comunidades rurales, indígenas y sectores urbanos vulnerables. Estas desigualdades demandan respuestas interdisciplinarias, contextualizadas y científicamente fundamentadas.

En este escenario, la investigación científica debe trascender la producción académica y contribuir de manera efectiva a identificar determinantes, evaluar intervenciones y generar soluciones aplicables a problemas prioritarios como la salud pública, la seguridad alimentaria, la sostenibilidad ambiental, la transformación tecnológica y el desarrollo productivo.

Panamá dispone de importantes fortalezas: biodiversidad, capital humano, instituciones académicas y una posición estratégica privilegiada. Sin embargo, convertir estas capacidades en bienestar social exige fortalecer la inversión en investigación, desarrollo e innovación, formar talento científico y consolidar una articulación efectiva entre academia, Estado, sector productivo y sociedad.

Invertir en ciencia significa fortalecer la capacidad del país para comprender sus propios problemas, anticipar riesgos, orientar decisiones y desarrollar soluciones sostenibles basadas en evidencia.

Desde la *Revista Colegiada de Ciencia*, reafirmamos nuestro compromiso con una ciencia rigurosa, ética, interdisciplinaria y socialmente pertinente, capaz de transformar conocimiento en decisiones, innovación en oportunidades y evidencia científica en bienestar colectivo.



Dra. Nena Robles Rodríguez
Directora
Revista Colegiada de Ciencia

Parque científico y tecnológico de la Universidad Autónoma de Chiriquí, Panamá: experiencias de divulgación científica

Science and technology park of the autonomous University of Chiriquí, Panama: experiences in scientific outreach

Jorge Luis Pino

Universidad Autónoma de Chiriquí. Facultad de Ciencias Naturales y Exactas. Instituto Interdisciplinario de Investigación e Innovación. Parque Científico y Tecnológico. Panamá
jorge.pino@unachi.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-0967-5528>

Heriberto Franco

Universidad Autónoma de Chiriquí. Facultad de Ciencias Naturales y Exactas. Instituto Interdisciplinario de Investigación e Innovación. Parque Científico y Tecnológico. Panamá
heriberto.franco@unachi.ac.pa <https://orcid.org/0000-0001-9045-0547>

Artículo recibido: 25 de septiembre de 2025

Artículo aceptado: 14 de mayo de 2026

DOI <https://doi.org/10.48204/j.colegiada.v8n1.a11457>

RESUMEN

La divulgación científica ha adquirido relevancia como un indicador del impacto social de la Ciencia, que se genera a partir de la producción del conocimiento por los investigadores y que se transfiere al público no especialista en el tema, a través del uso de un lenguaje común. Generalmente, el conocimiento científico se comparte entre pares a través de la difusión científica que se realiza en revistas especializadas, sin embargo, los organismos financiadores de investigación exigen que la población se apropie de dicho conocimiento y tenga algún impacto positivo en sus vidas. Con la popularización de las plataformas digitales de comunicación, se presenta la oportunidad de divulgar masivamente los resultados de investigación. El objetivo de este artículo es documentar y analizar las estrategias de divulgación científica desarrolladas en el Parque Científico y Tecnológico de la Universidad Autónoma de Chiriquí, a partir del establecimiento de sus perfiles en redes sociales. Este manuscrito está conformado por contenidos de los segmentos: noticias, Un café con sabor a ciencia, desde el PACYT, entrevistas especiales, webinars y Hablemos de investigación. También incluye el podcast en Spotify, que contiene los capítulos de Un café con sabor a ciencia. Además, incluye la plataforma X (Twitter), las cuales incluyen tweets e información de los consumidores de contenidos. Se realizó un análisis de las métricas de uso de los contenidos digitales generados en los años 2022-2023. Las métricas de estas plataformas, muestran que su implementación generó visibilidad nacional e internacional. Los contenidos en Spotify fueron consultados mayoritariamente por hombres, mientras que los del YouTube fueron visitados en su gran parte por mujeres. Esto propone diversificar la estrategia de divulgación científica del PACYT-UNACHI para robustecer su imagen, además se espera a partir de los resultados obtenidos, se especifique una estrategia de divulgación científica, específica para distintos segmentos de la población.

PALABRAS CLAVE: Divulgación científica, cienciometría, métricas alternativas, parques científicos y tecnológicos, innovaciones tecnológicas.



ABSTRACT

Scientific dissemination has acquired relevance as an indicator of the social impact of Science, which is generated from the production of knowledge by researchers and which is transferred to the public who are not specialists in the subject, through the use of a common language. Generally, scientific knowledge is shared among peers through scientific dissemination carried out in specialized journals, however, research funding organizations demand that the population embrace this knowledge to produce a positive impact on their lives. With the popularization of digital communication platforms, the opportunity arises to massively disseminate research results. The goal of this article is to document and analyze the scientific dissemination strategies developed in the Science and Technological Park of the Autonomous University of Chiriquí, based on the establishment of their profiles on social networks. This manuscript encompasses contents from the segments: news, A coffee with a taste of Science, from PACYT; special interviews, webinars and the segment Let's talk about research. It also includes the podcast on Spotify, which contains the chapters of A coffee with a flavor of Science. In addition, it includes the X platform (Twitter), which includes tweets and information from content consumers. An analysis of the usage metrics of the digital content generated in the years 2022-2023 was carried out. The metrics of these platforms show that their implementation generated national and international visibility. Results show that the content on Spotify was consulted mostly by men, while contents on YouTube were mostly visited by women. This proposes diversifying the scientific dissemination strategy of PACYT-UNACHI to strengthen its scientific branding. It is also expected that based on the results obtained, a specific scientific dissemination strategy should be specified for different segments of the population.

KEYWORDS: Science communication, scientometrics, alternative metrics, science and technology parks, technological innovations.

INTRODUCCIÓN

La divulgación de la ciencia (Rocha et al., 2017) no es un tema nuevo, esta se ha realizado, tradicionalmente, a través de diferentes medios como revistas periódicas, la radio y la televisión. Sin embargo, con el establecimiento del internet a finales de los años 60's (Russell, 2001), emergen una serie de plataformas con una multiplicidad de usos (Hunter, 2020; Ramírez Ochoa, 2016). De estas, plataformas, por ejemplo, YouTube, X (Twitter), Facebook y más recientemente Spotify, han cobrado particular importancia en la divulgación de contenidos científicos (Fox et al., 2021). En un panorama más amplio, las tecnologías de la información y la comunicación (TICs) junto con las redes sociales desempeñan un papel importante en la divulgación científica, las cuales experimentan un proceso de cambio y continua adaptación; así, la Web 2.0, incluyendo las redes sociales, son ahora reconocidas como fundamentales, en el proceso de aprendizaje activo y colaborativo (López Ortega et al., 2024a). La utilización de las TIC, ha facilitado la publicación de libros electrónicos, boletines online, la publicación directa en las redes, etc., lo cual ha propiciado que el internet se posicione como una herramienta de gran ayuda para difundir las investigaciones (Bik & Goldstein, 2013; Tejedor Tejedor & García-Valcárcel Muñoz-Repiso, 2012). Como parte de esta evolución, la literatura evidencia la emergencia de estudios sobre comunicación científica, los cuales se centran en los nuevos medios de comunicación y divulgación de la ciencia, el uso de las redes sociales como herramientas educativas y difusión de la ciencia en este nuevo entorno interactivo (Parejo-Cuellar et al., 2023).

Globalmente, la sociedad actual se encuentra tecnológicamente interconectada, y en el ámbito de la investigación científica, este aspecto también está reflejado. Es así, que las redes sociales científicas son actualmente las mejores herramientas para difundir el conocimiento (Roig-Vila et al., 2016). Redes sociales como Facebook, blogs, X, YouTube, Spotify, son los

medios más frecuentemente utilizados por los científicos para hacer divulgación científica. Otras plataformas como TINDER (López Ortega et al., 2024b) y TikTok (Muñoz-Gallego et al., 2024), también han sido utilizadas para incursionar en la divulgación de ciencia, aunque su aceptación, en términos de la percepción de certeza de la información, por parte de sus usuarios continúa siendo un reto (Micaletto-Belda et al., 2024).

Experiencias en Chile, muestran la percepción de periodistas institucionales y su relación de uso del Instagram, como plataforma de divulgación científica, en esta, el 70% de los encuestados se inclinó por el Instagram como la herramienta más utilizada para difundir los contenidos, A Facebook y X se les otorgó un 48% de uso constante y sistemático, 11% indicó utilizar YouTube de forma continua (Martin-Neira et al., 2022). Esto propone, la necesidad de conocer a los consumidores de contenidos, para mejorar la generación de los mismos e impactar de manera efectiva con la información presentada.

El creciente abordaje de la Diplomacia Científica (Camacho Toro et al., 2024), implica el entendimiento de las necesidades y las bondades de la ciencia, por parte de los tomadores de decisiones y la aceptación de los actores y la sociedad (Artigas & Casanova, 2020), como parte del engranaje colaborativo para el establecimiento de colaboraciones para el avance de la ciencia; sin embargo, son pocos los trabajos que tratan de entender los factores que inciden en las diferentes plataformas utilizadas para la divulgación científica, un aspecto clave para potenciar la efectividad de la divulgación en este tipo de iniciativas.

El constante desarrollo del campo de las métricas alternativas o *altmetrics*, implica no solo medir la creación, difusión y recuperación de contenidos en la Web, sino que también conocer y analizar las interacciones generadas con los diferentes segmentos de la población. Esto es de particular relevancia, cuando la población-blanco es muy especializada; tal es el caso de la comunidad científica (De Volder, 2016).

Aspectos demográficos, asociados al uso de redes sociales, también han sido abordados en distintas publicaciones (Artigas & Casanova, 2020; De Volder, 2016; Smulders Chaparro, 2024); sin embargo, son muy poco representadas en el contexto de análisis de contenidos académicos (Sidorenko-Bautista et al., 2021) y aun menos en el contexto local, de Panamá (Córdoba Mendoza & Pittí Montenegro, 2024).

Una situación emergente, como la reciente pandemia del COVID-19, impulsó el uso de las redes sociales y la creación de contenidos vinculados con el sector académico (Al Balushi et al., 2022; Saud et al., 2020; Sengupta & Vaish, 2023); y con esto, la visibilización de la producción científica e iniciativas de desarrollo tecnológico de muchas instituciones académicas, ONGs, centros e institutos vinculados con la investigación.

El Parque Científico y Tecnológico (PACYT) de la Universidad Autónoma de Chiriquí (UNACHI), es una infraestructura que alberga unidades de investigación (Pino, 2025), que activamente realizan trabajos vinculando el uso de laboratorios especializados, labores de campo, así como también iniciativas de conservación.

La ocupación inicial de la infraestructura del PACYT, inició a mediados del 2020 (Pino, 2022), y como producto de una estrategia de marketing corporativo, en los primeros meses del 2022, se comienza la divulgación de las actividades de investigación realizadas o vinculadas con los investigadores que operan en esta infraestructura, a través de las redes sociales, esto con la finalidad de propiciar una normalización en el uso del concepto de marca PACYT-UNACHI, y el reconocimiento del PACYT como una infraestructura núcleo de investigación en la región Occidental de Panamá, el cual aportaría en la implementación del concepto de las cuádruple hélice para el desarrollo: academia, empresa, gobierno y sociedad (Franco, 2024).

Aunque en el ámbito empresarial local e internacional (Pedreschi Caballero & Nieto Lara, 2022), las redes sociales han jugado un papel de gran importancia; cada día se hace más evidente la necesidad incidir desde la academia, utilizando las distintas plataformas en el internet, ya sea para evidenciar la productividad científica, o por razones de transparencia. Estas acciones eventualmente contribuyen con el robustecimiento de la reputación académica de las

universidades, en particular, desde la perspectiva de las métricas alternativas (Corchuelo Rodríguez, 2018; Guzmán & Del Moral, 2014).

El objetivo de este manuscrito es resaltar la importancia de analizar las estrategias de divulgación científica, así como también proporcionar una reflexión sobre las métricas de las plataformas de redes sociales, vinculadas con la divulgación de contenidos científicos generados desde el PACYT de la UNACHI.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las estrategias para mejorar una visibilización institucional generalmente parten de la medición en un punto del desarrollo de un plan ya propuesto de divulgación. En este sentido, la estrategia de comunicación en redes sociales sobre las actividades de investigación del PACYT comienza desde cero. Esto se debe a que en enero de 2022 se activaron por primera vez las redes sociales del PACYT (figura 1).

Se estableció analizar solo los datos del 2022 al 2023, para mostrar el impacto que las estrategias de la divulgación científica podrían tener en un año. Esto brinda bases, en una corta ventana de tiempo, para la comparación con otras unidades de investigación que inicien actividades de divulgación científica.

Se recopilaron las métricas reportadas en las redes sociales del canal de **YouTube** (PACYT UNACHI), el cual alberga contenidos de los segmentos: *noticias, un café con sabor a ciencia, desde el PACYT, entrevistas especiales, webinars y hablemos de investigación* (Pino et al., 2023); y del Podcast en **Spotify** (PACYT UNACHI), que alberga los capítulos de *Un Café con Sabor a Ciencia* (Franco et al., 2023); y algunas métricas de la Plataforma **X** (@pacyt_unachi). Éstas últimas, se presentan en un formato diferente, debido a la naturaleza de esta plataforma; en la cual también se contó con limitaciones relacionadas con la disponibilidad de la data para el análisis retrospectivo. En general, se utilizaron métricas disponibles de manera gratuita, ya que estas son herramientas que cualquier organismo de investigación, que experimente limitaciones de presupuestos, podría utilizar para sus comparaciones.

Los datos obtenidos, de Spotify y YouTube, fueron analizados con el uso de la estadística descriptiva; también, se llevaron a cabo pruebas de Chi2 para comparar características demográficas sobre el uso de las plataformas.

Figura 1

Vista de los membretes de las plataformas utilizadas para la divulgación de ciencia; en A-X (Twitter); B-YouTube; C-Spotify.



RESULTADOS

Plataforma de YouTube. El canal de YouTube **PACYT UNACHI** fue creado el 20 de enero de 2022 y es analizado hasta octubre de 2023. Sobre el tiempo de contenidos creados, se generaron 36 videos, con una duración total de contenido de 9 horas con 49 minutos.

El canal de YouTube registró un total de 2,282 vistas a los contenidos; estas visitas al canal tuvieron una visualización promedio de 1:52 minutos. En cuanto a la representación geográfica de la audiencia, las vistas de contenidos fueron en un 100% desde Panamá.

En cuanto a los dispositivos utilizados para la visualización de YouTube, en su mayoría, un 76.5% (1,748 vistas) de los contenidos fueron vistos desde un dispositivo celular (teléfono móvil); un 18.9% (433) utilizaron computadoras; un 2.7% (62) vieron estos contenidos desde un televisor, mientras que un 1.9% (43) usaron dispositivos tablet.

Mientras que los sistemas operativos utilizados por la audiencia incluyeron: Android (65.4%), iOS (13.6%), Windows (13.5%), Macintosh (4.9%), Smart TV (0.8%), WebOS (0.7%), Linux (0.6%), Chromecast (0.1%), Amazon Fire OS (0.1%).

Sobre la ubicación de la reproducción de los contenidos; en su mayoría, estos fueron vistos directamente desde el canal de YouTube (95.8%), mientras que un 2.4% lo fueron desde aplicaciones y sitios web externos como WhatsApp, Google Search, Google, Gmail y Google Docs; la fracción restante de las visualizaciones (1.9%) se realizó desde funciones de exploración.

En relación al género de la audiencia, según el registro, un 75% de los visitantes del canal fueron mujeres, mientras que solo un 25% fueron hombres; en forma conjunta (100%), la audiencia se encuentra en un rango de edad de 35 a 44 años.

Plataforma de Spotify. La cuenta de Spotify utilizada para divulgación de contenidos de ciencia se estableció en junio de 2022 y es analizada hasta octubre de 2023. El nombre descriptor del segmento fue el Pódcast “*Un café con sabor a Ciencia*”, con la vinculación PACYT UNACHI. El contenido de este podcast fue de 13 sesiones, que acumularon en su conjunto una duración de 6 horas con 25 minutos. Este contenido generó un total de 113 reproducciones. La representación geográfica de la audiencia que escuchó los contenidos fue, en su mayoría, de Panamá (91%), sin embargo, también hubo representación de Perú, Argentina, Costa Rica, Honduras, El Salvador, Estados Unidos, Colombia y México.

El contenido fue escuchado desde dispositivos Android (31%), dispositivos web (25.7%), iPhone (24.8%), dispositivos Mac (4.4%), altavoz inteligente (2.7%), dispositivos Windows (2.7%), otro (8.8%).

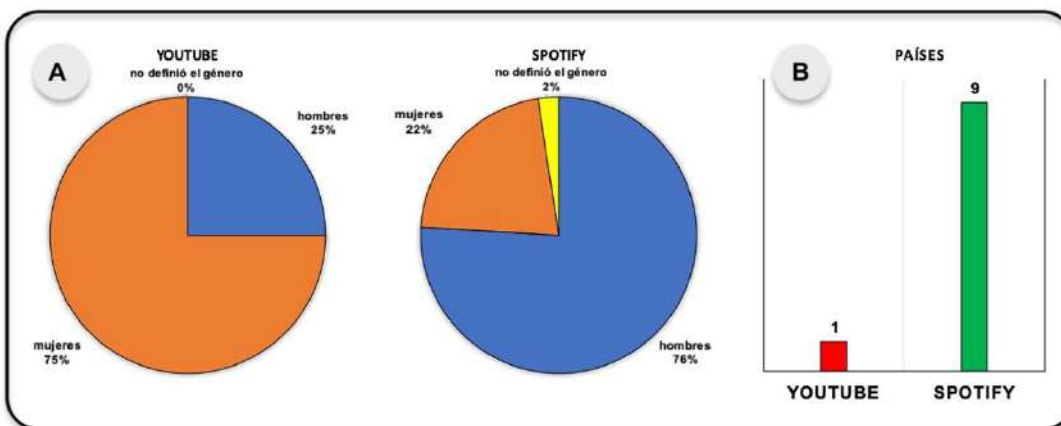
La audiencia, en su mayoría, fueron hombres (75.9%), las mujeres representaron un 21.7%, mientras que un 2.4% no especificaron su género (**figura 2 A**).

En cuanto a la edad reportada, hubo representación del rango de 18 a más de 60 años; el más común fue 45-59 años (57.8%), seguido del 35-44 años (19.3%), 28-34 años (9.6%), 23-27 años (7.2%), 18 a 22 años (2.4%), 60 o más años (2.4%).

Plataforma X. La plataforma X, @pacyt_unachi, fue establecida en enero de 2022, pero por razones de disponibilidad de la data, las métricas analizadas comprenden solo desde octubre de 2022 hasta octubre de 2023. Durante este tiempo, se generaron 641 tweets, los cuales contabilizaron 24,042 impresiones. La audiencia cuenta con 128 seguidores, de los cuales se reconocen perfiles personales e institucionales, nacionales y externos al país (**figura 2 B**). Aunque hubo limitaciones con la obtención de ciertas métricas de visibilidad, esta plataforma brindó información sobre el mayor alcance latitudinal de los contenidos generados a través de X.

Figura 2

A: Comparación entre los porcentajes de visitas por género, realizadas a las Plataformas de YouTube y Spotify del PACYT. B: Diferencia entre el alcance de los contenidos atendiendo al número de países reportados.



DISCUSIÓN

Este manuscrito presenta una primera idea sobre cómo las redes sociales ayudaron a que se reconozca la marca PACYT, que está relacionada con la investigación académica en una universidad de América Latina.

Los contenidos de divulgación están orientados a una audiencia especializada, de corte STEM (del área de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas). Por lo tanto, resulta de interés establecer una línea base que permita comparar estas métricas de divulgación, en nuestro caso del primer año, con futuros escenarios. De esta manera, se podrán percibir cambios en el comportamiento de consumo de contenidos por la audiencia.

El uso de estrategias de visibilización a través del internet ha sido de vital importancia para el reconocimiento del PACYT. En su evolución, el acrónimo PACYT, como marca, comienza a articularse a finales del 2021, y sus redes sociales a inicios del 2022; por lo que las métricas aquí presentadas documentan el comienzo de la visibilidad y la apropiación de la imagen del PACYT (figura 3), como una infraestructura asociada a la investigación y a la producción científica, en la Universidad Autónoma de Chiriquí y en la Región Occidental del país.

Por ejemplo, una reciente búsqueda en Google, utilizando el concepto “pacyt_unachi”, generó 90,700 alternativas de resultados, lo cual evidencia que los algoritmos de los motores de búsqueda de esta plataforma, ya ubican contenidos vinculantes al PACYT en el internet.

Figura 3

Logotipo que consistentemente fue utilizado en los contenidos y noticias referentes al PACYT.



Sobre el alcance en términos del número de personas, los contenidos creados en X fueron más visibilizados, esto fue medido a través de las impresiones, las cuales son sugeridas por autores como una aproximación del alcance que podrían tener los contenidos en esta plataforma (Ballesteros Herencia, 2018).

Los contenidos de Spotify, promedian 29.6 minutos por sesión de podcast, lo cual es comparable con la extensión de contenidos de podcasts reportados en medios argentinos, entre 20 y 40 minutos (Espada, 2018), y también estaría al límite de las extensiones reportadas en podcasts de España, entre 30 y 60 minutos (López-Villafranca, 2024).

La visibilización de los contenidos en Spotify, se realizó mayoritariamente por hombres (**figura 2 A**); una preferencia similar sobre el uso de esta plataforma, por hombres, fue reportada en Ecuador, aunque con contenidos no académicos (Aguilar Vera & Gómez Flores, 2019); más recientemente en España, con implementación de variantes como el *VideoPodcast*, se registró un acercamiento a la equitatividad de género de usuarios, aunque aún con mayor audiencia de hombres (López-Villafranca, 2024). Esto contrasta con la plataforma de YouTube, la cual recibió mayor número de vistas por mujeres; resultando una característica positiva ya que un número plural de publicaciones advierten un sesgo hacia el mayor número de hombres como usuarios de los contenidos de YouTube (Regueira et al., 2020).

La literatura en la que se tratan aspectos sobre sesgos en la audiencia particionada por sexo, también advierte que los contenidos disponibles en Spotify son mayoritariamente atribuidos a hombres, lo cual puede ser un factor importante que influye en la afinidad de las visitas y potencialmente sesga el consumo de los contenidos (Aguiar et al., 2018; Epps-Darling et al., 2020). Sin embargo, estas conjeturas se refieren a contenidos musicales, no a contenidos de podcast con orientación científica; por lo que se espera que estos datos puedan eventualmente, contribuir al entendimiento de la audiencia que escucha contenidos científicos a través de esta plataforma.

La disparidad de género en el consumo de contenidos sobre ciencia en las diferentes plataformas propone reflexionar sobre el alcance que estos podrían estar teniendo en comparación con lo esperado. Esto podría ser el resultado de una preferencia de uso de plataformas aportadas por el género, en donde Spotify contaría con un mayor número de suscriptores hombres y YouTube una mayor suscripción por mujeres. Otro escenario podría ser que hay preferencia de uso de plataformas con formato solo de audio (Spotify), o con formato de audio-video (YouTube). Es importante pensar en cómo crear material de divulgación científica en varios formatos y usar diferentes plataformas para llegar a más personas, tanto en cuanto a la composición de la audiencia (edad, sexo) como al área geográfica que se cubre.

La diferenciación de la audiencia, proporción de mujeres, hombres y género no definido, en función de la plataforma utilizada, fue corroborada mediante una prueba de χ^2 . En esta prueba se compararon las proporciones de las variables categóricas de la audiencia (sexo), compiladas en las plataformas de YouTube y Spotify.

Con un nivel de significancia de 0.01, un valor crítico de 9.21 y un valor calculado de χ^2 de 56.7, se puede afirmar que la diferencia en las proporciones observadas entre estas plataformas es estadísticamente relevante.

Esto sugiere que existe una diferenciación de consumo de los contenidos entre los usuarios de dos plataformas, o que la disparidad proporcional es propia de la población usuaria de las mismas y estamos evidenciando sus derivaciones.

Aunque las plataformas estudiadas brindan diferentes métricas relacionadas con la edad de los consumidores de los contenidos, los resultados de YouTube muestran que el 100% de la audiencia pueden ser clasificados como parte de la Generación Y (Millenials); mientras que, en la plataforma de Spotify, la mayoría fueron de la Generación X, seguidos entonces por los Millenials; y otra fracción representada por miembros de la Generación Z (Zoomers). Esta

caracterización es de interés ya que, las predicciones de consumo de los contenidos (de corte académico) las redes sociales, pueden verse influenciadas por los grupos generacionales representados en la población (Romero Borre et al., 2024; Smulders Chaparro, 2024).

La información presentada sugiere que, para optimizar el alcance de los contenidos, hay que considerar una importante representatividad de la Generación Millenials, quienes podrían sentirse más cómodos con la presentación de contenidos tradicionales. A su vez permite, explorar el desarrollo de estrategias que permitan atraer a miembros de Generaciones más recientes como los Zoomers; o bien crear contenidos en plataformas en las cuales ellos podrían estar más representados como Instagram (Sidorenko-Bautista et al., 2021) o TikTok (Muñoz-Gallego et al., 2024).

Aunque la consideración de la condición generacional implica retos, resulta contrastante la disparidad de la representación de género por plataforma, lo cual también podría ser un reflejo de la proporción general de géneros que utilizan cada plataforma, y no una respuesta a los contenidos presentados; en cualquier escenario debe contemplarse la inclusión de contenidos que promuevan su visibilización por los segmentos minoritarios, los cuales también son conocidos en plataformas como TikTok, en donde contenidos científicos son representados mayoritariamente por hombres (Micaletto-Belda et al., 2024).

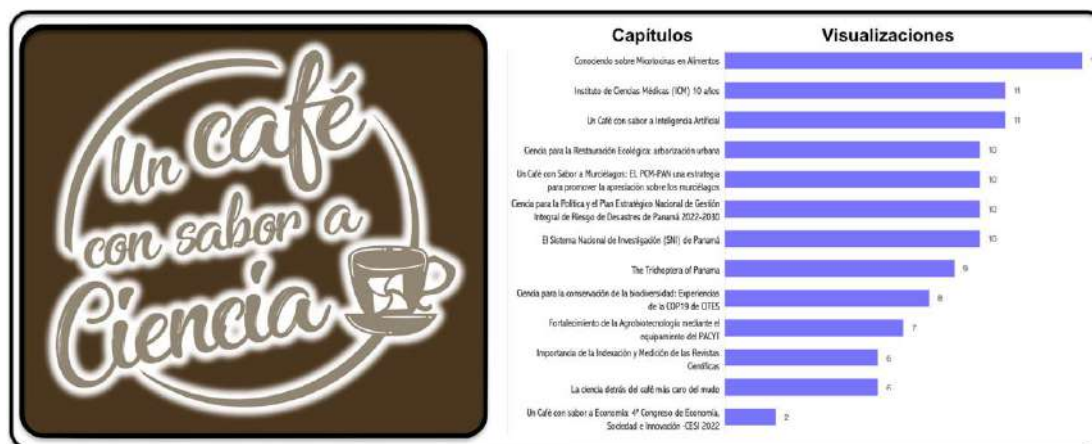
La plataforma Spotify permitió un alcance geográfico más amplio en comparación con la plataforma de YouTube, en donde todas las visualizaciones fueron realizadas solamente desde Panamá (**figura 2 B**). La representación de los países que visitaron los contenidos y que conocieron el segmento Un café con sabor a ciencia fueron países de habla hispana, aunque también se logró captar audiencia en los Estados Unidos, que, aunque es ampliamente conocido que cuenta con una gran comunidad latina, es oficialmente un país cuya lengua oficial es el inglés.

Con esto, la divulgación de las investigaciones desarrolladas por científicos desde el PACYT fue exitosamente internacionalizada.

Un café con sabor a ciencia (figura 4) representó no solo una oportunidad para divulgar actividades de ciencia vinculadas al PACYT-UNACHI, sino que es la primera vez que la UNACHI cuenta con contenidos sobre investigaciones explicados por investigadores, en formato de podcast, en la plataforma Spotify. Esto constituye un hito importante en la divulgación científica local, y se espera que sienta las bases para otras iniciativas de divulgación de ciencia en esta y otras plataformas emergentes.

Figura 4

Izquierda: identificador del segmento Un Café con Sabor a Ciencia. Derecha: reporte de las visualizaciones de los capítulos que ofrece la plataforma Spotify.



Los datos muestran que los contenidos de YouTube no fueron visibilizados fuera de Panamá, en comparación con Spotify y X; evidenciando la necesidad explorar estrategias de divulgación que permitan posicionar los contenidos de YouTube en el ámbito internacional. Algunas opciones podrían ser, producir videos más cortos, e incursionar en productos en inglés. Los usuarios están viendo en promedio 1.52 minutos de los videos de YouTube, es decir una fracción de la extensión de estos videos. Sobre las visualizaciones de videos en YouTube, autores reportan promedios de 10.4 minutos, y sugieren acortar la longitud de los videos para incrementar la eficiencia de visualización (Basignana & Asuaga, 2020).

La plataforma X, se presenta como una herramienta de gran impacto en cuanto a la visibilización de actividades de investigación, coincidiendo con múltiples autores (Fang et al., 2020), quienes sugieren que la delimitación de un círculo de consumidores de contenidos puede propiciar el potencial de divulgación en esta plataforma.

Se recomienda cosechar las métricas de manera constante, considerando ventanas de tiempo para comparar cambios y disponibilidad de datos. La plataforma ha cambiado sus políticas internas, afectando la accesibilidad gratuita a los datos analíticos, que ahora solo se pueden obtener pagando una membresía. Las políticas que limitan el acceso abierto a los datos analíticos de la plataforma X pueden tener un efecto negativo a largo plazo, especialmente en los usuarios con fondos limitados, que no pueden pagar una membresía para acceder a los datos.

La audiencia registrada, representada por países latinoamericanos, coincidió en cuanto al dispositivo utilizado para el acceso a los contenidos de YouTube y Spotify, en ambos casos imperó el uso de dispositivos celulares; de igual manera coincidieron con las plataformas de estos dispositivos, en donde prevaleció el sistema Android seguido de IOS. Este patrón de uso de plataformas, coincide con lo reportado en comunidades académicas en Estados Unidos (Bowen & Pistilli, 2012) y la India (Chithra & Yasmeen, 2018).

Las plataformas de YouTube y Spotify resultaron ideales para guardar contenidos a largo plazo, los cuales pueden ser encontrados o referidos de forma recurrente. Aunque las diferencias entre estas plataformas son múltiples, estas son recomendadas para ser utilizadas como “repositorios” de contenidos extendidos, los cuales de otra manera serían difícilmente hospedados en otras plataformas. Futuras iniciativas de divulgación locales deben incluir contenidos para Spotify, ya que su alcance geográfico es más amplio y probablemente muy diverso, lo cual promueve el reconocimiento académico internacional. De igual manera, se sugiere generar contenidos que suplan a los consumidores locales que se identifican con YouTube.

La naturaleza de las plataformas que fueron utilizadas y su condición de ser gratuitas representan una ventaja para su uso; sin embargo, es necesario contar tanto con las competencias tecnológicas para generar los contenidos, como también para su visualización o consumo. Además, es imperante conocer el impacto en la reputación académica que, a través de las altmetrics, generan los investigadores, las revistas, los repositorios o las iniciativas institucionales, con el despliegue de estrategias de visibilización, apoyados en las distintas plataformas y tecnologías emergentes.

Las métricas generadas en cada plataforma, proveen información que, en una escala local, permite aproximarse y conocer a la audiencia específica que consume los contenidos generados. Estas evaluaciones, promuevan el entendimiento de las audiencias, y deben ser contempladas en las iniciativas de divulgación, para transformar y mejorar estos vacíos de información sobre el impacto de la divulgación científica, en los cuales el número de investigaciones, como es planteado en otras publicaciones (Chan-Olmsted & Wang, 2020), la información es limitada.

CONCLUSIÓN

En este manuscrito se documenta el proceso y la factibilidad de establecer redes sociales con contenidos científicos, que potencian el reforzamiento de una identidad dentro de la academia. También, la oportunidad de uso de métricas generadas por diferentes plataformas, sus amplitudes y limitaciones, herramientas de incalculable utilidad en el proceso de evaluación de las estrategias de divulgación científica.

La implementación de las redes sociales presentadas, la generación de contenidos científicos vinculantes al PACYT y el uso consistente de logos y tipografías constituyen la primera estrategia de gestión. Esta estrategia es para la visibilización y divulgación masiva de las actividades de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i), asociadas al Parque Científico y Tecnológico de la Universidad Autónoma de Chiriquí.

La divulgación realizada a través de las plataformas presentadas fue efectiva, produciendo visibilidad nacional e internacional, así como también generando interés en la audiencia, lo cual fue evidente a través de diversas métricas propias de cada plataforma.

Las particularidades inherentes de cada plataforma permiten el acercamiento a una audiencia mixta. Por lo cual, el uso diversificado de plataformas es propuesto como una alternativa que promueve positivamente la visibilización de los científicos y sus productos ante la comunidad general y las agencias financiadoras de fondos para I+D+i.

Es importante hacer un seguimiento de estas plataformas para buscar nuevas formas de divulgar y comunicar la ciencia. Esto puede ayudar a mejorar el contenido y llegar a más personas, apoyando así su sostenibilidad.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los revisores de este manuscrito por sus aportes clave para mejorarlo. En particular, agradecemos los comentarios de V. Cavit, que permitieron aclarar algunos elementos en el abordaje del manuscrito. También agradecemos el apoyo de la Vicerrectoría de Investigación y Posgrado, la Radio Universitaria y la Dirección de Relaciones Públicas de la Universidad Autónoma de Chiriquí.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar, L., Waldfogel, J., & Waldfogel, S. (2018). Playlisting Favorites: Is Spotify Gender-Biased? *JRC Technical Reports, 2018–07*, 37p.
- Aguilar Vera, M. A., & Gómez Flores, R. A. (2019). *Diferencias de género en los hábitos de consumo y uso de teléfonos celulares en los estudiantes universitarios del Distrito Metropolitano de Quito*. Escuela Politécnica Nacional.
- Al Balushi, W., Al-Busaidi, F. S., Malik, A., & Al-Salti, Z. (2022). Social Media Use in Higher Education During the COVID-19 Pandemic: A Systematic Literature Review. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 17(24), 4–24. <https://doi.org/10.3991/ijet.v17i24.32399>
- Artigas, W., & Casanova, I. (2020). Influencia de las redes sociales académicas en la construcción de la identidad digital latinoamericana. *Anales de Documentación*, 23(2), 19–31. <https://doi.org/10.6018/analesdoc.397551>
- Ballesteros Herencia, C. A. (2018). El índice de engagement en redes sociales, una medición emergente en la Comunicación académica y organizacional. *Razón y Palabra*, 22(3), 96–124.

- Basignana, J. R., & Asuaga, C. (2020). The audiovisual resource as a pedagogical tools in times of Covid: an empirical analysis of its efficiency at the Republic University, Uruguay. *Revista Del Instituto Internacional de Costos*, 17, 23p.
- Bik, H. M., & Goldstein, M. C. (2013). An Introduction to Social Media for Scientists. *PLoS Biology*, 11(4), 1–8. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001535>
- Bowen, K., & Pistilli, M. D. (2012). Student Preferences for Mobile App Usage. *EDUCAUSE Research Bulletin*, 1–13.
- Camacho Toro, R., Cumba Garcia, L. M., Galvis, L. A., Echeverría-King, L. F., Pantović, B., Alarcón-López, C., Suarez, V. R., Figueroa, P., Torres-Atencio, I., Widmaier, C., Fraga, T. R., & Benavides, S. (2024). The needed link between open science and science diplomacy—A Latin American perspective. *Frontiers in Research Metrics and Analytics*, 9. <https://doi.org/10.3389/frma.2024.1355393>
- Chan-Olmsted, S., & Wang, R. (2020). Understanding podcast users: Consumption motives and behaviors. *New Media & Society*, 1–21. <https://doi.org/10.1177/1461444820963776>
- Chithra, T. V., & Yasmeen, A. (2018). User preference on Mobile applications among college students. *International Journal of Current Research and Modern Education*, 3(1), 23–26.
- Corchuelo Rodríguez, C. A. (2018). Visibilidad científica y académica en la web 2.0: Análisis de grupos de investigación de la Universidad de La Sabana. *Información, Cultura y Sociedad*, junio, 77–88. <https://doi.org/10.15332/dt.inv.2018.00023>
- Córdoba Mendoza, P. A., & Pittí Montenegro, Y. S. (2024). Generación digital en Panamá: Activismo, identidad y sentido de pertenencia. *Revista Contacto*, 3(3), 35–54. <https://doi.org/10.48204/contacto.v3n3.4815>
- De Volder, C. (2016). Métricas alternativas: ¿una nueva forma de medir el impacto científico? *Épocas. Revista de Ciencias Sociales y Crítica Cultural*, 1–12.
- Epps-Darling, A., Cramer, H., & Bouyer, R. T. (2020). Artist gender representation in music streaming. *ISMIR*, 248–254.
- Espada, A. E. (2018). Nuevos modelos radiofónicos: las redes de podcast en Argentina: producción, distribución y comercialización de la radio on demand. *Question*, 1(59), e081. <https://doi.org/10.24215/16696581e081>
- Fang, Z., Dudek, J., & Costas, R. (2020). The stability of Twitter metrics: A study on unavailable Twitter mentions of scientific publications. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 71(12), 1455–1469. <https://doi.org/10.1002/asi.24344>
- Fox, M. P., Carr, K., D'Agostino McGowan, L., Murray, E. J., Hidalgo, B., & Banack, H. R. (2021). Will Podcasting and Social Media Replace Journals and Traditional Science Communication? No, but... *American Journal of Epidemiology*, 190(8), 1625–1631. <https://doi.org/10.1093/aje/kwab172>
- Franco, H. (2024). Parques Científicos y Tecnológicos en Instituciones de Educación Superior: estructura, funciones, modelos y reflexiones para la Región Occidental de Panamá. *Revista*

Científica Investigación, Innovación y Desarrollo, February, 4–15.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21295.10402>

Franco, H., Pino, J. L., & Carrasco Ortega, V. (2023). Programa de extensión: Un café con sabor a Ciencia (2022). *Instituto Interdisciplinario de Investigación e Innovación (i-4); Universidad Autónoma de Chiriquí, Panamá, Septiembre*, 18p.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29849.80484>

Guzmán, A. P., & Del Moral, M. E. (2014). Trends in use of YouTube: optimizing the strategic communication of Ibero-American universities. *Observatorio*, 8(1), 69–94.
<https://doi.org/10.15847/obsobs812014745>

Hunter, P. (2020). The growth of social media in science. *EMBO Reports*, 21(5), 1–3.
<https://doi.org/10.15252/embr.202050550>

López Ortega, A. I., Almela Baeza, J., & Munafó Horta, J. J. (2024a). Nuevas aplicaciones de divulgación científica para universitarios: Tinder. *Revista de Ciencias de La Comunicación e Información*, 29, 1–24. <https://doi.org/10.35742/rcci.2024.29.e296>

López Ortega, A. I., Almela Baeza, J., & Munafó Horta, J. J. (2024b). Nuevas aplicaciones de divulgación científica para universitarios: Tinder. *Revista de Ciencias de La Comunicación e Información*, 29, 1–24. <https://doi.org/10.35742/rcci.2024.29.e296>

López-Villafranca, P. (2024). The video podcast on Spotify Spain. A format for generation Z creating a trend in the digital audio industry. *Revista Mediterránea de Comunicación*, 15(1), 235–249. <https://doi.org/10.14198/MEDCOM.25498>

Martin-Neira, J. I., Trillo-Domínguez, M., & Olvera-Lobo, M. D. (2022). La divulgación científica en Instagram: usos y estrategias desde la praxis chilena. *Cuadernos.Info*, 53, 229–252.
<https://doi.org/10.7764/cdi.53.42515>

Micaletto-Belda, J. P., Morejón-Llamas, N., & Martín-Ramallal, P. (2024). The Role of TikTok as an Educational Platform: Analysis of User Perceptions on Scientific Content. *Revista Mediterránea de Comunicación*, 15(1), 97–142. <https://doi.org/10.14198/MEDCOM.25419>

Muñoz-Gallego, A., Giri, L., Nahabedian, J. J., & Rodríguez, M. (2024). Audiovisual Narratives on Tik Tok: New Challenges for Public Communication of Science and Technology. *Revista Mediterránea de Comunicación*, 15(1), 145–161. <https://doi.org/10.14198/MEDCOM.25481>

Parejo-Cuellar, M., Flores-Jaramillo, S., & Carcaboso-García, E. (2023). Tendencias en producción científica sobre comunicación de la ciencia durante el período 2017-2021. *Revista Española de Documentación Científica*, 46(4), 1–21.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3989/redc.2023.4.2003>

Pedreschi Caballero, R. J., & Nieto Lara, O. M. (2022). Las redes sociales como estrategia de marketing en las pequeñas y medianas empresas del Distrito de Aguadulce, Provincia de Coclé, Panamá. *Visión Antataura*, 5(2), 115–131.

Pino, J. L. (2022). Carta del Editor. *Revista InGenio*, 1, 4.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20710.23362>

- Pino, J. L. (2025). Fortalecimiento de las capacidades en genética y biología molecular: las primeras experiencias del i-4 en el PACYT. *Revista Iberoamericana de Innovación Científica JA TUAIDA*, 2(1), 122–130. <https://doi.org/10.59722/riic.v2i1.834>
- Pino, J. L., Franco, H., & Carrasco Ortega, V. (2023). Programa de extensión: Hablemos de Investigación (2022). *Instituto Interdisciplinario de Investigación e Innovación (i-4); Universidad Autónoma de Chiriquí , Panamá, Septiembre, 17p.* <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18105.75360>
- Ramírez Ochoa, M. I. (2016). Posibilidades del uso educativo de YouTube. *Ra Ximhai*, 12(6), 534–545.
- Regueira, U., Alonso-Ferreiro, A., & Da-Vila, S. (2020). La mujer en YouTube: Representación y participación a través de la técnica Web Scrapping. *Revista Científica de Educomunicación*, 28(63), 31–40.
- Rocha, M., Massarani, L., & Pedersoli, C. (2017). La divulgación de la ciencia en América Latina: términos, definiciones y campo académico. In *Aproximaciones a la investigación en divulgación de la ciencia en América Latina a partir de sus artículos académicos* (pp. 39–58).
- Roig-Vila, R., Mondéjar, L., & Lorenzo-Lledó, G. (2016). Redes sociales científicas. La Web social al servicio de la investigación. *International Journal of Educational Research and Innovation (IJERI)*, 5, 171–183.
- Romero Borre, J., Cuba Romero, G., Ramírez, J., & Vásquez, L. (2024). Purchasing decision and sustainable development: influential aspects on Generation Y and Generation Z. *Revista Venezolana de Gerencia*, 29(107), 1093–1109. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.29.107.7>
- Russell, A. (2001). Ideological and Policy Origins of the Internet, 1957-1969. *ArXiv Preprint Cs/0109056*, 1957–1969.
- Saud, M., Mashud, M., & Ida, R. (2020). Usage of social media during the pandemic: Seeking support and awareness about COVID-19 through social media platforms. *Journal of Public Affairs*, 20(4). <https://doi.org/10.1002/pa.2417>
- Sengupta, S., & Vaish, A. (2023). A study on social media and higher education during the COVID-19 pandemic. *Universal Access in the Information Society*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s10209-023-00988-x>
- Sidorenko-Bautista, P., Cabezuelo-Lorenzo, F., & Herranz-De-La-Casa, J.-M. (2021). Instagram Como herramienta digital para la comunicación y divulgación científica: el caso mexicano de @pictoline. *Chasqui. Revista Latinoamericana de Comunicación*, 141–160
- Smulders Chaparro, M. E. (2024). Millennials y Generación Z y la Utilización de las Redes Sociales. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 263–274. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11211
- Tejedor Tejedor, F. J., & García-Valcárcel Muñoz-Repiso, A. (2012). Aportaciones de las nuevas tecnologías a la investigación educativa. *Revista Española de Pedagogía*, 251, 5–26.

Producción virtual e infraestructura crítica: reconfiguración, acceso y sostenibilidad audiovisual

Virtual production as critical infrastructure: reconfiguration, access, and audiovisual sustainability

Roberto Antonio Pinto Rodríguez

Universidad de Panamá. Facultad de Comunicación Social. Panamá

roberto.pinto-r@up.ac.pa; <https://orcid.org/0009-0007-0676-3243>

Arturo Coley Graham

Universidad de Panamá. Facultad de Comunicación Social. Panamá

arturo.coley@up.ac.pa; <https://orcid.org/0009-0007-5293-7734>

Bladimir Enrique Cedeño-Vega

Universidad de Panamá. Facultad de Comunicación Social. Panamá

bladimir.cedeño@up.ac.pa; <https://orcid.org/0000-0002-4927-0197>

Artículo recibido: 25 de marzo de 2026

Artículo aceptado: 11 de agosto de 2026

DOI <https://doi.org/10.48204/j.colegiada.v8n1.a11458>

RESUMEN

Este artículo examina la producción virtual como infraestructura crítica del audiovisual contemporáneo, superando su concepción restringida como innovación técnica o conjunto de herramientas destinadas a optimizar procesos de rodaje. El objetivo del estudio es analizar, a partir de una revisión bibliográfica integradora, cómo la literatura especializada conceptualiza la producción virtual en relación con tres dimensiones estratégicas: la reconfiguración del *pipeline* audiovisual, las desigualdades estructurales de acceso y las condiciones de sostenibilidad y gobernanza del ecosistema productivo. Metodológicamente, se desarrolló una revisión temática de enfoque cualitativo. De un universo inicial de 68 registros, se aplicaron criterios de pertinencia temática, densidad conceptual y contribución interpretativa, lo que permitió consolidar un corpus final de 29 textos únicos publicados entre 2016 y 2026, incluyendo artículos académicos, informes sectoriales, tesis doctorales y documentos técnicos. El análisis se organizó en cuatro ejes articulados: (1) la producción virtual entendida como sistema sociotécnico e infraestructura crítica; (2) la transición del modelo lineal de producción hacia esquemas de convergencia iterativa e integración temprana entre preproducción, producción y posproducción; (3) el acceso desigual, las transformaciones del trabajo y la formación profesional bajo la noción de “democratización condicionada”; y (4) la sostenibilidad ecosistémica vinculada con gobernanza tecnológica, medición de impacto, memoria técnica y desarrollo de capacidades locales. Los resultados evidencian que la producción virtual no solo transforma la representación visual o el espacio físico del set, sino que reordena las bases materiales, informacionales e institucionales del trabajo audiovisual. Asimismo, su expansión no implica una democratización automática, pues depende de infraestructuras previas, capital humano especializado y marcos colaborativos estables. El estudio ofrece una lectura crítica e integradora de la producción virtual como fenómeno estructural del audiovisual del siglo XXI, especialmente pertinente para América Latina y Centroamérica.

PALABRAS CLAVE: Grabación audiovisual, Nuevas tecnologías, disparidad tecnológica, competencia profesional, almacenamiento de material audiovisual.



ABSTRACT

This article examines virtual production as a critical infrastructure of contemporary audiovisual practice, moving beyond its restricted understanding as a technical innovation or a set of tools designed to optimize shooting processes. The objective of the study is to analyze, through an integrative literature review, how specialized scholarship conceptualizes virtual production in relation to three strategic dimensions: the reconfiguration of the audiovisual pipeline, structural inequalities of access, and the conditions of sustainability and governance within the production ecosystem. Methodologically, a qualitative thematic review was conducted. From an initial pool of 68 records, selection criteria based on thematic relevance, conceptual density, and interpretative contribution were applied, resulting in a final corpus of 29 unique texts published between 2016 and 2026, including peer-reviewed articles, industry reports, doctoral theses, and technical documents. The analysis was structured around four interconnected axes: (1) virtual production as a sociotechnical system and critical infrastructure; (2) the transition from a linear production model toward iterative convergence and early integration across pre-production, production, and post-production; (3) unequal access, labor transformations, and professional training under the notion of “conditional democratization”; and (4) ecosystemic sustainability linked to technological governance, impact assessment, technical memory, and local capacity building. The findings indicate that virtual production not only transforms visual representation or the physical set but also reorganizes the material, informational, and institutional foundations of audiovisual labor. Furthermore, its expansion does not guarantee automatic democratization, as it depends on pre-existing infrastructures, specialized human capital, and stable collaborative frameworks. The study offers a critical and integrative reading of virtual production as a structural phenomenon shaping twenty-first-century audiovisual practice, particularly relevant to Latin America and Central America.

KEYWORDS: Audiovisual recording, new technologies, technological disparity, professional competition, storage of audiovisual material.

INTRODUCCIÓN

En el contexto de las transformaciones del audiovisual contemporáneo, la producción virtual se ha consolidado como una de las innovaciones más significativas del siglo XXI. Su expansión en el cine, la televisión, la animación, la producción inmersiva y otros formatos de pantalla ha sido impulsada por la convergencia entre motores de renderizado en tiempo real, entornos digitales, sistemas de *tracking*, herramientas avanzadas de previsualización, captura *in camera* y nuevas modalidades de articulación entre producción y postproducción. No obstante, reducir este fenómeno a una mejora técnica o a una tendencia de alto impacto visual resulta analíticamente insuficiente. La literatura reciente indica que la producción virtual no solo introduce nuevos recursos de representación, sino que reconfigura las condiciones materiales, organizativas y relacionales desde las cuales se produce el audiovisual contemporáneo (Swords & Willment, 2024a; Willment et al., 2023).

Este artículo parte de esa premisa y propone examinar la producción virtual no únicamente como una tecnología, sino como una infraestructura crítica del ecosistema audiovisual actual. Esta perspectiva desplaza la atención del dispositivo aislado hacia el entramado de flujos, activos digitales, estándares, plataformas, espacios de producción, perfiles profesionales y marcos de coordinación que posibilitan su funcionamiento. Desde este enfoque, la producción virtual no transforma exclusivamente la imagen final, sino también el *pipeline* (flujo de trabajo), la distribución del poder de decisión, las dinámicas de acceso y las condiciones de sostenibilidad del sector audiovisual (Motion Picture Laboratories, 2021; Spain Film Commission, 2024).

El problema central que orienta este estudio radica en que una parte significativa del debate sobre producción virtual ha privilegiado el análisis de sus ventajas operativas, creativas e industriales. Sin embargo, persiste la necesidad de integrarla en una lectura más amplia que articule sus implicaciones infraestructurales, las desigualdades que condicionan su adopción y las tensiones que plantea en términos de sostenibilidad y gobernanza. Esta reflexión resulta

particularmente pertinente para los estudios de producción audiovisual en 2026, y adquiere especial relevancia en contextos como América Latina y Centroamérica, donde la incorporación tecnológica no puede disociarse de asimetrías históricas en infraestructura, formación especializada, financiamiento y políticas culturales.

A partir de una revisión bibliográfica integradora de 29 textos —entre estudios académicos, informes sectoriales y documentos técnicos—, el objetivo del artículo es analizar la producción virtual desde una perspectiva crítica que permita comprenderla como una transformación infraestructural del audiovisual contemporáneo. La tesis que sustenta este trabajo plantea que la producción virtual no constituye únicamente una innovación técnica dentro del flujo audiovisual, sino una reconfiguración estructural que reorganiza el *pipeline*, redistribuye de manera desigual capacidades y oportunidades, y cuya consolidación depende de condiciones ecosistémicas vinculadas con la gobernanza, la formación, la interoperabilidad y la sostenibilidad.

El desarrollo se organiza en cuatro ejes analíticos. El primero examina la producción virtual como infraestructura crítica y sistema sociotécnico. El segundo analiza la reconfiguración del *pipeline* audiovisual, desde esquemas lineales hacia dinámicas de convergencia iterativa. El tercero aborda las dimensiones de acceso desigual, trabajo y formación, problematizando la noción de democratización tecnológica. El cuarto estudia la sostenibilidad, la gobernanza y las proyecciones del ecosistema. En conjunto, estos ejes buscan ofrecer una lectura que no solo describa una innovación contemporánea, sino que contribuya a repensar críticamente las condiciones estructurales desde las cuales se reorganiza hoy la producción audiovisual.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se desarrolló mediante una revisión bibliográfica temática de carácter integrador, orientada a examinar críticamente la producción virtual como infraestructura del audiovisual contemporáneo. El propósito no consistió en describir avances tecnológicos de forma aislada, sino en analizar cómo la literatura reciente conceptualiza la producción virtual en relación con la reconfiguración del *pipeline*, las desigualdades de acceso y las condiciones ecosistémicas de sostenibilidad y gobernanza.

La construcción del corpus se realizó en dos fases. En la primera, se conformó un universo preliminar de 68 registros identificados mediante búsquedas documentales en Google Scholar, repositorios académicos e institucionales, sitios oficiales de organismos y redes del sector audiovisual, así como a partir del rastreo de referencias en textos clave. La estrategia de búsqueda incluyó materiales vinculados con producción virtual, renderizado en tiempo real, cinematografía virtual, volúmenes LED, flujo de trabajo audiovisual, efectos visuales integrados en cámara, además de literatura sobre formación, accesibilidad, inclusión, sostenibilidad e infraestructura sectorial.

En la segunda fase, se efectuó una depuración analítica basada en criterios de pertinencia temática, relación directa con los objetivos del estudio, aporte conceptual y capacidad explicativa dentro de una lectura crítica del fenómeno. Se excluyeron documentos duplicados, textos tangenciales, materiales predominantemente instrumentales sin suficiente densidad interpretativa y fuentes que reiteraban hallazgos ya representados de manera más consistente en otros trabajos. El corpus final quedó conformado por 29 textos únicos publicados entre 2016 y 2026.

Los criterios de inclusión consideraron textos centrados explícitamente en la producción virtual o en componentes estructurales directamente asociados a ella, particularmente aquellos vinculados con *pipeline*, interoperabilidad, activos digitales, trabajo, formación, accesibilidad, sostenibilidad, gobernanza y ecosistema sectorial. El análisis se desarrolló desde un enfoque cualitativo de carácter temático, orientado a identificar convergencias, tensiones y vacíos dentro del corpus. A partir de la lectura analítica de los textos seleccionados, se estructuraron cuatro núcleos temáticos: producción virtual como infraestructura crítica y sistema sociotécnico;

reconfiguración del *pipeline* audiovisual; acceso desigual, trabajo y formación; y sostenibilidad, gobernanza y futuro del ecosistema.

Dado el carácter emergente del campo, se integraron tanto fuentes académicas como informes sectoriales y documentos técnicos, considerando que una parte sustantiva de los marcos operativos y debates sobre producción virtual circula en espacios híbridos que articulan industria, investigación aplicada, formación profesional y reflexión académica.

RESULTADOS

Producción virtual como infraestructura crítica: del dispositivo técnico al sistema sociotécnico

La producción virtual ya no puede comprenderse únicamente como un conjunto de herramientas orientadas a optimizar la visualización o acelerar el rodaje. En el audiovisual contemporáneo, se materializa en pantallas LED, motores de renderizado en tiempo real, sistemas de seguimiento de cámara, bibliotecas de activos digitales (*assets*), entornos de previsualización y nuevas modalidades de coordinación entre arte, dirección de fotografía, efectos visuales y producción.

No obstante, la literatura reciente indica que su relevancia excede estos recursos visibles. Su alcance es estructural: reorganiza las condiciones técnicas, organizativas y relacionales que sustentan la producción audiovisual. En este sentido, puede conceptualizarse como una infraestructura crítica, entendida como una red de tecnologías, flujos de datos, activos digitales, estándares, espacios de trabajo y mecanismos de coordinación que transforma la lógica operativa del ecosistema audiovisual (Swords & Willment, 2024a; Willment et al., 2023).

Este desplazamiento conceptual permite superar una visión reduccionista centrada exclusivamente en pantallas LED, motores en tiempo real o sistemas de tracking. Tales componentes no operan de manera aislada. Una pantalla LED, por ejemplo, depende de activos previamente diseñados, sincronización con cámara, gestión de color, renderizado en tiempo real y articulación interdepartamental. En esa línea, Swords y Willment (2024a) sostienen que la producción virtual constituye un ecosistema de tecnologías y flujos de trabajo orientado a la captura en cámara de contenidos digitales en tiempo real, mientras que Willment et al. (2023) demuestran que su evolución implica transformaciones en formación, mercado, sostenibilidad, estructuras empresariales y dinámicas colaborativas.

Desde esta perspectiva, la producción virtual funciona como infraestructura porque articula dependencias técnicas, organizativas y de datos. No se trata únicamente de producir imágenes con mayor control, sino de coordinar motores gráficos, circulación de activos digitales, plataformas de gestión, sincronización multiusuario, almacenamiento, procesamiento e interoperabilidad entre distintos entornos de trabajo. Por ello, su implementación no consiste en añadir un dispositivo a un pipeline preexistente, sino en reordenarlo a partir de nuevas exigencias de planificación, estandarización y gobernanza técnica (Willment et al., 2023; Spain Film Commission, 2024).

Esta lectura se refuerza al considerar el papel central de los activos digitales y de los flujos de información. En la producción virtual, los activos no constituyen meros recursos visuales: circulan entre previsualización, diseño, exploración de escenarios, rodaje y ajustes posteriores, funcionando como nodos de enlace entre equipos antes relativamente separados. La infraestructura, por tanto, debe entenderse también como arquitectura informacional.

En esta línea, Motion Picture Laboratories (2021) propone un lenguaje común para la creación mediática basado en categorías como activos, tareas, participantes, contextos e infraestructura. Aunque esta guía técnica no aborda de forma directa la producción virtual, resulta pertinente porque demuestra que toda obra audiovisual depende de una estructura relacional y operativa sin la cual la coordinación sería inviable.

La interoperabilidad confirma este carácter infraestructural. Cuanto mayor es la dependencia de activos reutilizables, colaboración simultánea y actualización multiplataforma,

más necesaria resulta la existencia de estándares y modelos consistentes de intercambio. El Libro blanco de la producción audiovisual virtual en España vincula la consolidación del campo con la digitalización de activos, formatos normalizados, supervisión especializada y plataformas de gestión de activos 3D (Spain Film Commission, 2024).

A ello se suma la creciente institucionalización del sector. La producción virtual ocupa un lugar cada vez más visible en agendas de investigación, informes sectoriales y estrategias formativas. Hitchen et al. (2023), al mapear el ecosistema británico, muestran que su desarrollo depende de redes entre estudios, universidades, empresas tecnológicas y configuraciones territoriales desiguales. Este enfoque desplaza el análisis desde la tecnología aislada hacia las condiciones económicas, institucionales y geográficas que posibilitan su consolidación.

En consecuencia, concebir la producción virtual como infraestructura crítica implica reconocer que su impacto no se limita a la introducción de nuevas imágenes, sino que reconfigura flujos, activos, dependencias interdepartamentales y marcos de coordinación. No sustituye únicamente técnicas previas; redefine las condiciones bajo las cuales el audiovisual produce, conecta y gobierna sus procesos. Puede entenderse, así, como una nueva capa infraestructural del audiovisual contemporáneo, donde la imagen final depende cada vez menos de fases aisladas y más de sistemas sociotécnicos capaces de integrar herramientas, personas, datos y entornos de trabajo bajo una lógica de producción integrada (Motion Picture Laboratories, 2021; Spain Film Commission, 2024; Swords & Willment, 2024a; Willment et al., 2023).

Reconfiguración del pipeline audiovisual: de la linealidad a la convergencia iterativa

Uno de los consensos más sólidos del corpus revisado es que la principal transformación introducida por la producción virtual no es meramente visual, sino procesual. Su efecto más profundo consiste en alterar la organización del trabajo audiovisual. Más que una innovación técnica añadida al rodaje modifica la lógica del flujo de trabajo y redistribuye decisiones, temporalidades y relaciones interdepartamentales (Pires et al., 2022; Priadko & Sirenko, 2021).

La literatura coincide en que este cambio desestabiliza la secuencia tradicional de preproducción, producción y postproducción como fases relativamente autónomas. En su lugar, emerge una dinámica iterativa, paralela e interdependiente. Pires et al. (2022) sostienen que la producción virtual integra visualización, captura, composición y toma de decisiones en un mismo entorno técnico, mientras que Priadko y Sirenko (2021) subrayan que este enfoque reduce la incertidumbre del rodaje al aproximar la imagen de trabajo al resultado final desde el set.

Esta reconfiguración se manifiesta con especial claridad en el desplazamiento del peso productivo hacia la preproducción. Tovell y Williams (2018) muestran que el diseño de un workflow específico para producción virtual exigió revisar las limitaciones del modelo tradicional de efectos visuales y construir un flujo más flexible e interoperable. En consonancia, Ballund (2024) afirma que la previsualización en entornos de producción virtual permite trasladar decisiones creativas y logísticas a fases tempranas y menos riesgosas. Procesos que antes se resolvían tardíamente comienzan a activarse desde el inicio mediante activos reutilizables, previsualizaciones de alta fidelidad y ciclos continuos de prueba y ajuste.

El cambio es también organizativo. Swords y Willment (2024b) sostienen que la producción virtual desplaza parte del trabajo desde la postproducción hacia la preproducción y favorece una interacción temprana entre el Virtual Art Department (VAD), efectos visuales, diseño, edición y rodaje. De forma convergente, Jia et al. (2025) proponen la noción de flujo de trabajo de convergencia no lineal, en el que artistas, técnicos y dirección intervienen simultáneamente mediante bucles de retroalimentación en tiempo real. El flujo de trabajo deja así de operar como una cadena secuencial de transferencias y se convierte en un espacio de convergencia continua.

Otro rasgo decisivo es la emergencia de entornos de colaboración sincrónica sobre escenas, cámaras, iluminación y activos digitales. El caso de VPET (Virtual Production Editing Tool), analizado por Spielmann et al. (2016), ilustra una infraestructura donde múltiples usuarios

editan una escena virtual en paralelo con sincronización inmediata y retorno automático de cambios al flujo productivo. De manera análoga, Audi (2025) demuestra que incluso en un cortometraje independiente con pantalla verde, la previsualización, el monitoreo de efectos integrados en cámara (ICVFX) y la composición en tiempo real configuran formas híbridas entre preproducción y rodaje.

No obstante, la literatura advierte que esta transformación no es homogénea. Livingstone (2025), en su estudio sobre Aardman Animations, muestra que en contextos materialmente densos como la animación stop-motion, la producción virtual no sustituye el proceso tradicional, sino que lo complementa como herramienta de apoyo temprano. De modo similar, Silva Jasau et al. (2024) documentan que, en el contexto español, la producción virtual modifica cronogramas y centraliza departamentos, aunque sin eliminar por completo las diferencias según escala y tipo de producción.

En síntesis, la producción virtual reconfigura el pipeline audiovisual al anticipar decisiones, erosionar fronteras entre fases, promover interacción simultánea y convertir los activos digitales en nodos activos de coordinación. La producción deja de organizarse como una secuencia rígida para operar como una ecología de iteraciones distribuidas. Este eje constituye uno de los núcleos analíticos centrales del artículo, pues evidencia con mayor claridad que la producción virtual representa una reorganización estructural del trabajo audiovisual (Ballund, 2024; Jia et al., 2025; Pires et al., 2022; Tovell & Williams, 2018).

Acceso desigual, trabajo y formación: la democratización condicionada de la producción virtual

Uno de los hallazgos más consistentes del corpus es que la producción virtual no puede interpretarse como una tecnología automáticamente democratizadora. Aunque amplía posibilidades creativas y abre nuevas vías de entrada al sector, el acceso permanece condicionado por barreras económicas, cognitivas, territoriales y laborales. Más que una democratización plena, emerge una apertura desigual en la que la disponibilidad tecnológica no garantiza participación efectiva ni distribución equitativa de oportunidades (Kurta & Pernice, 2024; Ozimek, 2020).

En la dimensión laboral, Kurta y Pernice (2024) muestran que las industrias inmersivas y de producción virtual reproducen brechas salariales y barreras vinculadas a responsabilidades de cuidado, edad, salud mental y neurodiversidad. Complementariamente, Ozimek (2020) señala que las industrias de pantalla mantienen desigualdades estructurales asociadas al empleo por proyectos, redes informales y culturas laborales excluyentes. La producción virtual, por tanto, se inserta en un ecosistema preexistente de jerarquías.

A ello se suma la cuestión del costo y la complejidad operativa. Méndez-Fernández et al. (2025) sostienen que la democratización depende en gran medida del diseño técnico de las plataformas: soluciones simplificadas y basadas en la nube mejoran la usabilidad, mientras que entornos profesionales robustos mantienen mayores barreras de entrada. Wang et al. (2023) confirman que la expansión en Reino Unido y China depende de infraestructuras, formación y apoyo institucional diferenciados.

La desigualdad presenta además una dimensión territorial. Akbil et al. (2023) demuestran que la diversidad en las industrias de pantalla está vinculada a la distribución concreta de infraestructuras, espacios asequibles y redes de apoyo. Informes sectoriales como ScreenSkills (2025) y Digital Catapult (2023) evidencian que la adopción de producción virtual se concentra en determinados nodos de innovación, lo que condiciona oportunidades de aprendizaje y experimentación.

En este marco, la formación constituye un componente estructural de la desigualdad infraestructural. Granström et al. (2026) muestran alta motivación por el upskilling, pero acceso desigual debido a precariedad y fragmentación temporal. Bennett et al. (2023) documentan que bootcamps, placements y experiencias on-set continúan siendo vías decisivas para el desarrollo

de talento, mientras que Digital Catapult (2023) enfatiza la necesidad de capacidades distribuidas a lo largo de todo el workflow.

Asimismo, Hoare et al. (2026) proponen un Inclusive Virtual Production Framework que demuestra que la accesibilidad requiere planificación centrada en el acceso, co-creación y ajustes continuos. La producción virtual no democratiza por sí misma; su potencial inclusivo depende del diseño institucional de sus condiciones de acceso, trabajo y aprendizaje.

En términos conceptuales, Jia et al. (2025) sintetizan esta problemática mediante la noción de habilitación diferenciada (*differentiated enablement*): el acceso depende no solo de la existencia de herramientas, sino de la capacidad real para integrarlas en culturas laborales, estructuras productivas y trayectorias formativas concretas. La producción virtual no elimina desigualdades; las reconfigura bajo nuevas modalidades de competencia y exclusión profesional.

Sostenibilidad, gobernanza y futuro del ecosistema

El análisis del corpus muestra que el futuro de la producción virtual no puede reducirse al progreso tecnológico o a la innovación estética. La cuestión central es en qué condiciones puede sostenerse el modelo en el tiempo. La sostenibilidad debe entenderse en sentido ampliado: ambiental, organizativo, institucional y formativo.

En el plano ambiental, Keeney (2023) sostiene que la producción virtual puede contribuir a objetivos de cero emisiones netas al reducir desplazamientos, construcción de sets y transporte. Film Paris Region, Green Screen y Workflowers (2022) coinciden en que existen potenciales reducciones de impacto en determinadas fases del rodaje y la postproducción.

Sin embargo, estos beneficios no deben asumirse acríticamente. Keeney (2023) advierte sobre el consumo eléctrico de los volúmenes LED y la materialidad industrial del hardware. Film Paris Region, Green Screen y Workflowers (2022) incorporan además el problema del efecto rebote, donde ahorros parciales pueden compensarse con nuevos consumos energéticos y mayor complejidad tecnológica.

Willment et al. (2024) refuerzan esta cautela al señalar que muchas afirmaciones sobre sostenibilidad, inclusión y eficiencia continúan siendo aspiracionales más que empíricamente consolidadas. La sostenibilidad requiere métricas comparables, evidencia robusta y articulación entre investigación, industria y política pública.

Desde esta perspectiva, la gobernanza se convierte en condición de viabilidad. Spain Film Commission (2024) subraya la necesidad de marcos claros sobre estándares, competencias, digitalización de activos y organización del trabajo. Wang et al. (2023) muestran que la evolución en Reino Unido y China depende de clusters sectoriales, apoyo estatal y colaboración academia-industria.

La sostenibilidad ecosistémica implica asimismo preservación y gestión a largo plazo de activos digitales. Samaras (2021) evidencia la ausencia de políticas consistentes de archivo y metadatos en efectos visuales. Motion Picture Laboratories (2021) propone una ontología común que favorece interoperabilidad semántica y modelos compartidos de descripción.

Finalmente, Bennett et al. (2023) y Digital Catapult (2023) coinciden en que la sostenibilidad depende de la consolidación de trayectorias estructuradas de talento y capacidades distribuidas a lo largo de todo el flujo productivo.

En suma, la sostenibilidad de la producción virtual es ecosistémica antes que meramente técnica. Su futuro dependerá de la capacidad del sector para medir con rigor su impacto ambiental, estandarizar procesos, fortalecer políticas formativas, garantizar trazabilidad de activos y consolidar marcos de colaboración interinstitucional. La cuestión decisiva no es únicamente qué tecnologías emergerán, sino qué formas de gobernanza y coordinación colectiva harán posible que ese futuro sea viable, medible e inclusivo.

DISCUSIÓN

La revisión sistemática realizada permite sostener que la producción virtual no debe ser interpretada exclusivamente como un avance técnico orientado a optimizar rodajes, mejorar la visualización en tiempo real o reducir la incertidumbre durante la captura. El corpus analizado evidencia un fenómeno de mayor alcance estructural: la producción virtual está reconfigurando el audiovisual contemporáneo en su base infraestructural. En consecuencia, su impacto no se circunscribe al nivel de la imagen, el dispositivo o la espectacularidad tecnológica, sino que alcanza dimensiones organizativas, laborales, formativas y ecosistémicas que transforman el campo en su conjunto (Swords & Willment, 2024a; Willment et al., 2023).

Este desplazamiento analítico implica comprender la producción virtual como un sistema sociotécnico antes que como una herramienta aislada. Los estudios revisados coinciden en que su implementación altera la arquitectura del pipeline audiovisual, trasladando decisiones críticas hacia etapas tempranas del proceso, intensificando la previsualización y promoviendo dinámicas de trabajo iterativas e integradas. Las fronteras tradicionales entre preproducción, producción y postproducción se vuelven más porosas, mientras que la dependencia de activos digitales, flujos de datos y estándares de interoperabilidad se incrementa de manera sustantiva. De este modo, la lógica secuencial clásica cede paso a una lógica de convergencia anticipada, donde la coordinación interdisciplinaria se vuelve estructural y no contingente.

Para el campo de la producción audiovisual, este hallazgo posee implicaciones decisivas. La producción virtual no representa simplemente la incorporación de nuevas pantallas LED, motores gráficos o entornos inmersivos dentro del flujo tradicional; constituye una mutación del propio modelo productivo. Se trata de operar bajo una racionalidad distinta, basada en la anticipación, la simulación y la integración de departamentos que históricamente funcionaban de manera más compartimentada (Pires et al., 2022; Tovell & Williams, 2018; Jia et al., 2025). En este sentido, el cambio no es meramente instrumental, sino epistemológico y organizacional: transforma cómo se planifica, cómo se decide y cómo se gestiona la incertidumbre creativa y técnica.

No obstante, la literatura también advierte contra una lectura celebratoria o tecnodeterminista de esta transformación. La narrativa de democratización asociada a la producción virtual —en tanto promesa de reducción de costos, ampliación de posibilidades creativas y descentralización geográfica— aparece tensionada por desigualdades persistentes en el acceso a infraestructura especializada, formación técnica avanzada, redes profesionales y condiciones laborales dignas. La implementación de estos sistemas requiere inversiones significativas en hardware, software, conectividad y capacitación, lo que puede profundizar brechas preexistentes entre centros industriales consolidados y regiones con menor desarrollo tecnológico.

Esta observación adquiere especial relevancia desde una perspectiva situada en América Latina y Centroamérica. En estos contextos, la discusión sobre innovación audiovisual no puede disociarse de asimetrías históricas en financiamiento público y privado, concentración de equipamientos, acceso a conectividad de alta capacidad y disponibilidad de programas formativos especializados. Aunque una parte considerable del corpus proviene del Reino Unido y de otros entornos europeos con ecosistemas industriales más robustos, sus hallazgos permiten formular una inferencia crítica: en regiones periféricas o semiperiféricas, la producción virtual corre el riesgo de convertirse en una nueva frontera de exclusión si su adopción no se acompaña de políticas públicas de formación, estrategias institucionales de acceso compartido y modelos de apropiación tecnológica contextualizados (Kurta & Pernice, 2024; Méndez-Fernández et al., 2025; Akbil et al., 2023; Granström et al., 2026).

En este escenario, la cuestión no se reduce a quién dispone de la tecnología, sino a quién puede integrarla de manera sostenible en su cultura productiva. La apropiación no es únicamente técnica; implica la construcción de capacidades locales, la adaptación de flujos de trabajo a realidades presupuestarias específicas y el desarrollo de marcos regulatorios y colaborativos que eviten la dependencia estructural de proveedores externos.

Otro aporte sustantivo del corpus radica en la ampliación del concepto de sostenibilidad. Si bien la producción virtual puede contribuir a la reducción de desplazamientos, construcción de sets físicos y ciertos costos materiales, también introduce nuevas dependencias energéticas, informacionales e infraestructurales. La operación de volúmenes LED, servidores de alto rendimiento y sistemas de renderizado en tiempo real implica demandas energéticas considerables y una infraestructura técnica compleja. Por ello, la sostenibilidad no puede evaluarse exclusivamente en términos de huella de carbono o reducción de residuos físicos. Debe analizarse también en función de su capacidad para sostener ecosistemas de talento, preservar activos digitales, consolidar estándares de interoperabilidad y establecer marcos de gobernanza que eviten la concentración de poder en pocos nodos tecnológicos o corporativos (Keeney, 2023; Samaras, 2021; Motion Picture Laboratories, 2021; Spain Film Commission, 2024).

En 2026, cuando el audiovisual se define cada vez más por la solidez de sus infraestructuras sociotécnicas y su capacidad de adaptación a entornos híbridos de producción, la producción virtual emerge como una infraestructura crítica. Reorganiza simultáneamente el plano productivo —al transformar el pipeline y los modos de coordinación—, el plano del acceso —al redistribuir de manera desigual capacidades y oportunidades— y el plano de la sostenibilidad —al exigir nuevas formas de medición, gobernanza y formación especializada.

En consecuencia, la producción virtual se consolida como un objeto central para los estudios de producción audiovisual y comunicación en el siglo XXI. Analizarla implica ir más allá de la espectacularidad tecnológica para interrogar las condiciones materiales, institucionales y culturales que hacen posible —o limitan— la producción de imágenes en el presente. Solo desde esta perspectiva infraestructural es posible evaluar críticamente su potencial transformador y sus riesgos estructurales dentro del ecosistema audiovisual global.

CONCLUSIÓN

La revisión desarrollada permite sostener que la producción virtual no puede ser comprendida como una innovación instrumental destinada únicamente a optimizar la visualización, reducir tiempos de rodaje o ampliar la integración entre producción y postproducción. Si bien estos beneficios operativos son relevantes, su alcance es estructural: la producción virtual constituye una transformación infraestructural del audiovisual contemporáneo, en la medida en que redefine la arquitectura técnica, organizativa y epistemológica del sector. Entendida desde esta perspectiva, la producción virtual reorganiza simultáneamente tecnologías, flujos de datos, activos digitales, relaciones interdepartamentales, trayectorias formativas, condiciones de acceso y marcos de sostenibilidad sectorial. No se limita a incorporar dispositivos como motores gráficos en tiempo real o entornos LED, sino que introduce una nueva ecología de trabajo basada en la integración temprana, la simulación iterativa y la gestión estratégica de assets digitales. En este sentido, uno de los hallazgos centrales del artículo es que la producción virtual reconfigura el *pipeline* audiovisual al desplazar decisiones creativas y técnicas hacia etapas iniciales, diluir las fronteras entre preproducción, producción y postproducción, e intensificar la centralidad de la previsualización, la interoperabilidad y la reutilización de activos. De este modo, no se trata simplemente de una herramienta adicional dentro del flujo clásico, sino de una nueva lógica de coordinación del trabajo audiovisual, caracterizada por la convergencia iterativa, la retroalimentación en tiempo real y una creciente dependencia de sistemas sociotécnicos complejos. Esta reorganización altera las jerarquías tradicionales, redefine las competencias profesionales y exige perfiles híbridos capaces de operar en entornos donde programación, diseño, dirección artística y gestión de datos convergen en tiempo real. Sin embargo, el corpus revisado evidencia que esta transformación no opera sobre un terreno neutral. La promesa de democratización frecuentemente asociada a la producción virtual aparece mediada por desigualdades de infraestructura tecnológica, acceso a formación especializada, capital relacional, concentración de plataformas y condiciones laborales. La adopción de estos

sistemas demanda inversiones significativas en hardware, software, conectividad y capacitación, lo que tiende a favorecer ecosistemas consolidados y a reproducir asimetrías preexistentes entre centros y periferias audiovisuales.

En consecuencia, la expansión de la producción virtual no implica por sí misma una apertura homogénea del campo audiovisual. Más bien, produce nuevas modalidades de redistribución desigual de capacidades y oportunidades que, en ausencia de políticas públicas inclusivas, estrategias de formación sistemática y modelos de adopción contextualizados, pueden profundizar brechas estructurales. La innovación tecnológica, en este marco, no es intrínsecamente democratizadora; su impacto depende de las condiciones institucionales, regulatorias y educativas que acompañen su implementación.

Otro resultado fundamental de esta revisión es la necesidad de ampliar el concepto de sostenibilidad. En el contexto de la producción virtual, la sostenibilidad no puede reducirse a la dimensión ambiental —aunque la reducción de desplazamientos y la optimización de recursos energéticos constituyan aportes significativos—. Debe entenderse como una cuestión ecosistémica que involucra gobernanza tecnológica, estandarización e interoperabilidad, preservación y archivística de activos digitales, métricas de evaluación, formación continua de talento y capacidad institucional para sostener procesos de innovación en el tiempo.

Desde esta óptica, el futuro de la producción virtual dependerá menos de la mera disponibilidad de tecnologías avanzadas y más de la solidez de los marcos de coordinación, regulación y aprendizaje que estructuren su consolidación. En suma, este artículo propone que la producción virtual debe ser leída como una infraestructura crítica del audiovisual contemporáneo porque reorganiza tres planos inseparables: el del trabajo —al transformar el *pipeline* y las formas de coordinación—; el del acceso —al redistribuir capacidades y trayectorias de manera desigual—; y el de la sostenibilidad —al exigir nuevas formas de gobernanza, memoria técnica y articulación ecosistémica—.

Esta interpretación resulta particularmente pertinente para los estudios de producción audiovisual en el siglo XXI y abre una agenda crítica para contextos como América Latina y Centroamérica, donde la discusión sobre innovación tecnológica no puede desvincularse de las asimetrías históricas en infraestructura, formación y política cultural.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akbil, E., Butterworth, C., & Tay, R. (2023, November). *Screen rights: Exploring spatial and urban barriers to a diverse screen industry in South Yorkshire*. Live Works, School of Architecture, University of Sheffield, for Screen Industries Growth Network, University of York. <https://screen-network.org.uk/wp-content/uploads/2024/03/Screen-Rights-Report-201123.pdf>
- Audi, J. (2025). *Virtual production in indie short films: A practice-based exploration of green screen virtual production* [Bachelor's thesis, Tampere University of Applied Sciences]. Theseus. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2025060520810>
- Ballund, C. (2024). *Pre-visualisation using virtual production: Good practices*. Copenhagen Academy of Digital Arts. https://usercontent.one/wp/www.visiondenmark.dk/wp-content/uploads/2024/12/PrevisualisationUsingVirtualProduction_GoodPractices.pdf?media=1701863563
- Bennett, J., Ganz, A., Gregory-Clarke, B., Murphy, A., Richardson, P., Saunders, W., Smyth, S., & Wardle, J. (2023). *StoryFutures Academy: Final report 2018–2023*. StoryFutures Academy, National Centre for Immersive Storytelling. https://www.storyfutures.com/uploads/docs/StoryFutures_Academy_Final_Report_2023_Web-compressed_1.pdf

- Digital Catapult. (2023, December). *Advanced media production: Foresighting skills for the future*. Digital Catapult. <https://iuk-business-connect.org.uk/wp-content/uploads/2024/03/Advanced-Media-Production-Skills-Foresighting-Report.pdf>
- Film Paris Region, Green Screen, & Workflows. (2022). *Virtual production: A study on its environmental impact*. <https://www.filmparisregion.com/sites/filmparis/files/2022-11/Synthese%20Green%20screen%20ENGL.pdf>
- Granström, M., Liiske, M., Tramborg, T., & Lökk, T. (2026). Professional learning and skills development in the European film industry: Interest, capacity, learning modes, and future priorities. *Frontiers in Communication*, 10, 1737759. <https://doi.org/10.3389/fcomm.2025.1737759>
- Hitchen, G., Cusimano, A., & Lazar, T. (2023). *Virtual production ecosystem mapping*. Loughborough University London & BOP Consulting. https://repository.lboro.ac.uk/articles/report/Virtual_production_ecosystem_mapping/24936582/1/files/43891083.pdf
- Hoare, J., Thomas, R. M., Burke, P., Lisk-Lewis, S., & Mothersdale, G. (2026). Disability and innovation in virtual production: Towards an inclusive framework for accessible filmmaking. *Convergence: The International Journal of Research into New Media Technologies*. <https://doi.org/10.1177/13548565251410685>
- Jia, X., Berry, A., & Johnston, A. (2025). The evolutionary disruption: A paradigm shift in film and animation industry driven by real-time rendering and virtual production. *Convergence: The International Journal of Research into New Media Technologies*. <https://doi.org/10.1177/13548565251356932>
- Keeney, D. (2023). *Virtual production's role in carbon reduction and net zero production in the screen industries* (Future Observatory Cultural Policy Fellowship Report). Studio Ulster at Ulster University. https://futureobservatory.org/files/dcmsreports/futureobservatory_culturalpolicyreport_studioulster.pdf
- Kurta, L., & Pernice, G. (2024). *A silenced sector: Equality, diversity and inclusion challenges in the immersive & virtual production industries*. King's College London. <https://doi.org/10.18742/pub01-176>
- Livingstone, T. (2025). Virtual production at model scale: A case-study of virtual production R&D in Aardman Animations. *Convergence: The International Journal of Research into New Media Technologies*. <https://doi.org/10.1177/13548565251394186>
- Méndez-Fernández, R., Sosa-Fernández, R. d. P., Fernández-Ledo, F., & Castelló-Mayo, E. (2025). Democratization of virtual production: Usability analysis of three solutions with different levels of complexity: Professional, educational and cloud-based. *Informatics*, 12(4), 104. <https://doi.org/10.3390/informatics12040104>
- Motion Picture Laboratories. (2021). *Visual language for media creation* (Version 1.0). Motion Picture Laboratories. https://movielabs.com/prodtech/vlmc/ML_Visual_Language_Overview_v1.0.pdf
- Ozimek, A. M. (2020). *Equality, diversity and inclusion in the screen industries: Scoping report*. Screen Industries Growth Network, University of York. <https://screen-network.org.uk/wp-content/uploads/2021/02/Equality-Diversity-and-Inclusion-in-the-Screen-Industries.pdf>
- Pires, F., Silva, R., & Raposo, R. (2022). A survey on virtual production and the future of compositing technologies. En *AVANCA | CINEMA 2022* (pp. 20–27). <https://publication.avanca.org/index.php/avancacinema/article/download/447/879>
- Priadko, O., & Sirenko, M. (2021). Virtual production: A new approach to filmmaking. *Bulletin of Kyiv National University of Culture and Arts. Series in Audiovisual Arts and Production*, 4(1), 52–58. <https://doi.org/10.31866/2617-2674.4.1.2021.235079>

- Samaras, E. (2021). *Safeguarding digital telecinematic history and culture: Archiving film and television visual effects records* [Doctoral thesis, University of Technology Sydney]. OPUS at UTS. <https://opus.lib.uts.edu.au/handle/10453/148877>
- ScreenSkills. (2025, March). *High-end television in the UK: 2024/25 workforce research*. ScreenSkills. https://www.screenskills.com/media/13ofiuuk/skills-fund-research-report-2024-25_final_cover.pdf
- Silva Jasauí, D., Martí-Testón, A., Muñoz, A., Moriniello, F., Solanes, J. E., & Gracia, L. (2024). Virtual production: Real-time rendering pipelines for indie studios and the potential in different scenarios. *Applied Sciences*, 14(6), 2530. <https://doi.org/10.3390/app14062530>
- Spain Film Commission. (2024). *Libro blanco de la producción audiovisual virtual en España*. Spain Film Commission. <https://spainfilmcommission.com/wp-content/uploads/2024/09/Libro-blanco-de-la-produccion-audiovisual-virtual-en-Espana.pdf>
- Spielmann, S., Schuster, A., Götz, K., & Helzle, V. (2016). VPET – A toolset for collaborative virtual filmmaking. In *SIGGRAPH Asia 2016 Technical Briefs*. Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3005358.3005370>
- Swords, J., & Willment, N. (2024a). *The emergence of virtual production: A research agenda*. *Convergence: The International Journal of Research into New Media Technologies*. <https://doi.org/10.1177/13548565241253903>
- Swords, J., & Willment, N. (2024b). 'It used to be fix-it in post production! now it's fix-it in pre-production': How virtual production is changing production networks in film and television. *Creative Industries Journal*. <https://doi.org/10.1080/17510694.2024.2430025>
- Tovell, R., & Williams, N. (2018). Genesis: A pipeline for virtual production. In *Proceedings of the 2018 Digital Production Symposium (DigiPro '18)*. Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3233085.3233090>
- Wang, P. H., Xu, X., & Yang, X. (2023). *Innovation, collaboration and resilience: Understanding the virtual production industry in the UK and China*. Bournemouth University. https://www.bournemouth.ac.uk/sites/default/files/asset/document/InnovationCollaborationResilience20230325_ID.pdf
- Willment, N., Murphy, D., Black, S. R., Mothersdale, G., Harris, J., & Terras, M. (2024). *Innovation in future convergent media and virtual production technologies: Reporting from XR Network+ workshops 2023/4*. XR Network+. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13890675>
- Willment, N., Swords, J., & Thomas, B. (2023). *The evolution of virtual production? Issues and opportunities*. XR Stories, University of York. https://xrstories.co.uk/wp-content/uploads/2023/11/The-Evolution-of-Virtual-Production_final.pdf

La inteligencia artificial como estrategia empresarial de innovación y competitividad en las MIPYMES del corregimiento de Canto del Llano, Santiago de Veraguas

Artificial intelligence as a business strategy for innovation and competitiveness in MSMEs of the Canto del Llano district, Santiago de Veraguas

Antonio Alejandro Pérez Martínez

Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de Veraguas. Panamá
antoniop126.ap@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0005-9860-587X>

William Avatt Donoso Olave

Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de Veraguas. Panamá
william.donoso-o@up.ac.pa; <https://orcid.org/0000-0001-7715-8488>

Artículo recibido: 1 de mayo de 2026

Artículo aceptado: 26 de junio de 2026

DOI <https://doi.org/10.48204/j.colegiada.v8n1.a11459>

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue valorar en qué medida la inteligencia artificial (IA) puede constituirse en una estrategia empresarial orientada a impulsar la innovación y la competitividad en las MIPYMES del corregimiento de Canto del Llano. Se utilizó un enfoque cuantitativo con diseño no experimental de corte transversal y nivel descriptivo-correlacional. La población estuvo conformada por 214 empresas formales activas de las cuales 139 fue la muestra, se desarrolló un muestreo no probabilístico por conveniencia. El instrumento fue un cuestionario estructurado con escala Likert, validado por expertos con un coeficiente de 0.985 y con un alfa de Cronbach de 0.985. El procesamiento estadístico se realizó con Microsoft Excel y SPSS 26.0. Los principales resultados revelan que el 61.1 % de los empresarios admite un conocimiento limitado sobre la IA y únicamente el 8.3 % la utiliza en sus operaciones; sin embargo, más del 80 % reconoce su potencial. La prueba de hipótesis evidenció que las percepciones sobre el impacto potencial de la IA son significativamente superiores al punto neutro de la escala (valor=3), cuyos valores de prueba son: $t = 2.167$ y $p = 0.032$. Se concluye que, aunque la adopción efectiva es todavía incipiente, existe una percepción positiva generalizada hacia la incorporación de la IA, condicionada por la disponibilidad de capacitación, recursos tecnológicos y acompañamiento institucional. Los hallazgos aportan el primer conjunto de evidencia empírica sistematizada sobre adopción de IA en MIPYMES de este corregimiento, con implicaciones para el diseño de políticas de digitalización empresarial en la región.

PALABRAS CLAVE: Inteligencia artificial, MIPYMES, innovación, competencia profesional, cambio tecnológico.

ABSTRACT

The objective of this study was to assess the extent to which artificial intelligence (AI) can serve as a business strategy aimed at promoting innovation and competitiveness among MSMEs in the Canto del Llano district. A quantitative approach was used, employing a non-experimental, cross-sectional design with a descriptive-correlational focus. The population consisted of 214 active formal businesses, of which 139 were included in the sample; non-probabilistic convenience sampling was employed. The instrument was a structured questionnaire using a Likert scale, validated by experts with a coefficient of 0.985 and a



Cronbach's alpha of 0.985. Statistical analysis was performed using Microsoft Excel and SPSS 26.0. The main results reveal that 61.1% of business owners admit to having limited knowledge of AI, and only 8.3% use it in their operations; however, more than 80% recognize its potential. Hypothesis testing showed that perceptions of the potential impact of AI are significantly higher than the neutral point on the scale (value = 3), with test values of $t = 2.167$ and $p = 0.032$. It is concluded that, although actual adoption is still in its early stages, there is a widespread positive perception toward the incorporation of AI, contingent upon the availability of training, technological resources, and institutional support. The findings provide the first set of systematized empirical evidence on AI adoption in MSMEs in this district, with implications for the design of business digitalization policies in the region.

KEYWORDS: Artificial intelligence, MSMEs, innovation, professional competence, technological change.

INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial (IA) se ha consolidado a nivel mundial como una de las tecnologías de mayor impacto en la transformación productiva de las organizaciones. Su capacidad para automatizar procesos, analizar grandes volúmenes de datos, apoyar la toma de decisiones y mejorar la experiencia del cliente ha llevado a gobiernos, organismos multilaterales y empresas de todo el mundo a incorporarla en sus agendas de desarrollo. De acuerdo con Hoehn (2025) la IA contribuye de manera significativa al crecimiento de la productividad y al dinamismo económico al permitir que las empresas utilicen mejor sus recursos, reduzcan costos y respondan con mayor agilidad a las demandas del mercado. En este contexto europeo, el Observatorio Nacional de Tecnología y Sociedad (2024) documentó que en 2023 el 5.8 % de las microempresas y el 6.6 % de las pequeñas empresas españolas empleaban IA, lo que representa un incremento sostenido respecto a 2021; asimismo, el barómetro de IndesIA (2024) aplicado a 61,517 MIPYMES en España, reveló que apenas el 2.13 % reconoció la aplicación de IA en algún ámbito de sus operaciones. Estas cifras reflejan una tendencia hacia la democratización gradual de la tecnología, pero también evidencian que incluso en economías de mayor desarrollo el tejido empresarial de menor escala mantiene tasas de adopción efectiva muy bajas, lo que constituye un patrón estructural de alcance global.

En América Latina, la adopción de inteligencia artificial en las micro, pequeñas y medianas empresas enfrenta desafíos estructurales adicionales que limitan aún más su penetración respecto al contexto europeo. Ching Wesman et al. (2024) encontraron que, en el ámbito de las MIPYMES de Mexicali, México, el 94 % conoce la existencia de la IA generativa pero apenas el 1.47 % la aplica de manera transversal, siendo la principal barrera la falta de conocimiento técnico, señalada por más del 66 % de los encuestados. En Colombia, Vera Otálvaro (2023) demostró en un estudio con más de 8,000 empresas que la adopción de IA depende críticamente de la percepción de utilidad, los costos de implementación, la experiencia previa con tecnología y la calidad de los datos disponibles. Por su parte, Oldemeyer et al. (2024) identificaron, mediante una revisión sistemática con protocolo PRISMA, 27 desafíos para la adopción de IA en MIPYMES clasificados bajo el marco PESTEL, entre los que destacan la baja madurez digital, la ausencia de datos de calidad y la escasez de habilidades especializadas. Sepúlveda y Núñez (2024) en su estudio en el Valle de Aburrá, Colombia, confirmaron que, aunque la IA puede perfeccionar la gestión de inventarios y reducir costos logísticos, las barreras de conocimiento e infraestructura siguen siendo los principales obstáculos para su adopción efectiva en las empresas de menor escala de la región.

En el caso de Panamá, el Centro Nacional de Inteligencia Artificial (CENIA, 2024) ubicó al país con 37.48 puntos en el Índice Latinoamericano de Inteligencia Artificial (ILIA), por debajo del promedio regional, con rezagos significativos en infraestructura tecnológica (49.93), talento humano (33.74) y disponibilidad de datos (31.00). Gordon y Delgado (2023) señalan que el crecimiento de la IA en el país ha sido lento y con pocas aplicaciones en el sector privado, mientras que Hernández Pérez (2024) advierte que la baja inversión en investigación y desarrollo y la ausencia de un marco regulatorio consolidado constituyen los principales frenos para el

desarrollo de un ecosistema tecnológico sostenible. En el plano normativo, en 2023 se presentó el Anteproyecto de Ley N.º 014 que buscaba regular la IA bajo principios de transparencia, responsabilidad y no discriminación, y el Anteproyecto de Ley N.º 149 orientado a incentivar la inversión en esta tecnología en el sector productivo nacional (Asamblea Nacional de Panamá, 2023). A pesar de estos avances, Martez y Bernal-Mojica (2023) documentaron que en 2018 apenas el 22.8 % de las PYMES panameñas habían iniciado procesos de digitalización, con 161,241 microempresarios que enfrentaban barreras de capital, infraestructura y educación digital, lo que evidencia que la velocidad de adopción tecnológica en el tejido empresarial sigue siendo insuficiente para cerrar las brechas de competitividad.

En el corregimiento de Canto del Llano, Santiago de Veraguas, las MIPYMES constituyen el núcleo de la actividad económica local. Miranda Pino et al. (2024) identificaron que alrededor de 80 negocios operan en la calle principal del sector, con predominio de comercios, restaurantes y talleres, y que, si bien el 76 % ha adoptado herramientas de pago digital como Yappy y el 12 % Nequi, ninguno reportó el uso de tecnologías de inteligencia artificial. A ello se suma que, según el listado actualizado del Municipio de Santiago (2025), existen N = 214 MIPYMES formales activas en el corregimiento, de las cuales la mayoría opera con entre uno y tres colaboradores, concentradas en los sectores de comercio (48 %) y servicios (40 %). Este contexto pone de manifiesto un vacío de conocimiento empírico: no existen datos sistematizados sobre el nivel de conocimiento, las barreras percibidas y la disposición de estas empresas hacia la adopción de la IA como estrategia de innovación y competitividad. Ante este escenario, la pregunta central de investigación que orienta este estudio es la siguiente: ¿en qué medida la inteligencia artificial como estrategia empresarial puede contribuir, en términos de percepción, a la innovación y competitividad en las MIPYMES del corregimiento de Canto del Llano? De ella se derivan tres sub preguntas: la primera, orientada a identificar qué componentes de la IA tienen mayor pertinencia estratégica percibida para estas empresas; la segunda, dirigida a determinar qué beneficios y ventajas perciben los empresarios que puede aportar la IA; y la tercera, encaminada a establecer qué prospectiva tiene su implementación para hacerlas más innovadoras y competitivas.

Para los efectos de esta investigación científica, la inteligencia artificial se comprende como un conjunto de sistemas basados en algoritmos que procesan grandes volúmenes de datos para generar predicciones, recomendaciones o decisiones que influyen en el entorno físico o digital (Berning Prieto, 2023). La innovación se comprende como la implementación de nuevos productos, servicios o procesos que generan valor práctico, mientras que la competitividad refiere a la capacidad de una empresa para destacar en el mercado ofreciendo bienes o servicios superiores y adaptándose a las demandas del consumidor (Vernaza Arroyo et al., 2020). Estos tres conceptos constituyen el eje articulador del marco teórico del estudio. La pertinencia del estudio se fundamenta en tres dimensiones: desde la perspectiva práctica, genera datos obtenidos directamente de los empresarios del corregimiento sobre su conocimiento de la IA, las barreras que perciben y las áreas donde consideran que tendría mayor impacto, lo que permite diseñar estrategias de capacitación adaptadas a la realidad local (Álvarez Badillo, 2025); desde el punto de vista teórico, amplía el conocimiento sobre cómo las empresas perciben las nuevas tecnologías en micro regiones semi urbanas de Panamá, un contexto escasamente documentado en la literatura; y socialmente, la modernización tecnológica de las MIPYMES tiene el potencial de mejorar la calidad del empleo y estimular el desarrollo provincial. En consecuencia, el objetivo general es valorar en qué medida la inteligencia artificial como estrategia empresarial puede contribuir, en términos de percepción, a la innovación y competitividad en las MIPYMES del corregimiento de Canto del Llano.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se enmarca en un enfoque cuantitativo que permite cuantificar el nivel de conocimiento, las percepciones de utilidad, las barreras de implementación y el

impacto esperado de la IA mediante indicadores estadísticos, posibilitando la contrastación de hipótesis y el establecimiento de relaciones entre variables (Hernández Sampieri et al., 2014). El nivel de investigación es descriptivo con alcance correlacional: descriptivo porque caracteriza las dimensiones de adopción y uso de estrategias de IA en las MIPYMES; y correlacional porque explora las relaciones de asociación entre variables clave como la preparación interna, la percepción de factibilidad y el impacto esperado, sin establecer relaciones de causalidad (Hernández Sampieri y Mendoza Torres, 2018). El diseño adoptado es no experimental y transversal, dado que no se manipuló ninguna variable y los datos fueron recolectados en un único momento temporal, sin intervención sobre los fenómenos observados. Este diseño resulta apropiado para estudios de diagnóstico que buscan explorar, describir y analizar el estado de situación de un fenómeno en función de variables previamente definidas.

La población objeto de estudio estuvo conformada por las MIPYMES activas registradas en el listado proporcionado por el Municipio de Santiago al año 2025, para el corregimiento de Canto del Llano. Tras un proceso de revisión y depuración conforme a los criterios del estudio, la población final quedó establecida en $N = 214$ unidades económicas formales. Los criterios de inclusión fueron: estar clasificada como micro, pequeña o mediana empresa según los parámetros de la AMPYME (2023) estar en operación al momento de la recolección de datos y ubicarse dentro de los límites del corregimiento. Se excluyeron las empresas que no cumplían la clasificación de MIPYME o cuya ubicación estaba fuera del área de interés. Para determinar el tamaño de la muestra se utilizó la expresión estadística para poblaciones finitas o conocidas, con un nivel de confianza del 95 % y un margen de error máximo del 5 %, lo que arrojó una muestra de $n = 139$ MIPYMES. El método de muestreo fue no probabilístico por conveniencia, justificado por las restricciones operativas del trabajo de campo (Andrade, 2021); sus resultados deben interpretarse con cautela dado el menor nivel de validez externa que caracteriza este tipo de muestreo.

Para la recopilación de información primaria se diseñó un cuestionario estructurado con preguntas cerradas de opción múltiple y escala Likert de cinco niveles. El instrumento abordó cuatro dimensiones: el nivel de conocimiento y uso actual de la IA; la percepción de utilidad y áreas de aplicación preferidas; la percepción de dificultades y factibilidad de implementación; y las actitudes frente al impacto esperado en la innovación y competitividad. El proceso de validación se desarrolló en dos fases. En la primera, el cuestionario fue evaluado por un panel de siete expertos mediante los coeficientes de Aiken, Potit y Lawshe, obteniéndose: pertinencia (0.962), comprensión (0.988), redacción (1.000) y relación con los objetivos (0.988), con media global de 0.985. En la segunda fase se realizó una prueba piloto con diez participantes, a partir de la cual se calculó el coeficiente alfa de Cronbach, obteniendo un valor de 0.985, que se ubica en el rango de consistencia interna excelente según los criterios de Zakariya (2022).

La aplicación del cuestionario se realizó durante el mes de enero de 2026, de forma presencial en los establecimientos del corregimiento, apoyada en formularios electrónicos. Una vez recolectados los 139 cuestionarios válidos, la base de datos fue consolidada en hojas de cálculo y procesada con SPSS 26.0. Se generaron estadísticas descriptivas de frecuencias, porcentajes y representaciones gráficas para cada variable. Adicionalmente, se elaboraron tablas cruzadas para examinar las relaciones de asociación entre variables como la preparación interna, la percepción de factibilidad y el impacto esperado de la IA. Para contrastar la hipótesis central se aplicó una prueba t de una muestra, comparando la media de la variable de percepción sobre el impacto potencial de la IA en competitividad e innovación con el valor de referencia de 3 (punto neutral de la escala Likert). Cabe precisar que, de los 139 participantes, 111 proporcionaron respuesta completa al ítem específico sobre el cual se aplicó esta prueba; los 28 casos restantes presentaron valores ausentes en esa variable y fueron excluidos únicamente del análisis inferencial, manteniéndose en el análisis descriptivo general.

RESULTADOS

A continuación, se presentan los hallazgos más relevantes del estudio, organizados en función de las dimensiones del instrumento aplicado. Los resultados responden de manera descriptiva a las tres sub preguntas de investigación y se apoyan en las figuras y tablas generadas a partir del procesamiento estadístico de los datos obtenidos en el corregimiento de Canto del Llano.

Perfil demográfico de las MIPYMES y sus representantes

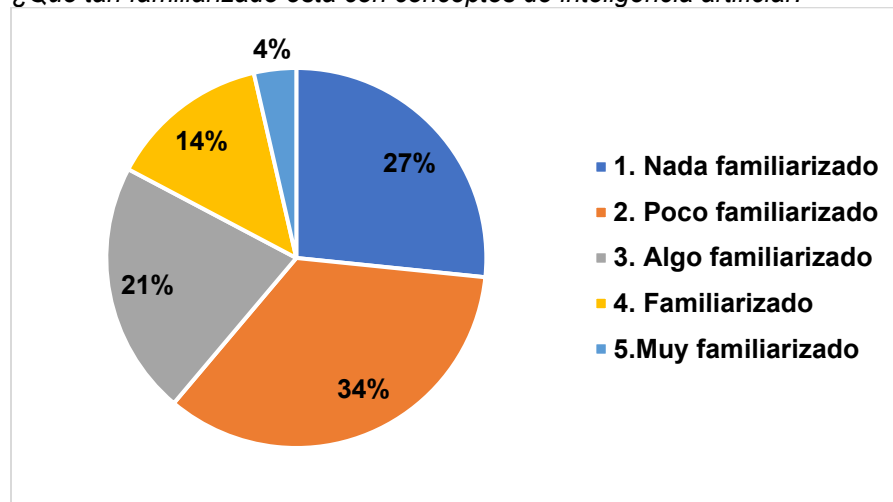
De acuerdo a los datos obtenidos de la encuesta la estructura empresarial del corregimiento está dominada por las microempresas, reflejándose que el 68 % de los negocios cuenta con entre uno y tres colaboradores y el 24 % con entre cuatro y siete, lo que confirma la pertinencia de centrar el análisis en esta categoría de negocios. En relación al sector de actividad, el comercio concentra el 48 % de los casos, seguido del sector servicios con el 40 %, mientras que la industria representa el 10 % y los sectores agropecuarios y otros registran el 1 % cada uno. Respecto a la antigüedad de los negocios, el 30 % opera entre uno y tres años, el 25 % entre cuatro y siete años y el 10 % supera los dieciséis años, evidenciando una composición heterogénea en términos de trayectoria empresarial. En cuanto al perfil de los representantes encuestados, se observó una participación porcentual equilibrada por sexo reflejando el 52 % de mujeres y 48 % hombres, con una concentración etaria en los rangos de 25 a 34 años (30 %) y de 35 a 54 años (47 %).

Nivel de conocimiento y uso actual de la inteligencia artificial

Los resultados revelan un bajo nivel de familiaridad con la IA en el grupo de empresarios encuestados. La Figura 1 muestra que el 34% está poco familiarizado y 27 % declaró no estar nada familiarizado, lo que concentra al 61 % en los rangos inferiores de conocimiento; únicamente el 4 % se considera muy conocedor.

Figura 1

¿Qué tan familiarizado está con conceptos de inteligencia artificial?



Nota. Datos primarios obtenidos de la encuesta.

En cuanto al uso actual, según los datos obtenidos de la muestra, el 46 % no utiliza IA, pero tiene interés en implementarla, el 29 % no la usa ni tiene planes de hacerlo, el 16 % la aplica en tareas simples y únicamente el 7 % la implementa en varias áreas.

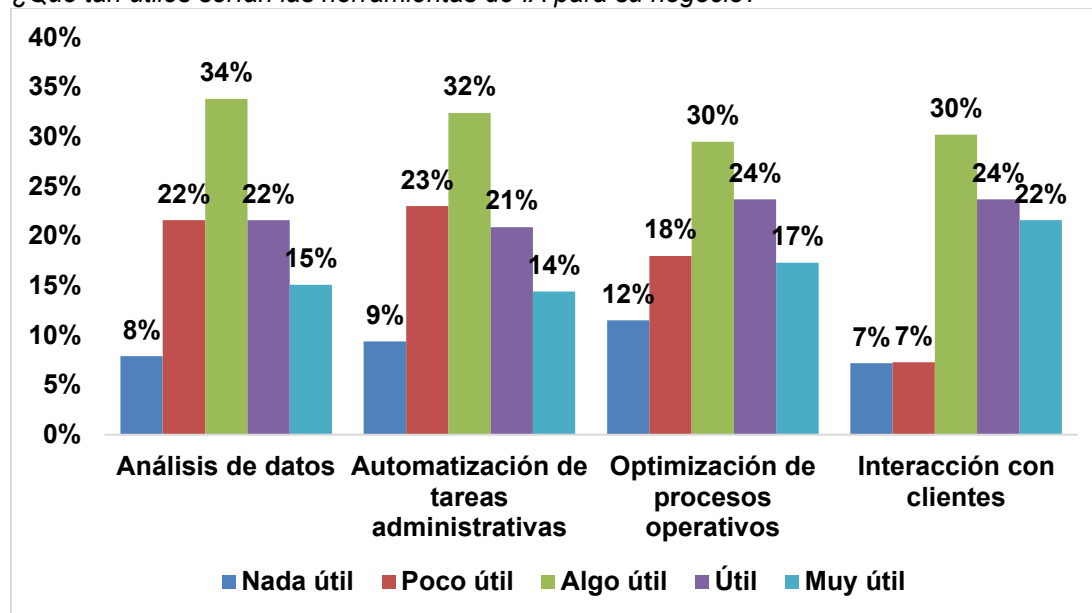
Percepción de utilidad y áreas estratégicas de aplicación

A pesar del bajo nivel de uso, los datos evidencian una valoración positiva del potencial de la IA. La Figura 2 muestra que más del 60 % de los participantes ubican las herramientas de IA en los niveles de utilidad más altos para el análisis de datos, la automatización de tareas

administrativas, la optimización de procesos operativos y la interacción con clientes. En análisis de datos, el 34 % las considera algo útiles, el 22 % útiles y el 15 % muy útiles; para automatización, el 32 % algo útiles, el 21 % útiles y el 14 % muy útiles.

Figura 2

¿Qué tan útiles serían las herramientas de IA para su negocio?



Nota. Datos primarios obtenidos de la encuesta.

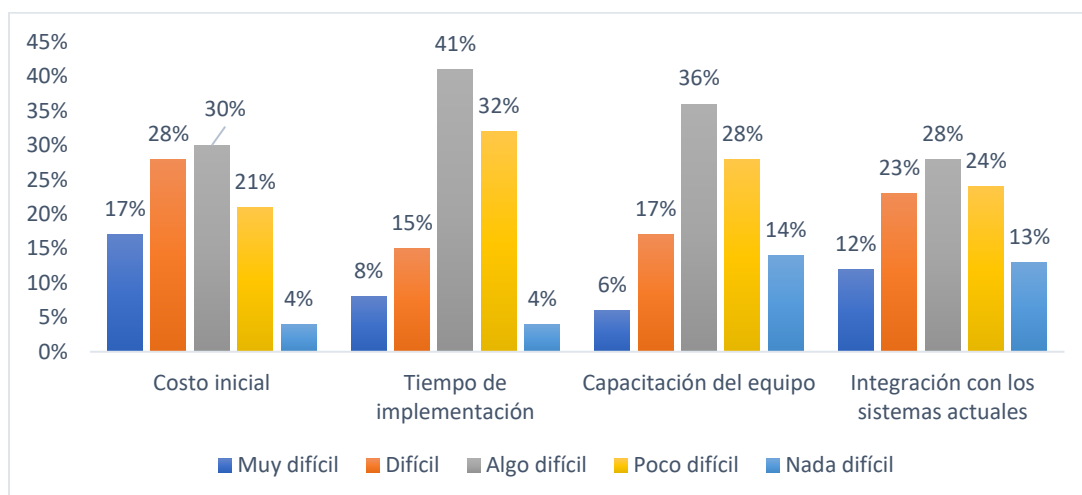
En relación a las áreas de aplicación preferidas, el control de inventarios concentra el 57 % de las menciones, seguido del análisis de datos (49 %), la atención al cliente (25 %) y la automatización de tareas (24 %).

Barreras, factibilidad y preparación interna

En la Figura 3 se muestra que los empresarios perciben la adopción de IA como moderadamente difícil: el tiempo de implementación fue señalado como algo difícil por el 41 %, la capacitación del equipo por el 36 % y el costo inicial como difícil o algo difícil por el 58 %. Estos resultados no implican una percepción de imposibilidad, lo que sugiere que con el acompañamiento adecuado las empresas estarían dispuestas a avanzar.

Figura 3

¿Qué tan difícil considera que sería la implementación de herramientas de IA en su negocio?

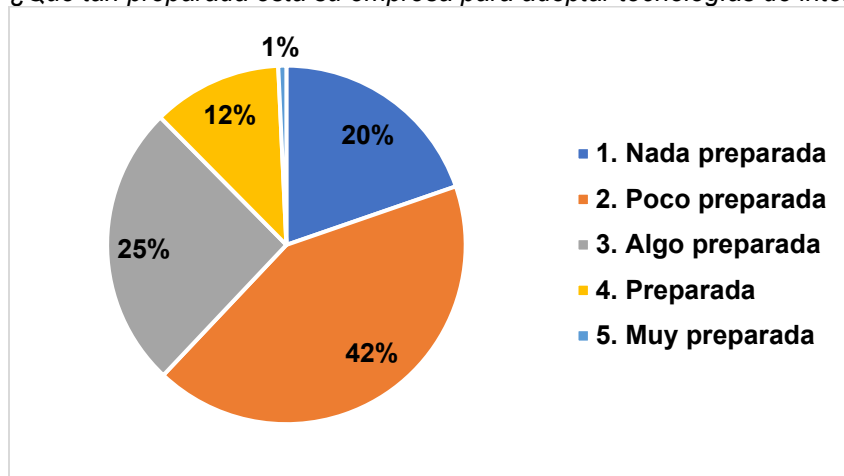


Nota. Datos primarios obtenidos de la encuesta.

En cuanto a la factibilidad, los datos revelaron que el 39 % la percibe como poco factible, el 21 % como factible y el 19 % como algo factible. La Figura 4 indica que el 42 % se considera poco preparado para adoptar tecnologías de IA y el 20 % nada preparado, mientras que apenas el 12 % se considera preparado. La distribución de recursos considerados actualmente como necesarios muestra que los tecnológicos encabezan la lista (40 %), seguidos de la combinación de recursos humanos, tecnológicos y financieros (35 %) y los financieros (31 %), lo que pone de relieve la necesidad de intervenciones multidimensionales para facilitar la adopción.

Figura 4

¿Qué tan preparada está su empresa para adoptar tecnologías de inteligencia artificial?



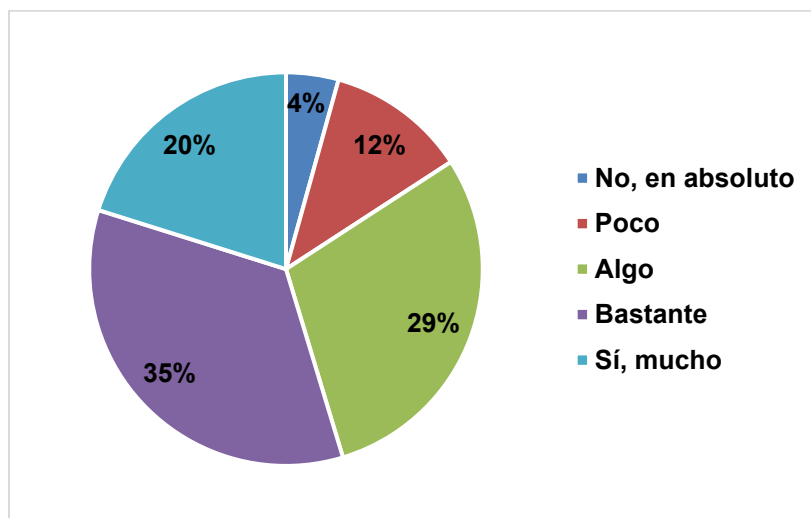
Nota. Datos primarios obtenidos de la encuesta.

Impacto percibido en innovación, competitividad y productividad

La Figura 5 muestra que el 35 % de los encuestados percibe que la IA podría contribuir bastante a la innovación y competitividad, el 29 % algo y el 20 % sí, mucho, acumulando más del 80 % con percepción positiva.

Figura 5

¿Considera que la IA puede mejorar la innovación y competitividad de su empresa?



Nota. Datos primarios obtenidos de la encuesta.

La percepción sobre la eficiencia mostró que el 40 % considera que la IA podría mejorarla algo y el 30 % bastante. Respecto a la reducción de costos operativos el 41 % la percibe como algo efectiva y el 27 % bastante efectiva. En cuanto a la productividad el 38 % cree que la mejora percibida sería algo significativa y el 25 % significativa. Es importante subrayar que los datos de esta sección reflejan percepciones de los empresarios y no mediciones objetivas de desempeño.

Prueba de hipótesis y análisis correlacional

Para contrastar la hipótesis central se aplicó una prueba t de una muestra sobre la variable de percepción del impacto potencial de la IA en competitividad e innovación, utilizando los 111 casos con respuesta completa en dicho ítem. En las Tablas 1 y 2 se presentan resultados correspondientes a: la media obtenida es 3.18 (desv. est. 0.876; error estándar 0.083), el estadístico $t = 2.167$ (gl = 110, $p = 0.032$), y el IC 95 % de la diferencia es [0.02, 0.34]. Dado que $p < 0.05$ y el intervalo no incluye el cero, existe evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula y respaldar la hipótesis alternativa, estos datos son superiores al punto cero de la escala de Likert. Conviene precisar, no obstante, que este resultado refleja percepciones de los empresarios sobre un impacto potencial, y no mediciones de contribución efectiva de la IA a indicadores reales de desempeño empresarial.

Tabla 1

Estadística para una muestra.

N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
111	3.18	0.876	0.083

Nota. Datos procesados en SPSS 26.0.

Tabla 2

Prueba t para una muestra (Valor de prueba = 3)

t	gl	Sig. (bilateral)	Dif. de medias	IC 95 % Inf.	IC 95 % Sup.
2.167	110	0.032	0.180	0.02	0.34

Nota. Datos procesados en SPSS 26.0.

El análisis de tablas cruzadas se complementa la prueba t con una exploración de las asociaciones entre variables. La Tabla 3 muestra que cuando se percibe mayor impacto innovador de la IA, aumenta la expectativa de ahorro operativo (41.7 % bastante y 10.4 % mucho), mientras que en ausencia de impacto percibido el 50.0 % anticipa ninguna reducción.

La Tabla 4 revela que las empresas que se consideran preparadas proyectan expectativas de mejora en eficiencia muy superiores (81.3 % en niveles bastante y mucho combinados) frente a las nada preparadas (22.2 % en esos mismos niveles). Estos resultados, consistentes con el nivel correlacional del estudio, confirman que la prospectiva percibida de la IA en Canto del Llano está directamente asociada al nivel de preparación interna de cada empresa.

Tabla 3

Relación entre la percepción del impacto innovador de la IA y su efectividad percibida para reducir costos operativos.

			17. ¿Qué tan efectiva cree que sería la Inteligencia Artificial para reducir los gastos operativos en su empresa, como costos de producción, logística, mano de obra o administración?					
			1. Nada					
			a					
			2. Poco					
			3. Algo					
			4. Bastante					
			5. Mucho					
			Total					
15.	Algo	Recuento	1	5	27	7	1	41
¿Considera que la implementación de herramientas de Inteligencia Artificial puede mejorar la innovación y competitividad de su empresa?		% dentro de 15.	2.4	12.2%	65.9%	17.1%	2.4%	100.0%
Bastante	Recuento		1	4	18	20	5	48
		% dentro de 15.	2.1	8.3%	37.5%	41.7%	10.4%	100.0%
	¿Considera que la implementación de herramientas de Inteligencia Artificial puede mejorar la innovación y competitividad de su empresa?							
		% dentro de 15.						
	No, en absoluto	Recuento	3	1	1	0	1	6
		% dentro de 15.	50.0	16.7%	16.7%	0.0%	16.7%	100.0%
	Poco	Recuento	0	11	4	1	0	16
		% dentro de 15.	0.0	68.8%	25.0%	6.3%	0.0%	100.0%
	Sí, mucho	Recuento	0	5	7	10	6	28
		% dentro de 15.	0.0	17.9%	25.0%	35.7%	21.4%	100.0%
Total	Recuento	5	26	57	38	13	139	
	% dentro de 15.	3.6	18.7%	41.0%	27.3%	9.4%	100.0%	

Nota. Datos procesados en SPSS 26.0.

Tabla 4

Relación entre el nivel de preparación de las empresas para adoptar IA y la percepción de mejora en la eficiencia de los procesos.

			16. ¿En qué medida cree que la Inteligencia Artificial podría mejorar la eficiencia en los procesos de su empresa?					
			1. Nada	2. Poco	3. Algo	4. Bastante	5. Mucho	Total
14. ¿Qué tan preparada está su empresa para adoptar tecnologías de Inteligencia Artificial?	1. Nada preparada	Recuento	3 _a	6 _b	9 _b	6 _b	3 _b	100.0%
		% dentro de 14. ¿Qué tan preparada está su empresa para adoptar tecnologías de Inteligencia Artificial?	11.1%	22.2%	33.3%	22.2%	11.1%	100.0%
	2. Poco preparada	Recuento	1 _{a, b, c}	14 _c	26 _{b, c}	14 _b	3 _a	100.0%
		% dentro de 14. ¿Qué tan preparada está su empresa para adoptar tecnologías de Inteligencia Artificial?	1.7%	24.1%	44.8%	24.1%	5.2%	100.0%
	3. Algo preparada	Recuento	0 _{a, b}	0 _b	18 _a	12 _a	7 _a	100.0%
		% dentro de 14. ¿Qué tan preparada está su empresa para adoptar tecnologías de Inteligencia Artificial?	0.0%	0.0%	48.6%	32.4%	18.9%	100.0%
	4. Preparada	Recuento	0 _{a, b}	0 _b	3 _b	9 _a	4 _a	100.0%
		% dentro de 14. ¿Qué tan preparada está su empresa para adoptar tecnologías de Inteligencia Artificial?	0.0%	0.0%	18.8%	56.3%	25.0%	100.0%
	5. Muy preparada	Recuento	0 _a	0 _a	1 _a	0 _a	0 _a	100.0%
		% dentro de 14. ¿Qué tan preparada está su empresa para adoptar tecnologías de Inteligencia Artificial?	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%
Total	Recuento	4	20	57	41	17	100.0%	
	% dentro de 14. ¿Qué tan preparada está su empresa para adoptar tecnologías de Inteligencia Artificial?	2.9%	14.4%	41.0%	29.5%	12.2%	100.0%	

Nota. Datos procesados en SPSS 26.0.

DISCUSIÓN

Los hallazgos de este estudio permiten ofrecer una respuesta cualificada a la pregunta de investigación. La prueba t confirmó que las percepciones sobre el impacto potencial de la IA en la competitividad e innovación se ubican significativamente por encima del punto neutral de la escala de Likert, respaldando la hipótesis alternativa del estudio. En consecuencia, la pregunta central recibe una respuesta afirmativa en términos de percepción y disposición potencial, donde los empresarios de Canto del Llano reconocen el valor estratégico de la IA para sus negocios. Se destaca que el estudio mide percepciones sobre un impacto potencial, no una contribución efectiva verificada mediante indicadores de desempeño.

Al contrastar los resultados con la literatura, emergen similitudes y diferencias relevantes. La tasa de uso efectivo del 8.3 % encontrada en Canto del Llano supera los registros reportados en contextos más desarrollados, indicando 2.13 % en España (IndesIA, 2024) y 1.47 % en Mexicali (Ching Wesman et al., 2024) aunque esta comparación debe interpretarse con cautela dado que los estudios de referencia utilizan distintos criterios de medición y universos de análisis. Una diferencia notable respecto al contexto mexicano es el perfil de las barreras: en Mexicali la falta de conocimiento técnico es la barrera predominante, mientras que en Canto del Llano el costo inicial y la necesidad de capacitación emergen con intensidad similar, lo que añade una dimensión de restricción financiera que el estudio de Ching Wesman et al. (2024) no reporta con la misma magnitud. Por otro lado, la alta valoración del análisis de datos (49 %) y el control de inventarios (57 %) como áreas de aplicación prioritaria reproduce los patrones identificados por Peretz-Andersson et al. (2024) en PYMES manufactureras de Suecia y por Sepúlveda y Núñez (2024) en el Valle de Aburrá, lo que indica que, independientemente del contexto geográfico, estas dos funciones concentran la mayor percepción de valor estratégico de la IA en empresas de menor escala. Chávez Bravo (2021) ya advertía que las MIPYMES necesitan herramientas diseñadas específicamente para sus características y restricciones económicas, argumento que los datos de Canto del Llano corroboran.

Desde la perspectiva de las contribuciones del estudio, es posible identificar aportaciones en tres dimensiones. Para los especialistas en gestión empresarial y transformación digital, la investigación proporciona evidencia empírica sobre el estado de adopción de IA en un contexto micro regional semi urbano panameño prácticamente inexplorado en la literatura, lo que enriquece los marcos teóricos sobre adopción tecnológica en economías emergentes y abre líneas de investigación comparativa. Para las propias MIPYMES, los resultados identifican con precisión los componentes de la IA de mayor valoración percibida, tales como: análisis de datos, control de inventarios, automatización y atención al cliente, orientando a los empresarios sobre dónde concentrar sus primeras inversiones para obtener retornos más inmediatos, en línea con la propuesta de Russi (2023) sobre la priorización de herramientas de IA en marketing y servicio al cliente como punto de entrada para las PYMES. Para el Estado y la institucionalidad de apoyo empresarial, particularmente la AMPYME y los centros universitarios regionales, el estudio subraya la urgencia de diseñar programas de capacitación técnica, acceso a financiamiento y acompañamiento personalizado que reduzcan la brecha entre la disposición percibida (más del 80 % con actitud positiva) y la adopción efectiva (8.3 %), en consonancia con las recomendaciones de Martez y Bernal-Mojica (2023) para el fortalecimiento de competencias digitales en el tejido MIPYME panameño.

El presente estudio no está exento de limitaciones. En primer lugar, el muestreo no probabilístico por conveniencia limita la generalización de los hallazgos al universo total de MIPYMES del corregimiento y restringe su validez externa (Andrade, 2021). En segundo lugar, el diseño transversal no permite inferir tendencias de adopción a largo plazo ni evaluar el impacto real de la IA en indicadores concretos de desempeño empresarial; los datos reflejan un estado de situación en el momento del estudio. En tercer lugar, la ausencia de datos oficiales sobre adopción de IA a nivel de corregimiento en Panamá dificultó la construcción de un marco de referencia local. En atención a estas limitaciones, se proponen tres líneas de investigación futura:

estudios longitudinales que midan la evolución de la adopción de IA en estas MIPYMES tras la implementación de programas de capacitación; investigaciones comparativas que contrasten los patrones de adopción en distintos corregimientos de Veraguas, ampliando la base de conocimiento sobre la realidad empresarial provincial; y estudios de caso cualitativos que profundicen en los factores organizacionales y de liderazgo que explican por qué algunas MIPYMES logran transitar de la disposición a la adopción efectiva, mientras otras permanecen en el estadio de la intención.

CONCLUSIÓN

El objetivo general del estudio fue alcanzado. Los resultados confirman que los empresarios del corregimiento de Canto del Llano perciben que la inteligencia artificial puede contribuir positivamente a la innovación y la competitividad de sus MIPYMES, en particular en las áreas de análisis de datos, control de inventarios, automatización de tareas y atención al cliente. La evidencia estadística obtenida mediante la prueba t correspondientes a $t = 2.167$ y $p = 0.032$ respalda la hipótesis alternativa del estudio. Es fundamental subrayar que esta contribución es de naturaleza percibida: el estudio no midió el impacto efectivo de la IA en indicadores reales de desempeño, dado que la adopción efectiva es todavía incipiente (8.3 %), condicionada principalmente por barreras de conocimiento técnico, costo inicial y baja preparación interna.

Desde la perspectiva del impacto real, el estudio revela que el 81.9 % de los empresarios manifestó interés en recibir capacitación para implementar la IA, lo que representa un capital actitudinal significativo que las instituciones de apoyo empresarial deben aprovechar. Los análisis correlacionales confirmaron que las MIPYMES con mayor preparación interna traducen su percepción positiva en expectativas concretas de mejora en eficiencia, reducción de costos y productividad, mientras que las menos preparadas mantienen expectativas más bajas. Esta relación entre preparación y prospectiva percibida evidencia que el diseño de políticas efectivas de incorporación de IA no puede limitarse a proveer acceso tecnológico, sino que requiere, de manera inseparable, programas de fortalecimiento de capacidades internas, alianzas estratégicas entre universidades, centros tecnológicos y organismos empresariales, y mecanismos de financiamiento accesibles que permitan avanzar progresivamente en la transformación digital del tejido empresarial de Canto del Llano y de la provincia de Veraguas.

En el plano del conocimiento científico, esta investigación constituye uno de los primeros estudios empíricos sobre la percepción de adopción de inteligencia artificial en MIPYMES de un contexto micro-regional semi-urbano de Panamá, aportando datos que hasta el momento no existían en la literatura académica sobre este territorio. Los hallazgos demuestran que los patrones de brecha entre el reconocimiento del potencial de la IA y su adopción efectiva, documentados en España (IndesIA, 2024) y México (Ching Wesman et al., 2024) se replican con características propias en el contexto panameño, lo que sugiere la existencia de un fenómeno estructural que trasciende fronteras geográficas. Este trabajo sienta las bases para futuras investigaciones longitudinales y comparativas que profundicen en los factores determinantes de la adopción tecnológica en el segmento MIPYME de Panamá, contribuyendo al fortalecimiento de la agenda de investigación sobre competitividad empresarial y transformación digital.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez Badillo, J. M. (2025). *Diagnóstico de la adopción de la inteligencia artificial (IA) en PYMES del sector servicios* [Trabajo de especialización, Universidad Simón Bolívar]. <https://bonga.unisimon.edu.co/items/a21cfe43-f1f4-4fa0-adea-2ae75fdc2e2d>
- Andrade, C. (2021). *The inconvenient truth about convenience and purposive samples*. Indian Journal of Psychological Medicine, 43(1), 86–88. <https://doi.org/10.1177/0253717620977000>

- Asamblea Nacional de Panamá. (2023). *Anteproyecto de Ley N.° 014, que regula la Inteligencia Artificial en la República*. https://alertas.directoriolegislativo.org/wp-content/uploads/2023/07/2023_A_014.pdf
- Autoridad de la Micro, Pequeña y Mediana Empresa (AMPYME). (2023). *Clasificación y beneficios para MIPYMES*. <https://ampyme.gob.pa/>
- Berning Prieto, A. D. (2023). *El uso de sistemas basados en inteligencia artificial por las Administraciones públicas*. *Revista de Estudios de la Administración Local y Autonómica*, 20, 165–185. <https://doi.org/10.24965/reala.11247>
- Centro Nacional de Inteligencia Artificial (CENIA). (2024). *Índice latinoamericano de inteligencia artificial 2024*. https://indicelatam.cl/wp-content/uploads/2025/01/ILIA_2024_020125_compressed.pdf
- Chávez Bravo, J. C. (2021). *La inteligencia artificial y su sostenibilidad en las MIPYMES*. *Big Bang Faustiniiano*, 10(2). <https://doi.org/10.51431/bbf.v10i2.680>
- Ching Wesman, R., Figueroa Villanueva, A., Arreguín Silva, G. A., & Casa Páez, M. C. (2024). *Adopción, usos y efectos de la inteligencia artificial en las MiPyMES en Mexicali, Baja California*. Astra Ediciones. <https://astraeditorialshop.com/archivo-doi/innovacion-finanzas-y-tributacion/adopcion-usos-efectos/>
- Drydakis, N. (2022). *Artificial intelligence and reduced SMEs' business risks: A dynamic capabilities analysis during the COVID-19 pandemic*. *Information Systems Frontiers*, 24(4), 1223–1247. <https://doi.org/10.1007/s10796-022-10249-6>
- Gordon Graell, R. D., & Delgado Batista, C. A. (2023). *Futuro de la ingeniería del software y la inteligencia artificial en Panamá, desde la experiencia del COVID-19*. *Cuadernos Nacionales*, (32), 38–49. https://revistas.up.ac.pa/index.php/cuadernos_nacionales/article/view/3565
- Hernández Pérez, L. P. (2024, octubre 12). *Situación actual de la inteligencia artificial en Panamá y la región*. *La Estrella de Panamá*. <https://www.laestrella.com.pa/opinion/columnistas/situacion-actual-de-la-inteligencia-artificial-en-panama-y-la-region-BF8887120>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.a ed.). McGraw-Hill. <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill México. http://www.biblioteca.cij.gob.mx/archivos/materiales_de_consulta/drogas_de_abuso/articulos/sampierilasrutas.pdf
- Hoehn, M. (2025). *Inteligencia artificial en el trabajo, innovación, productividad y habilidades*. *Biblioteca del Congreso Nacional de Chile*. https://www.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/36969/1/Informe_03_25_IA_en_el_Trabajo_innovacion_productividad_y_habilidades.pdf
- IndesIA. (2024). *Barómetro de adopción de la inteligencia artificial en las PYMES españolas: Edición 2024*. <https://www.indesia.org/wp-content/uploads/2024/04/Indesia.-Barometro-de-adopcion-de-la-inteligencia-artificial-en-las-pymes-espanolas-Edicion-2024.pdf>
- Martez, N. G., Bernal-Mojica, B. & Quintero de Sanfilippo (2023). *Relación entre adopción de tecnologías digitales y posición competitiva: un estudio con micro, pequeñas y medianas empresas de Panamá*. *Revista de Innovación y Desarrollo*. <https://doi.org/10.70453/2344.9195.v11.n3.44704>
- Miranda Pino, L., González A., J. D. D., Carpintero Carrizo, M., García Díaz, D. E., & Cruz B., R. del C. (2024). *Fintechs Utilizadas por las Pymes Ubicados en la Calle Principal del Sector*

- de Canto del Llano*. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 8(2), 5122-5141. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2.10929
- Municipio de Santiago. (2025). *Listado actualizado de contribuyentes del corregimiento de Canto del Llano [Base de datos]*. Municipio de Santiago de Veraguas.
- Observatorio Nacional de Tecnología y Sociedad. (2024). *Indicadores de uso de inteligencia artificial en las empresas españolas 2023*. Red.es, Secretaría de Estado de Digitalización e Inteligencia Artificial. <https://doi.org/10.30923/230240085>
- Oldemeyer, L., Jede, A., & Teuteberg, F. (2024). *Investigation of artificial intelligence in SMEs: A systematic review of the state of the art and the main implementation challenges*. Management Review Quarterly. <https://doi.org/10.1007/s11301-024-00405-4>
- Peretz-Andersson, E., Tabares, S., Mikalef, P., & Parida, V. (2024). *Artificial intelligence implementation in manufacturing SMEs: A resource orchestration approach*. International Journal of Information Management, 77, 102781. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2024.102781>
- Reyes Flores, J. J., Hurtado, Silva Hurtado, N. S. & Vargas García, F. R. (2024). *El impacto de la inteligencia artificial en las empresas: Una revisión de la literatura*. Universidad Autónoma de Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.13067/3424>
- Russi, D. (2023). *Casos de uso de la inteligencia artificial en empresas PYMES en el área de marketing* [Trabajo de grado, Universidad de la República]. <http://hdl.handle.net/10726/5341>
- Sepúlveda Saldarriaga, C. A., & Núñez Pineda, C. C. (2024). *El impacto de la inteligencia artificial en la logística y en la optimización de rutas de transporte en el Valle de Aburrá para reducir tiempos y costos en las pymes* [Trabajo de grado, Corporación Universitaria Minuto de Dios]. <https://repository.uniminuto.edu/bitstreams/47360ba8-dda6-484a-ac42-c0c9d088fa2b/download>
- Vera Otálvaro, L. M. (2023). *Adopción de tecnologías de inteligencia artificial: un estudio para las empresas en Colombia* [Tesis de maestría, Universidad EAFIT]. https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/32618/LinaMaria_VeraOtalvaro_2023.pdf
- Vernaza Arroyo, G., Medina Sánchez, E. P., & Chamorro Quiñonez, J. (2020). *Innovación, emprendimiento e investigación científica*. Revista de Ciencias Sociales (Ve), XXVI(3), 163–174. <https://www.redalyc.org/journal/280/28063519006/28063519006.pdf>
- Zakariya, Y. F. (2022). *Cronbach's alpha in mathematics education research: Its appropriateness, overuse, and alternatives in estimating scale reliability*. Frontiers in Psychology, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1074430>

Modelo de gestión de datos marinos FAIR para Panamá en el marco IODE

FAIR marine data management model with IODE articulation in Panama

Modelo de gestão de dados marinhos FAIR com articulação IODE no Panamá

Hermelinda Peralta-Araúz

Universidad de Panamá. Centro Nacional de Datos Oceanográfico de Panamá. Panamá

hermelinda.peralta@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0003-3897-1681>

Artículo recibido: 16 de abril de 2026

Artículo aceptado: 18 de agosto de 2026

DOI <https://doi.org/10.48204/j.colegiada.v8n1.a11460>

RESUMEN

La gestión de datos marinos en países en desarrollo enfrenta desafíos estructurales como fragmentación institucional, ausencia de marcos normativos y limitaciones de capacidades, lo que dificulta la adopción de principios FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable). Este estudio, con enfoque cualitativo complementado con un componente cuantitativo descriptivo, tuvo como objetivo diseñar un modelo de red nacional de datos marinos basado en principios FAIR para Panamá, articulado en el marco del programa IODE de la COI-UNESCO y OBIS. Se realizaron 14 entrevistas semiestructuradas y se aplicó un cuestionario a 25 participantes de instituciones clave (Universidad de Panamá, ARAP, STRI, UTP, UMIP y otras). Los resultados cuantitativos revelaron que el 88,0% genera datos marinos, pero el 68,2% los almacena en bases internas sin interoperabilidad. El conocimiento de las plataformas IODE es limitado: OceanExpert es conocida por el 52,0% de los participantes, AquaDocs por el 48,0% y OBIS por el 40,0%. El 100% de los participantes se mostró dispuesto a capacitarse, identificando la falta de financiación (64,0%) y la falta de personal especializado (20,0%) como principales barreras. El análisis cualitativo identificó cinco brechas estructurales: fragmentación del almacenamiento, ausencia de política nacional, heterogeneidad de capacidades, baja adopción de estándares y gobernanza incipiente. Como principal aporte, se propone el modelo REPANDAMAR (Red Panameña de Datos Marinos), una arquitectura distribuida con coordinación centralizada que integra componentes normativos, organizacionales, técnicos, de capacitación y servicios. Las limitaciones incluyen el tamaño muestral reducido (n=25) y el enfoque cualitativo, que limitan la generalización estadística; no obstante, la triangulación de fuentes permite identificar patrones transferibles a contextos similares.

PALABRAS CLAVE: Principios FAIR, interoperabilidad, gobernanza de datos, redes de información, datos abiertos.

ABSTRACT

Marine data management in developing countries faces structural challenges such as institutional fragmentation, lack of regulatory frameworks, and capacity limitations, hindering the adoption of FAIR principles (*Findable, Accessible, Interoperable, Reusable*). This study, with a qualitative approach complemented by a descriptive quantitative component, aimed to design a national marine data network model based on FAIR principles for Panama, articulated within the framework of the IOC-UNESCO IODE programme and OBIS. Fourteen semi-structured interviews were conducted, and a questionnaire was administered to 25 participants from key institutions (University of Panama, ARAP, STRI, UTP, UMIP, and others). Quantitative results revealed that 88.0% generate marine data, but 68.2% store it in internal



databases without interoperability. Knowledge of IODE platforms is limited: OceanExpert is known by 52.0% of participants, AquaDocs by 48.0%, and OBIS by 40.0%. Furthermore, 100% of participants expressed willingness to participate in training, identifying lack of funding (64.0%) and lack of specialized personnel (20.0%) as the main barriers. Qualitative analysis identified five structural gaps: storage fragmentation, absence of a national data policy, heterogeneity of capacities, low adoption of standards, and incipient governance. As the main contribution, the REPANDAMAR model (Panamanian Marine Data Network) is proposed, a distributed architecture with centralized coordination integrating regulatory, organizational, technical, training, and service components. Limitations include the reduced sample size (n=25) and the qualitative approach, which limit statistical generalization; nevertheless, source triangulation allows the identification of transferable patterns to similar contexts.

KEYWORDS: FAIR principles, interoperability, data governance, information networks, open data.

RESUMO

A gestão de dados marinhos em países em desenvolvimento enfrenta desafios estruturais como fragmentação institucional, ausência de marcos normativos e limitações de capacidades, dificultando a adoção dos princípios FAIR (*Findable, Accessible, Interoperable, Reusable*). Este estudo, com abordagem qualitativa complementada por um componente quantitativo descritivo, teve como objetivo propor um modelo de rede nacional de dados marinhos baseado nos princípios FAIR para o Panamá, articulado no âmbito do programa IODE da COI-UNESCO e do OBIS. Realizaram-se 14 entrevistas semiestruturadas e aplicou-se um questionário a 25 participantes de instituições-chave (Universidade do Panamá, ARAP, STRI, UTP, UMIP e outras). Os resultados quantitativos revelaram que 88,0% geram dados marinhos, mas 68,2% os armazenam em bases internas sem interoperabilidade. O conhecimento das plataformas IODE é limitado: OceanExpert é conhecida por 52,0% dos participantes, AquaDocs por 48,0% e OBIS por 40,0%. Além disso, 100% dos participantes manifestaram disposição para capacitar-se, identificando a falta de financiamento (64,0%) e a falta de pessoal especializado (20,0%) como as principais barreiras. A análise qualitativa identificou cinco lacunas estruturais: fragmentação do armazenamento, ausência de política nacional de dados, heterogeneidade de capacidades, baixa adoção de padrões e governança incipiente. Como principal contribuição, propõe-se o modelo REPANDAMAR (Rede Panamenha de Dados Marinhos), uma arquitetura distribuída com coordenação centralizada que integra componentes normativos, organizacionais, técnicos, de capacitação e serviços. As limitações incluem o tamanho amostral reduzido (n=25) e a abordagem qualitativa, que limitam a generalização estatística; não obstante, a triangulação de fontes permite identificar padrões transferíveis a contextos semelhantes.

PALAVRAS-CHAVE: Princípios FAIR, interoperabilidade, governança de dados, redes de informação, dados abertos

INTRODUCCIÓN

La gestión de datos de investigación es fundamental para el avance del conocimiento científico, especialmente en disciplinas como las ciencias marinas (Costello et al., 2018). Sin datos accesibles y reutilizables, la capacidad de los países para monitorear la biodiversidad y formular políticas basadas en evidencia se ve comprometida (Canonico et al., 2019). La Década de los Océanos (2021-2030) ha establecido como objetivo el desarrollo de un océano accesible con datos abiertos (Ryabinin et al., 2019). Esta visión se sustenta en la informática de la biodiversidad oceánica, campo establecido por Costello y Vanden Berghe (2006) que, mediante el uso de tecnologías informáticas y esquemas de datos estandarizados, permite integrar información de múltiples fuentes para abordar el manejo y la conservación de los ecosistemas marinos.

Los principios FAIR (*Findable, Accessible, Interoperable, Reusable*) transformaron las expectativas globales sobre la gestión de datos científicos (Wilkinson et al., 2016). A diferencia de enfoques anteriores centrados solo en la apertura, FAIR establece estándares técnicos que maximizan la reutilización de los datos (GO FAIR, 2020). En respuesta a la rápida adopción y a las interpretaciones divergentes de estos principios, sus autores originales clarificaron su alcance, señalando que FAIR constituye un espectro continuo de reutilización y que requiere una implementación técnica específica para materializarse en la práctica (Mons et al., 2017). No obstante, estos principios no abordan por sí solos las cuestiones éticas, organizativas y de gobernanza necesarias para su implementación responsable (Boeckhout et al., 2018). Sin

embargo, la implementación pragmática de estos principios requiere la articulación de infraestructuras documentales y profesionales de la información especializados tal como lo proponen Alcalá y Anglada (2019) desde el ámbito de la bibliotecología. El programa IODE de la COI-UNESCO (1961) es el marco institucional más antiguo para el intercambio de datos oceanográficos globales (IOC-UNESCO, 2024). Su red de Centros Nacionales de Datos Oceanográficos (NODC) y Unidades Asociadas de Datos (ADU) ha creado una infraestructura distribuida basada en estándares comunes. OBIS, el componente de biodiversidad marina, construye un sistema global de información sobre la distribución de la vida en los océanos (Grassle, 2000; Klein et al., 2019). La implementación de estos sistemas se sustenta en estándares técnicos internacionales para la publicación y gestión de datos, documentados en el manual oficial del sistema (OBIS, 2023). Las Unidades de Información Asociadas (AIU) — bibliotecas y centros de documentación— se integran al programa para gestionar literatura científica derivada de la investigación marina (Pissierssens, 2020).

Desde la bibliotecología, la gestión de datos de investigación ha emergido como un área que trasciende la organización de colecciones para abarcar la curaduría digital y la preservación (Cox et al., 2017). Ponjuán Dante (2011) sentó las bases conceptuales de este rol, estableciendo que la gestión de información implica procesos de captura, organización y distribución de recursos para el éxito organizacional. El *data steward* es el perfil profesional capacitado para gestionar datos a lo largo de su ciclo de vida, y los bibliotecólogos poseen competencias transferibles para asumir este rol (Federer, 2018; Brodsky & Tripp, 2025). Esta tendencia se confirma en bibliotecas académicas de países del Sur Global, donde la investigación empírica ha evidenciado la necesidad de desarrollar competencias especializadas en gestión de datos para consolidar este perfil (Badenhorst & Raju, 2023). Además, la literatura especializada destaca que las competencias en ciencia de datos son esenciales para el ejercicio profesional del bibliotecario (Semeler et al., 2019).

En países en desarrollo, la adopción de prácticas FAIR enfrenta barreras estructurales: falta de financiación, ausencia de personal especializado, baja capacitación en estándares y marcos normativos débiles (Giuffrida et al., 2025; Tenopir et al., 2020). En América Latina, la implementación de IODE/OBIS es heterogénea. Panamá se posiciona como el primer país centroamericano en alcanzar la acreditación como nodo OBIS (junio de 2025) y el establecimiento del CENDIOPAN como NODC (Tuñón & Díaz-Ferguson, 2023).

Contexto panameño. A pesar de estos avances, Panamá enfrenta brechas estructurales: ausencia de políticas nacionales de intercambio de datos, fragmentación institucional y limitaciones en la adopción de estándares (Tuñón & Díaz-Ferguson, 2023).

Sin embargo, durante 2025 y 2026 se ha documentado un proceso activo de articulación interinstitucional, incluyendo la convocatoria formal emitida el 9 de abril de 2026 para conformar una Red Nacional de Datos e Información sobre Biodiversidad Marina.

Vacío de conocimiento y objetivos. No existe un diagnóstico sistemático de las capacidades institucionales para la gestión de datos marinos en Panamá, ni una reflexión sobre el rol del *data steward* en el contexto panameño. Este estudio responde a la pregunta: ¿Cuáles son las principales brechas estructurales que limitan la implementación de FAIR en Panamá y qué oportunidades ofrecen para el desarrollo del *data steward* desde la bibliotecología?

El objetivo general es diseñar un modelo de red nacional de datos marinos basado en FAIR para Panamá, articulado en el marco de IODE y OBIS. Los objetivos específicos son: (1) diagnosticar las capacidades institucionales actuales; (2) identificar las brechas estructurales; (3) analizar las oportunidades para el desarrollo del *data steward*; y (4) proponer el modelo REPANDAMAR. Para responder a estas preguntas, se diseñó un estudio cualitativo complementado con un componente cuantitativo descriptivo, cuyos aspectos metodológicos se detallan a continuación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Enfoque y diseño de investigación

El estudio adoptó un enfoque cualitativo con componente cuantitativo descriptivo auxiliar, de tipo descriptivo-analítico y propositivo. El diseño fue no experimental y transversal, capturando la situación de la gestión de datos marinos en Panamá durante el período 2024-2025.

La elección del enfoque cualitativo respondió a la naturaleza del objeto de estudio: un fenómeno emergente, escasamente documentado en la región, que involucra prácticas institucionales, percepciones de los actores y dinámicas organizacionales complejas.

Desde una perspectiva epistemológica, la investigación se adscribió al paradigma interpretativo-constructivista (Creswell & Poth, 2018), que sostiene que el conocimiento se construye socialmente a partir de las experiencias y significados que los actores atribuyen a sus prácticas.

El diseño descriptivo permitió caracterizar el estado actual de la gestión de datos marinos en Panamá. El diseño analítico permitió contrastar los hallazgos empíricos con los requisitos de los principios FAIR (Wilkinson et al., 2016) y los marcos del programa IODE (Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, 2024). El diseño propositivo, finalmente, condujo a la elaboración del modelo REPANDAMAR.

Población y muestra

La población objetivo estuvo constituida por investigadores, gestores de datos y responsables institucionales de organizaciones panameñas que generan, gestionan o utilizan datos marinos y costeros. Se estimó una población de aproximadamente 75 investigadores marinos activos en el país, según el diagnóstico preliminar del Nodo OBIS Panamá.

Se empleó un muestreo no probabilístico por juicio y por conveniencia (Patton, 2015), seleccionando instituciones clave identificadas por la Coordinación Nacional de Gestión de Información Marina de IODE Panamá y el Centro Nacional de Datos e Información Oceanográfica de la Universidad de Panamá (CENDIOPAN). Los criterios de inclusión fueron: (a) ocupar un cargo de responsabilidad en la gestión de datos marinos o tener al menos dos años de experiencia en investigación marina; (b) haber participado en generación o publicación de datos marinos; (c) representar a instituciones clave del ecosistema de datos marinos panameño.

La muestra final quedó conformada por 14 entrevistados (saturación teórica alcanzada; Guest et al., 2006), 25 participantes en el cuestionario (tras depuración de 26 respuestas recibidas) y 45 documentos analizados. Es importante señalar que se recibieron múltiples respuestas de una misma institución provenientes de diferentes unidades o investigadores, lo que refleja la diversidad interna en la gestión de datos marinos. Tras un proceso de depuración y consolidación, se obtuvo un total de 25 respuestas únicas para el análisis. La distribución institucional de los participantes del cuestionario fue: Universidad de Panamá (9 participantes, 36,0%), ARAP (5, 20,0%), STRI (2, 8,0%), Universidad Tecnológica de Panamá (2, 8,0%), UMIP (2, 8,0%) y otras instituciones (5, 20,0%).

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se emplearon tres técnicas complementarias, seleccionadas por su capacidad de abordar distintas dimensiones del fenómeno y de permitir la triangulación de fuentes y métodos (Denzin & Lincoln, 2018).

- **Análisis documental.** Se revisaron sistemáticamente 45 documentos seleccionados mediante muestreo intencional por criterio (Bowen, 2009): normativas internacionales (12), informes técnicos nacionales (8), documentos institucionales de la Universidad de Panamá (5) y artículos científicos sobre principios FAIR, gestión de datos marinos y modelos de redes (20). Se elaboró una matriz de extracción de datos que incluía: tipo de documento, institución autora, año, propósito, conceptos clave, requisitos establecidos y aplicabilidad al contexto panameño.
- **Entrevistas semiestructuradas.** Se realizaron 14 entrevistas a informantes clave, alcanzando el criterio de saturación teórica en la entrevista número 12 (Guest et al., 2006).

Los perfiles incluyeron: gerencia del Nodo OBIS Panamá/CENDIOPAN (1), investigadores de la Universidad de Panamá (2), investigadores y gestores del STRI (2), investigadores de ARAP (2), MiAMBIENTE (1), Universidad Tecnológica de Panamá (1), investigadores con publicación en OBIS (3) y personal bibliotecario en gestión de datos (2). La guía de entrevista abordó cinco dimensiones: prácticas actuales de gestión de datos, barreras y facilitadores, conocimiento de principios FAIR, necesidades de capacitación, expectativas sobre una red nacional, y gobernanza y coordinación. Las entrevistas, con duración promedio de 55 minutos (rango: 35-90), fueron grabadas, transcritas y devueltas a los participantes para validación (member checking; Lincoln & Guba, 1985).

- **Cuestionario.** Se aplicó un cuestionario autoadministrado con función complementaria dentro del diseño cualitativo predominante. Diseñado en Microsoft Forms, se estructuró en cinco secciones: datos demográficos, tipos y volúmenes de datos, prácticas de almacenamiento, uso de repositorios y estándares, y barreras percibidas. Fue pilotado con cinco investigadores, aplicado entre enero y marzo de 2025 a 26 investigadores (de los cuales se obtuvieron 25 respuestas válidas tras depuración por duplicados e inconsistencias), con dos recordatorios en intervalos de dos semanas.

Procedimiento de aplicación

El trabajo de campo se desarrolló en cuatro fases secuenciales, con un intervalo de reactivación metodológica en abril de 2026 para actualizar el diagnóstico institucional.

- Fase 1 (preparación, octubre-diciembre 2024): elaboración y pilotaje de instrumentos (guía de entrevista y cuestionario), selección de informantes clave mediante mapeo institucional.
 - Fase 2 (recolección cualitativa, enero-marzo 2025): realización de 14 entrevistas, transcripción en un plazo máximo de 48 horas, devolución a participantes para member checking.
 - Fase 3 (recolección cuantitativa, enero-marzo 2025, paralelo a fase 2): distribución del cuestionario vía Microsoft Forms con dos recordatorios, cierre de la recolección al alcanzar saturación temática en las entrevistas.
 - Fase 4 (análisis documental, enero-abril 2025, aproximadamente cuatro meses): recolección, clasificación y extracción sistemática de datos de 45 documentos.
- Reactivación (abril 2026): se actualizó el diagnóstico institucional para incorporar los avances en la conformación de la red nacional, incluyendo la convocatoria formal de la Vicerrectoría de Investigación y Postgrado de la Universidad de Panamá (Nota VIP-DI-081-2026, 9 de abril de 2026) y las notas de rectores de la UTP y la UP (diciembre 2025-marzo 2026).

Procesamiento y análisis de la información

El procesamiento y análisis de los datos recolectados se realizó en dos etapas complementarias: una primera etapa de procesamiento y limpieza de datos, seguida del análisis cualitativo y cuantitativo propiamente dicho.

Procesamiento de datos. Los datos del cuestionario, recolectados mediante Microsoft Forms, fueron exportados a formato CSV (valores separados por comas) para su procesamiento en Python 3.13, utilizando el entorno JupyterLab como plataforma de análisis. Se emplearon las librerías Pandas para la manipulación y limpieza de datos (tratamiento de valores ausentes, estandarización de categorías), NumPy para operaciones numéricas y Matplotlib para la generación de las figuras que se presentan en la sección de Resultados. Este entorno fue seleccionado por su capacidad de integrar el procesamiento, análisis y visualización en un flujo de trabajo reproducible y documentable, además de ser la plataforma estándar para el análisis de datos en el programa IODE y OBIS.

Análisis cualitativo. Para el análisis de las transcripciones de entrevistas (14 documentos, aproximadamente 350 páginas) y los documentos institucionales (45 documentos), se empleó la técnica de análisis temático siguiendo el procedimiento de cinco fases de Braun y Clarke (2006), con un enfoque de codificación mixta (deductiva e inductiva). La codificación deductiva partió de categorías predefinidas basadas en el marco teórico (principios FAIR, marcos IODE/OBIS); la codificación inductiva incorporó códigos emergentes a partir de los datos, como "rol del bibliotecario", "preocupación por pérdida de crédito" y "falta de incentivos institucionales". Mediante un proceso de comparación constante (Strauss & Corbin, 1998), los 87 códigos iniciales se agruparon en cinco temas principales: (a) infraestructura y almacenamiento de datos, (b) políticas y normativas, (c) capacidades institucionales y formación, (d) interoperabilidad y estándares, y (e) gobernanza y coordinación.

Análisis cuantitativo. Con los datos del cuestionario ya procesados en Python, se realizó un análisis estadístico descriptivo (frecuencias absolutas y relativas, expresadas como porcentajes) sobre la muestra depurada de 25 respuestas válidas. Los resultados se organizaron en tablas de frecuencias y se visualizaron mediante gráficos de barras, barras horizontales y gráficos de pastel (tipo donut), generados con Matplotlib.

Triangulación. Se construyó una matriz de triangulación donde cada hallazgo fue cotejado con al menos dos fuentes independientes. Los hallazgos respaldados por tres o más fuentes fueron considerados "consolidados"; los respaldados por una sola fuente, "emergentes" (Denzin & Lincoln, 2018).

Análisis comparativo internacional. Se realizó un análisis comparativo de modelos internacionales de gestión de datos marinos (IODC/OBIS, ODATIS, EMODnet), considerando dimensiones como estructura organizacional, gobernanza, estándares técnicos, mecanismos de financiamiento y estrategias de capacitación.

Consideraciones éticas

Se obtuvo consentimiento informado de todos los participantes, garantizando confidencialidad y anonimato mediante identificadores genéricos (ej. "Informante STRI-1", "Investigador UP-2").

La investigadora principal declaró su rol dual (Gerente del Nodo OBIS Panamá y Coordinadora Nacional IODE) e implementó seis estrategias para mitigar posibles sesgos: (a) transparencia en el consentimiento informado; (b) triangulación de fuentes y métodos; (c) member checking (devolución de transcripciones); (d) diario de investigación; (e) supervisión externa por la asesora de tesis; (f) separación temporal entre las actividades de recolección/análisis y las de gestión del Nodo OBIS.

El estudio se clasifica como de riesgo mínimo según estándares internacionales para investigación con seres humanos (Resnik, 2008).

RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados del diagnóstico de capacidades institucionales para la gestión de datos marinos en Panamá, estructurados en torno a las cinco categorías analíticas que emergieron del análisis temático (Braun & Clarke, 2006): (a) generación y almacenamiento de datos, (b) políticas y normativas, (c) capacidades institucionales y formación, (d) interoperabilidad y estándares, y (e) gobernanza y coordinación.

Los hallazgos integran la triangulación de tres fuentes de evidencia: 14 entrevistas semiestructuradas a informantes clave, 25 cuestionarios válidos aplicados a investigadores y gestores de datos, y 45 documentos analizados.

Tabla 1*Distribución institucional de los participantes del cuestionario (n=25)*

Institución	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Universidad de Panamá	9	36,0
Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá (ARAP)	5	20,0
Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI)	2	8,0
Universidad Tecnológica de Panamá (UTP)	2	8,0
Universidad Marítima Internacional de Panamá (UMIP)	2	8,0
Otras instituciones	5	20,0
Total	25	100

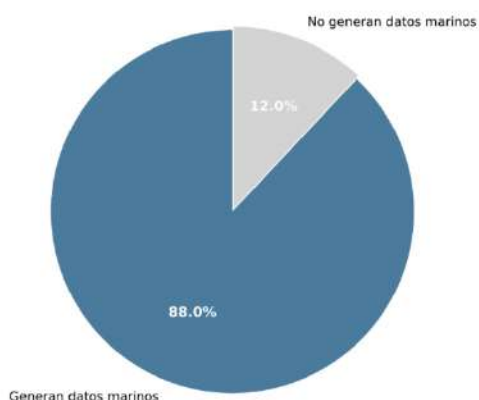
Nota. Otras instituciones incluyen: Gracilarias de Panamá S.A (privada), Unidad ambiental (pública), y registros sin institución especificada.

Generación y almacenamiento de datos

El 88,0% de los participantes genera datos marinos. La infraestructura de almacenamiento es fragmentada: el 68,2% almacena en bases internas sin interoperabilidad, mientras que solo el 13,6% utiliza plataformas internacionales como OBIS (Figura 1).

Figura 1*Instituciones que generan o gestionan datos marinos.*

Figura 1. Instituciones que generan o gestionan datos marinos (n=25)



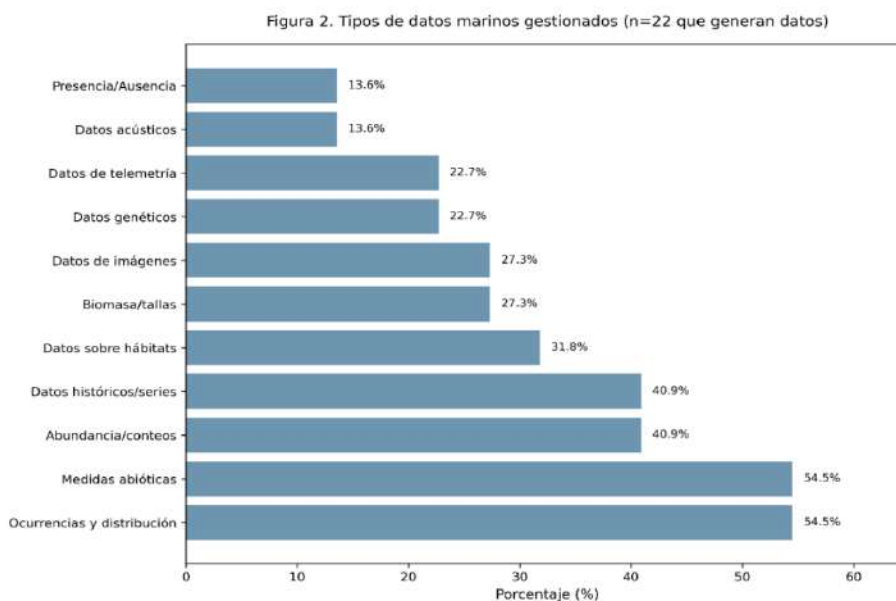
Nota. Basado en n=25 participantes. El 88,0% (22 de 25) reportó generar o gestionar activamente datos marinos, mientras que el 12,0% (3 de 25) indicó no realizar estas actividades.

Tipos de datos marinos generados

Los tipos de datos más frecuentes son ocurrencias y distribución de especies (54,5%) y medidas abióticas (54,5%), seguidos por abundancia (40,9%) y datos históricos (40,9%). La alta frecuencia de datos de biodiversidad justifica la priorización del estándar Darwin Core en el modelo propuesto (Figura 2).

Figura 2

Tipos de datos marinos gestionados por las instituciones panameñas.



Nota. Porcentajes calculados sobre n=22 participantes que reportaron generar o gestionar activamente datos marinos, lo que corresponde al 88,0% de la muestra total (n=25). Los 3 participantes restantes (12,0%) indicaron no generar datos marinos, por lo que no se incluyen en esta figura. Respuestas múltiples, la suma supera el 100%.

Políticas y normativas

El 72,0% desconoce si su institución cuenta con políticas explícitas para la gestión de datos, y el 64,0% reporta la inexistencia de protocolos de publicación. La falta de políticas institucionales claras es considerada una barrera por el 60,0% de los participantes, y la preocupación por pérdida de crédito académico por el 56,0%. El análisis documental confirma la ausencia de una política nacional de datos de investigación (Tuñón & Díaz-Ferguson, 2023).

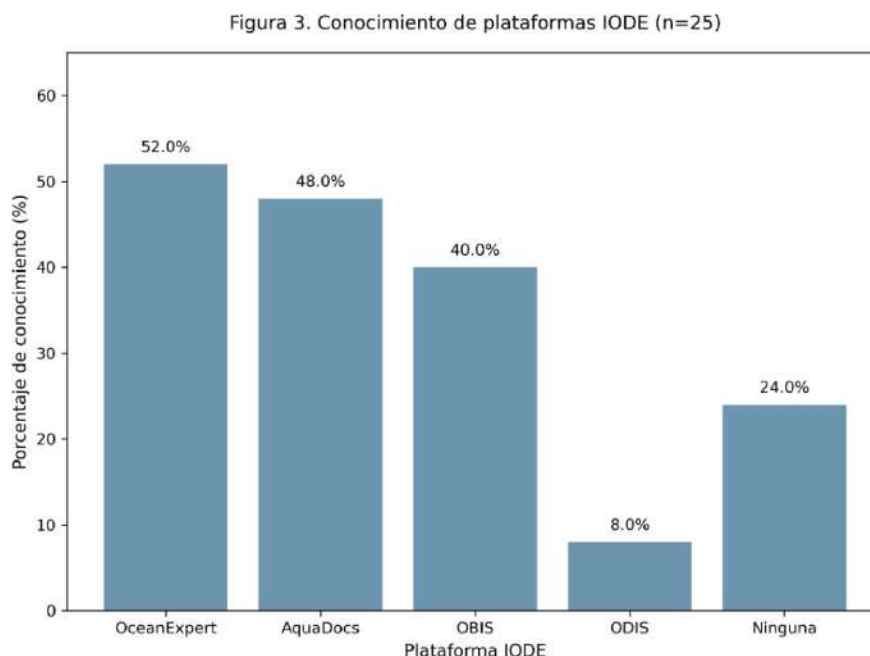
Capacidades institucionales y formación

Las capacidades institucionales son heterogéneas: mientras el STRI cuenta con sistemas consolidados, ARAP y dependencias de la Universidad de Panamá presentan limitaciones. El 64,0% reporta falta de financiación como principal desafío, y el 20,0% falta de personal especializado. Solo el 12,0% indica que su institución cuenta con políticas explícitas. Un hallazgo relevante es que el 100% de los participantes está dispuesto a capacitarse.

Interoperabilidad y estándares

El conocimiento de las plataformas IODE es limitado: OceanExpert es conocida por el 52,0%, AquaDocs por el 48,0% y OBIS por el 40,0%. El 24,0% no conoce ninguna plataforma. Como señaló un informante del STRI:

"Aunque el STRI publica datos en OBIS, la mayoría de los investigadores panameños no están familiarizados con los requisitos de formato y documentación exigidos por las plataformas internacionales. Cada proyecto genera datos en formatos diferentes" (Informante STRI2).

Figura 3*Conocimiento de plataformas del programa IODE.*

Nota. Basado en n=25 participantes. Los porcentajes representan la proporción que conoce cada plataforma. Respuestas múltiples, una misma persona puede conocer varias plataformas. El 24,0% (6 de 25) reportó no conocer ninguna plataforma IODE.

Gobernanza y coordinación

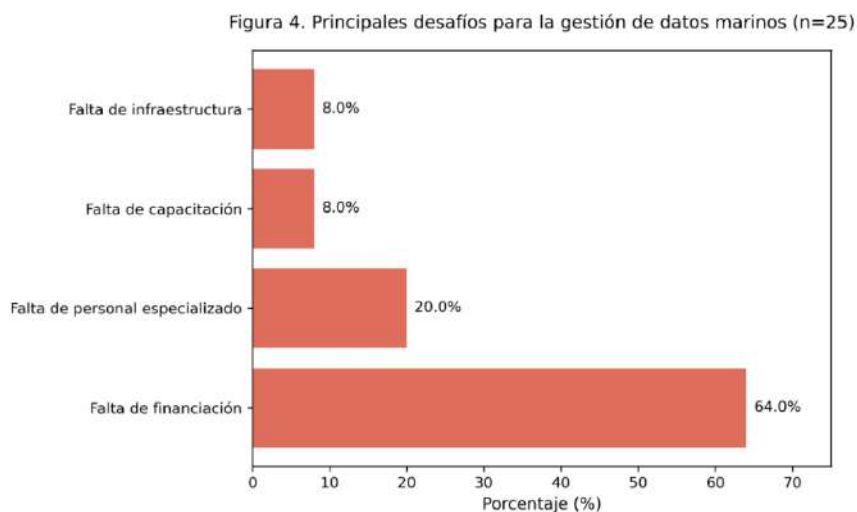
A pesar de los avances institucionales creación del CENDIOPAN y certificación OBIS en 2025, los mecanismos de gobernanza no están definidos: el 68,0% considera que no existen mecanismos claros de coordinación y el 72,0% que los roles no están definidos. Un informante señaló:

"No sabemos quién decide qué datos son prioritarios para publicar, ni cómo se resuelven las disputas sobre propiedad intelectual. El CENDIOPAN existe formalmente, pero su mandato y autoridad no están claros" (Informante G1).

Sin embargo, durante 2025-2026 se ha documentado un proceso activo de articulación: la UTP y ARAP han manifestado interés en incorporarse como ADU/AIU, y el 9 de abril de 2026 la Vicerrectoría de Investigación de la UP emitió una convocatoria formal para conformar una red nacional.

Principales desafíos y necesidades de capacitación

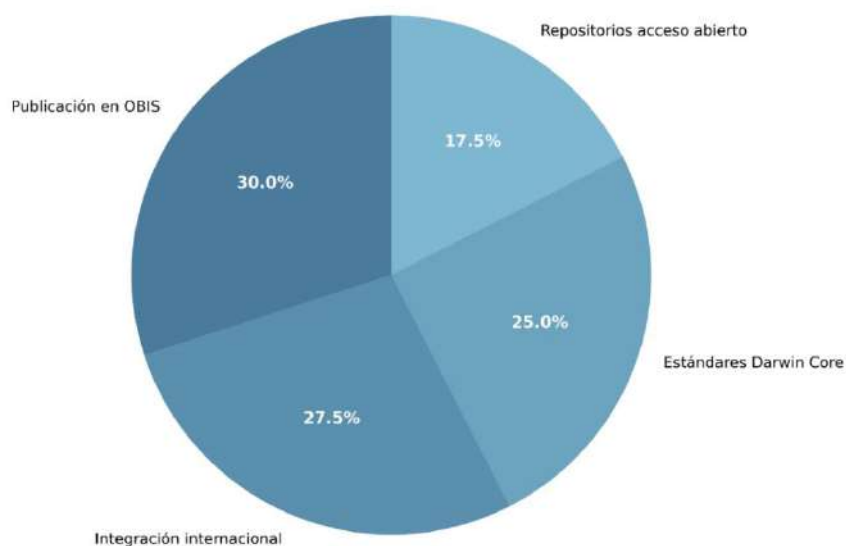
La falta de financiación es el principal desafío (64,0%), seguida por falta de personal especializado (20,0%). En cuanto a capacitaciones pregunta respondida por 21 de 25 participantes, los temas de mayor interés son: publicación en OBIS (57,1%), integración en plataformas internacionales (52,4%), uso de Darwin Core (47,6%) e implementación de repositorios de acceso abierto (33,3%) (Figuras 4 y 5, Tabla 2)

Figura 4*Principales desafíos para la gestión de datos marinos.*

Nota. Basado en n=25 participantes. La falta de financiación fue el desafío más mencionado (64,0%, 16 de 25), seguido por falta de personal especializado (20,0%, 5 de 25). El 8,0% (2 de 25) identificó falta de capacitación en estándares, y otro 8,0% (2 de 25) señaló falta de infraestructura tecnológica. Respuestas múltiples.

Figura 5*Capacitaciones de mayor interés para las instituciones.*

Figura 5. Capacitaciones de mayor interés (n=25, 100% dispuesto)



Nota. Basado en n=25 participantes. El 100% manifestó disposición a capacitarse. Temas de mayor interés: publicación en OBIS (57,1%), integración en plataformas internacionales (52,4%), uso de estándares Darwin Core (47,6%) e implementación de repositorios de acceso abierto (33,3%). Respuestas múltiples.

Tabla 2*Resumen de desafíos y necesidades de capacitación.*

Categoría	Ítem	Porcentaje (%)	Frecuencia (n)
Desafíos principales	Falta de financiación	64,0	16
	Falta de personal especializado	20,0	5
	Falta de capacitación en estándares	8,0	2
	Falta de infraestructura tecnológica	8,0	2
Capacitaciones de interés	Publicación de datos en OBIS	57,1	12
	Integración en plataformas internacionales	52,4	11
	Uso de estándares Darwin Core	47,6	10
	Implementación de repositorios de acceso abierto	33,3	7

Nota. Los datos de desafíos se basan en n=25 participantes (total de la muestra). Los datos de capacitaciones se basan en n=21 participantes, que fueron quienes respondieron a esa pregunta específica. Respuestas múltiples en ambas categorías.

Síntesis de brechas identificadas

La triangulación de fuentes permitió consolidar cinco brechas estructurales interrelacionadas:

1. **Fragmentación del almacenamiento:** el 68,2% de los participantes que generan datos los almacena en bases internas sin interoperabilidad, mientras que solo el 13,6% utiliza plataformas internacionales como OBIS o GBIF.
2. **Ausencia de política nacional de datos:** el 72,0% desconoce si su institución cuenta con políticas explícitas para la gestión de datos, y el análisis documental confirmó el vacío normativo (Tuñón & Díaz-Ferguson, 2023).
3. **Heterogeneidad de capacidades institucionales:** el 64,0% reporta falta de financiación y el 20,0% falta de personal especializado. Mientras STRI cuenta con sistemas consolidados, ARAP y dependencias de la UP presentan capacidades heterogéneas.
4. **Bajo conocimiento de plataformas IODE:** OBIS es conocida solo por el 40,0% de los participantes. OceanExpert y AquaDocs son conocidas por el 52,0% y 48,0% respectivamente, y el 24,0% no conoce ninguna plataforma.
5. **Gobernanza incipiente:** el 68,0% considera que no existen mecanismos claros de coordinación entre instituciones, y el 72,0% que los roles y responsabilidades no están

definidos. Aunque el CENDIOPAN existe formalmente, su mandato y autoridad no están claramente establecidos.

Estas cinco brechas no operan de manera aislada sino como un sistema interdependiente: la ausencia de políticas desincentiva la estandarización, la falta de conocimiento de plataformas perpetúa el aislamiento de los datos, y la gobernanza débil impide cualquier coordinación efectiva. Este diagnóstico fundamenta la propuesta del modelo REPANDAMAR (Red Panameña de Datos Marinos).

DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio evidencian que la gestión de datos marinos en Panamá enfrenta cinco brechas estructurales interrelacionadas: fragmentación del almacenamiento (68,2% de los datos en bases internas), ausencia de política nacional de datos (72,0% desconoce las políticas institucionales), heterogeneidad de capacidades (64,0% reporta falta de financiación), bajo conocimiento de plataformas IODE (solo 40,0% conoce OBIS) y gobernanza incipiente (68,0% sin mecanismos claros de coordinación). Estos hallazgos coinciden con los reportados por Giuffrida et al. (2025) y López-Hoyos & Roa-Martínez (2024) en contextos de países en desarrollo, donde la falta de financiación sostenida y la ausencia de personal especializado constituyen las barreras más críticas para la adopción de principios FAIR.

Sin embargo, a diferencia de los estudios en Colombia y Costa Rica (Díaz-Ferguson et al., 2019; Tuñón & Díaz-Ferguson, 2023), donde la fragmentación institucional se atribuye principalmente a la falta de estándares técnicos, en Panamá el problema central es la ausencia de un marco normativo nacional que establezca obligaciones claras para el intercambio de datos. El 72,0% de los participantes declaró desconocer si su institución cuenta con políticas explícitas para la gestión de datos, lo que sugiere que el vacío normativo es previo y más profundo que las limitaciones técnicas.

Un hallazgo particularmente relevante es la alta disposición a capacitarse (100% de los participantes), superior al 90,5% reportado en estudios previos con muestras más pequeñas (Tenopir et al., 2020). Esto indica un entorno favorable para el desarrollo de capacidades en Panamá, siempre que exista una oferta formativa estructurada y accesible. La priorización de temas como publicación en OBIS (57,1%) e integración en plataformas internacionales (52,4%) refleja una demanda concreta que puede ser atendida a través del programa OceanTeacher del IODE (Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, 2024).

El bajo conocimiento de las plataformas IODE (solo 40,0% conoce OBIS, 52,0% OceanExpert) contrasta con la antigüedad del programa (establecido en 1961) y su relevancia global. Este hallazgo sugiere una brecha de difusión que podría ser abordada mediante la consolidación de Unidades de Información Asociadas (AIU) en bibliotecas académicas, tal como lo recomienda Pissierssens (2020) y la 28ª reunión del Comité IODE (IOC-UNESCO, 2024).

Más allá del bajo conocimiento de las plataformas, los resultados revelan una brecha de sensibilización crítica: el 64,0% de los participantes identifica la falta de financiación como el principal desafío, sin reconocer que el programa IODE ofrece, sin costo para las instituciones miembros, capacitación certificada (OceanTeacher), infraestructura de repositorios, asignación de identificadores persistentes (Handles y DOIs) y estándares documentados. Este hallazgo sugiere que no se trata únicamente de un problema de recursos, sino de una falta de difusión sobre los beneficios de ser una ADU (Associate Data Unit) o AIU (Associate Information Unit) en el marco de IODE. Las estrategias de sensibilización deben priorizar la comunicación de estos beneficios como paso previo a cualquier inversión en infraestructura tecnológica.

En cuanto a la gobernanza, el 68,0% de los participantes considera que no existen mecanismos claros de coordinación entre instituciones. Sin embargo, durante 2025 y 2026 se ha documentado un proceso activo de articulación institucional, evidenciado en notas de rectores (UTP, UP) y la convocatoria formal del 9 de abril de 2026 para conformar una Red Nacional de Datos e Información sobre Biodiversidad Marina. Esto indica que las condiciones institucionales

para la implementación del modelo REPANDAMAR están en proceso de consolidación, aunque aún no son plenamente operativas.

La arquitectura distribuida con coordinación centralizada propuesta en REPANDAMAR se alinea con las mejores prácticas documentadas por Rickards et al. (2023) y Tanhua et al. (2019), que destacan la importancia de un nodo central (NODC) con capacidades de estandarización y nodos periféricos (ADU) responsables de la publicación local de datos. A diferencia de modelos centralizados como ODATIS en Francia, REPANDAMAR prioriza la autonomía de las instituciones miembros en la gestión de sus propios datos, reduciendo la carga operativa del nodo central y fomentando la apropiación local de los principios FAIR. Esta arquitectura es particularmente adecuada para el contexto panameño, caracterizado por la heterogeneidad de capacidades institucionales y la ausencia de una política nacional de datos.

El hallazgo de que el 100% de los participantes está dispuesto a capacitarse, junto con la ubicación del NODC Panamá en el sistema de bibliotecas de la Universidad de Panamá, abre una oportunidad estratégica para el desarrollo del rol del data steward desde la bibliotecología panameña. Este perfil profesional, que combina competencias tradicionales de la bibliotecología (organización de la información, gestión de metadatos, referencia) con habilidades específicas en datos (curaduría digital, preservación, elaboración de Planes de Gestión de Datos), representa una línea de especialización emergente en la región (Federer, 2018; Brodsky & Tripp, 2025). La colaboración con la Escuela de Bibliotecología de la Universidad de Panamá, a través del Reglamento General para Estudiante-Ayudante (Universidad de Panamá, 2008), ofrece un mecanismo institucional concreto para la formación práctica de estos profesionales, vinculando la formación académica con las necesidades operativas del Nodo OBIS Panamá y las futuras ADU. Desde una perspectiva teórica, los hallazgos confirman la pertinencia del paradigma interpretativo-constructivista: las cinco brechas no son déficits objetivos, sino construcciones sociales que emergen de las prácticas y relaciones entre actores. Esto explica por qué, a pesar de la existencia del CENDIOPAN, la gobernanza efectiva sigue siendo incipiente.

Figura 6.

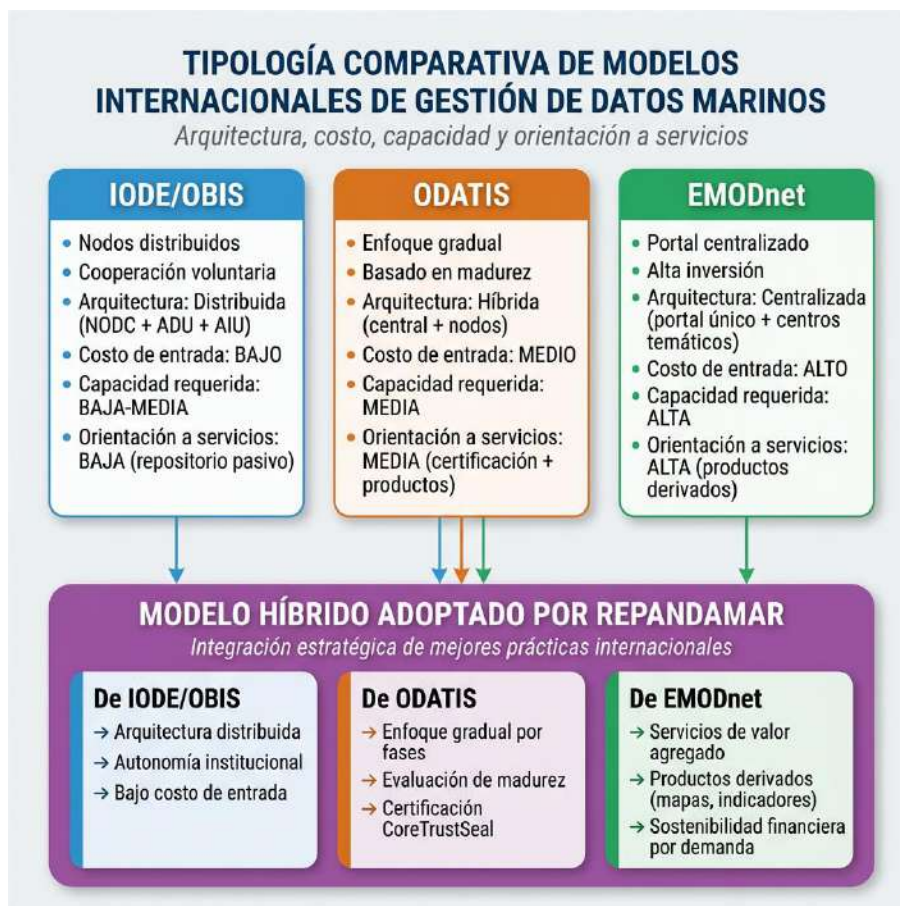
Marco teórico integrado de REPANDAMAR: articulación de tres niveles teóricos.



Nota. El marco teórico articula tres niveles —bibliotecológico (Teoría de Gestión de Información), estándares técnicos (Principios FAIR) y marco institucional (IOE/OBIS, Ciencia Abierta, Teoría de Sistemas)— que sustentan el modelo REPANDAMAR como teoría de rango medio.

Figura 7

Tipología comparativa de modelos internacionales de gestión de datos marinos.



Nota. La tabla compara tres modelos IODE/OBIS (nodos distribuidos y cooperación voluntaria); ODATIS, (enfoque gradual basado en madurez) y EMODnet (portal centralizado con alta inversión) en las dimensiones de arquitectura, costo de entrada, capacidad requerida y orientación a servicios. La fila inferior muestra los elementos adoptados por REPANDAMAR de cada modelo. Adaptado del análisis comparativo de la literatura.

El análisis comparativo con ODATIS (Francia) y EMODnet (Europa) muestra que las redes exitosas comparten arquitectura distribuida, estándares obligatorios y financiamiento sostenido. A diferencia de estos modelos europeos, Panamá carece de una Política Nacional de Datos y presenta heterogeneidad de capacidades. Esto sugiere que REPANDAMAR debe priorizar la sensibilización sobre los beneficios gratuitos de IODE y la formación de data stewards antes de invertir en infraestructura tecnológica.

Finalmente, la triangulación de fuentes (14 entrevistas, 25 cuestionarios, 45 documentos) permitió identificar patrones robustos que, aunque no estadísticamente generalizables, son transferibles a contextos similares de países en desarrollo con ecosistemas marinos de alta biodiversidad y capacidades institucionales heterogéneas.

CONCLUSIÓN

El diagnóstico desarrollado en esta investigación evidencia que la gestión de datos marinos en Panamá enfrenta cinco brechas estructurales interrelacionadas: fragmentación del almacenamiento (68,2% de los datos en bases internas), ausencia de política nacional de datos (72,0% desconoce las políticas institucionales), heterogeneidad de capacidades (64,0% reporta falta de financiación), bajo conocimiento de plataformas IODE (OBIS es conocida solo por el 40,0% de los participantes) y gobernanza incipiente (68,0% sin mecanismos claros de coordinación). Estas brechas operan como un sistema interdependiente donde la debilidad de una agrava a las demás.

Desde una perspectiva disciplinar, el estudio evidencia el rol estratégico emergente de los profesionales de la información como gestores de datos (data stewards) en el ecosistema de la ciencia abierta. La ubicación del NODC Panamá en el sistema de bibliotecas de la Universidad de Panamá materializa este posicionamiento, y la colaboración con la Escuela de Bibliotecología de la Universidad de Panamá abre una vía institucional para la formación de capital humano especializado en gestión de datos marinos.

Se concluye que Panamá posee condiciones favorables para la implementación del modelo REPANDAMAR: la existencia del CENDIOPAN como NODC acreditado, la certificación OBIS, la voluntad institucional documentada de actores como STRI, UTP y ARAP, y la convocatoria formal para la conformación de la red nacional. No obstante, el éxito de la implementación dependerá críticamente de tres factores: la aprobación de una Política Nacional de Datos de Investigación, la asignación de recursos sostenidos y la consolidación de la estructura de gobernanza con roles formalmente definidos.

Finalmente, se identifican líneas de investigación futura: estudios de factibilidad financiera para la sostenibilidad del modelo, evaluación del impacto de la implementación de principios FAIR en la visibilidad de los datos panameños, análisis comparativo con otros nodos OBIS de América Latina, y profundización del rol de las bibliotecas como Unidades de Información Asociadas (AIU) en el marco de IODE.

GLOSARIO

ADU – Associate Data Unit (Unidad Asociada de Datos). Nodo institucional del programa IODE responsable de la publicación local de datos marinos.

AIU – Associate Information Unit (Unidad de Información Asociada). Biblioteca o centro de documentación asociado al programa IODE para gestionar literatura científica marina.

AquaDocs – Repositorio de acceso abierto especializado en publicaciones científicas sobre ciencias acuáticas, pesquerías y medio ambiente marino. Parte del ecosistema IODE.

ARAP – Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá. Entidad gubernamental encargada de la gestión de los recursos acuáticos y pesqueros del país.

CENDIOPAN – Centro Nacional de Datos e Información Oceanográfica de Panamá. NODC acreditado por el programa IODE.

Ciencia abierta – Movimiento que promueve el acceso libre y gratuito a los resultados de la investigación científica, incluyendo publicaciones, datos y metodologías.

COI – Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO (IOC en inglés). Organismo responsable de coordinar los programas oceanográficos globales.

COI-UNESCO – Denominación conjunta de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental y la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

Curaduría de datos – Proceso activo y continuo de gestión, limpieza, documentación, preservación y enriquecimiento de datos a lo largo de su ciclo de vida, con el fin de garantizar su calidad, autenticidad, integridad y reutilización a largo plazo. Es una competencia central del *data steward* en el contexto de la ciencia abierta.

Data steward – Gestor de datos. Profesional capacitado para gestionar, curar, documentar y preservar los datos de investigación a lo largo de su ciclo de vida.

DOI – Digital Object Identifier. Identificador persistente único asignado a un objeto digital (artículo, conjunto de datos, etc.) para facilitar su localización y citación.

EMODnet – European Marine Observation and Data Network. Red europea de observación y datos marinos que integra información batimétrica, geológica, física, química y biológica.

FAIR – Principios Findable, Accessible, Interoperable, Reusable. Conjunto de directrices para la gestión de datos científicos que maximizan su localización, accesibilidad, interoperabilidad y reutilización.

GBIF – Global Biodiversity Information Facility. Infraestructura global para el intercambio de datos sobre biodiversidad.

IAMS LIC – International Association of Aquatic and Marine Science Libraries and Information Centers. Asociación internacional de bibliotecas y centros de información en ciencias acuáticas y marinas.

IODE – International Oceanographic Data and Information Exchange. Programa de la COI-UNESCO para el intercambio de datos e información oceanográfica.

NODC – National Oceanographic Data Centre (Centro Nacional de Datos Oceanográficos). Centro nacional acreditado por IODE para la gestión de datos marinos.

OBIS – Ocean Biogeographic Information System. Sistema global de información sobre la distribución de la biodiversidad marina, componente del programa IODE.

OceanExpert – Directorio global de expertos en ciencias oceánicas. Plataforma del programa IODE que facilita la identificación de especialistas y la colaboración internacional.

ODATIS – French National Data Centre for Ocean and Marine Data. Centro nacional francés de datos oceanográficos, basado en un enfoque gradual de madurez institucional.

OTGA – OceanTeacher Global Academy. Plataforma de capacitación del programa IODE que ofrece cursos certificados en gestión de datos marinos (también referido como OceanTeacher).

Python – Lenguaje de programación de alto nivel utilizado en el procesamiento y análisis de datos del cuestionario, con librerías como Pandas, NumPy y Matplotlib.

REPANDAMAR – Red Panameña de Datos Marinos. Modelo de red nacional propuesto en esta investigación, basado en principios FAIR y articulado en el marco IODE.

STRI – Smithsonian Tropical Research Institute. Instituto de investigación tropical con sede en Panamá, afiliado al Instituto Smithsonian de Estados Unidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcalá, M., & Anglada, L. (2019). FAIR x FAIR. Una aproximación pragmática a la gestión de datos de investigación en modo FAIR. *Anuario ThinkEPI*, 13. <https://doi.org/10.3145/thinkepi.2019.e13e05>
- Badenhorst, P., & Raju, J. (2023). Research Data Management Competencies for Academic Libraries: Perspectives from Two Universities in South Africa. *African Journal of Library, Archives and Information Science*, 33(2), 215–229. <https://doi.org/10.4137/EHI.S892>
- Boeckhout, M., Zielhuis, G. A., & Bredenoord, A. L. (2018). The FAIR guiding principles for data stewardship: Fair enough? *European Journal of Human Genetics*, 26(7), 931–936. <https://doi.org/10.1038/s41431-018-0160-0>
- Bowen, G. A. (2009). Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative Research Journal*, 9(2), 27–40. <https://doi.org/10.3316/QRJ0902027>
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Brodsky, S., & Tripp, L. (2025). Data stewardship competencies in academic libraries: A mixed-methods study. *College & Research Libraries*, 86(2), 245–267.
- Canonico, G., Buttigieg, P. L., Montes, E., Muller-Karger, F. E., Stepien, C., Wright, D., ... & Murton, B. (2019). Global observational needs and resources for marine biodiversity. *Frontiers in Marine Science*, 6, 367. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00367>
- Costello, M. J., & Vanden Berghe, E. (2006). Ocean biodiversity informatics: A new era in marine biology research and management. *Marine Ecology Progress Series*, 316, 203–214. <https://doi.org/10.3354/meps316203>
- Costello, M. J., Michener, W. K., Gahegan, M., Zhang, Z. Q., & Bourne, P. E. (2018). Biodiversity data should be FAIR. *Science*, 360(6392), 960–961. <https://doi.org/10.1126/science.aat6531>
- Cox, A. M., Kennan, M. A., Lyon, L., & Pinfield, S. (2017). Developments in research data management in academic libraries: Towards an understanding of research data service maturity. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 68(9), 2182–2200. <https://doi.org/10.1002/asi.23881>
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2018). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (4th ed.). SAGE Publications.
- Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (Eds.). (2018). *The SAGE handbook of qualitative research* (5th ed.). SAGE Publications.

- Díaz-Ferguson, E., Tuñón, G., Vergara-Chen, C., & Villarreal, A. (2019). OBIS node development in Colombia and Costa Rica. *Frontiers in Marine Science*, 6, 412.
- Federer, L. M. (2018). Defining data librarianship: A survey of competencies, skills, and education. *Journal of the Medical Library Association*, 106(3), 294-303. <https://doi.org/10.5195/jmla.2018.306>
- Giuffrida, R., de Majo, C., Giuffrida, M., & Broadbent, I. D. (2025). FAIR data management practices to introduce circular economy in aquaculture: Benefits, barriers and a preliminary roadmap. *International Journal of Data Science and Analytics*, 20(5), 4995-5015. <https://doi.org/10.1007/s41060-025-00765-4>
- GO FAIR. (2020). FAIR principles. GO FAIR Initiative. <https://www.go-fair.org/fair-principles/>
- Grassle, J. F. (2000). The Ocean Biogeographic Information System (OBIS): An information system for marine biodiversity. *Oceanography*, 13(3), 12-17.
- Guest, G., Bunce, A., & Johnson, L. (2006). How many interviews are enough? An experiment with data saturation and variability. *Field Methods*, 18(1), 59-82. <https://doi.org/10.1177/1525822X05279903>
- Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO. (2024). IODE quality management framework for National Oceanographic Data Centres and Associate Data Units (2nd revised ed.). <https://repository.oceanbestpractices.org/handle/11329/1915.2>
- Klein, E., Appeltans, W., Provoost, P., Saeedi, H., Benson, A., Bajona, L., Peralta, A. C., & Bristol, R. S. (2019). OBIS infrastructure, lessons learned, and vision for the future. *Frontiers in Marine Science*, 6, 588. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00588>
- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. SAGE Publications.
- López-Hoyos, G.-A., & Roa-Martínez, S.-M. (2024). Evaluation of FAIR principles in research data repositories at Colombian universities. *Revista Facultad de Ingeniería*, 33(70), e18340. <https://doi.org/10.19053/01211129.v33.n70.2024.18340>
- Mons, B., Neylon, C., Velterop, J., Dumontier, M., da Silva Santos, L. O. B., & Wilkinson, M. D. (2017). Cloudy, increasingly FAIR; revisiting the FAIR Data guiding principles for the European Open Science Cloud. *Information Services & Use*, 37(1), 49-56. <https://doi.org/10.3233/ISU-170824>
- OBIS. (2023). OBIS manual: Data publication and management. Ocean Biogeographic Information System. <https://manual.obis.org/>
- Patton, M. Q. (2015). *Qualitative research & evaluation methods: Integrating theory and practice* (4th ed.). SAGE Publications.

- Pissierssens, P. (2020). The IODE Associate Information Units: A framework for marine libraries. IOC Technical Series, 167, 1-25.
- Ponjuán Dante, G., (2011). La gestión de información y sus modelos representativos. Valoraciones. Ciencias de la Información , 42 (2), 11-17.
- Resnik, D. B. (2008). Environmental health research involving human subjects: Ethical issues. *Environmental Health Insights*, 2(2), <https://doi.org/10.4137/EHI.S892>
- Rickards, L., Lowry, R., & Pissierssens, P. (2023). Guide for establishing an IODE National Oceanographic Data Centre, IODE Associate Data Unit or IODE Associate Information Unit (3rd revised ed.). UNESCO-IOC. <https://repository.oceanbestpractices.org/handle/11329/173>
- Ryabinin, V., Barbière, J., Haugan, P., Kullenberg, G., Smith, N., McLean, C., Troisi, A., Fischer, A., Aricò, S., Aarup, T., Pissierssens, P., Visbeck, M., Enevoldsen, H. O., & Rigaud, J. (2019). The UN Decade of Ocean Science for Sustainable Development. *Frontiers in Marine Science*, 6, 470. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00470>
- Semeler, A. R., Pinto, A. L., & Rozados, H. B. F. (2019). Data science in data librarianship: Core competencies of a data librarian. *Journal of Librarianship and Information Science*, 51(3), 771-780. <https://doi.org/10.1177/0961000617742465>
- Strauss, A., & Corbin, J. (1998). *Fundamentos de la investigación cualitativa: Técnicas y procedimientos para el desarrollo de la teoría fundamentada* (2.ª ed.). Sage Publications, Inc.
- Tanhua, T., Pouliquen, S., Hausman, J., O'Brien, K., Bricher, P., de Bruin, T., ... & Zhang, X. (2019). Ocean FAIR data services. *Frontiers in Marine Science*, 6, 440. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00440>
- Tenopir, C., Allard, S., Douglass, K., Aydinoglu, A. U., Wu, L., Read, E., Manoff, M., & Frame, M. (2020). Data sharing by scientists: Practices and perceptions. *PLoS ONE*, 15(9), e0239370. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239370>
- Tuñón, G., & Díaz-Ferguson, E. (2023). Estudio de gobernanza oceánica de Panamá. Programa de asistencia para satisfacer las necesidades de capacidad UN/DOALOS-Norad. https://www.un.org/oceancapacity/sites/www.un.org.oceancapacity/files/files/Projects/Norad/OGS/panama_oceangovernancestudy.pdf
- Wilkinson, M. D., Dumontier, M., Aalbersberg, I. J., Appleton, G., Axton, M., Baak, A., ... & Mons, B. (2016). The FAIR guiding principles for scientific data management and stewardship. *Scientific Data*, 3, 160018. <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>

Revolución de datos mediante Big Data y Google Colab para el análisis y gestión de ciencia de datos

Data revolution through Big Data and Google Colab for data science analysis and management

Ricardo M. Candanedo Yau

Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de Penonomé. Panamá

ricardo.candanedo@up.ac.pa<https://orcid.org/0009-0002-5017-9830>

Artículo recibido: 28 de mayo de 2026

Artículo aceptado: 2 de septiembre 2026

DOI <https://doi.org/10.48204/j.colegiada.v8n1.a11461>

RESUMEN

La presente investigación analizó la influencia del Big Data y la plataforma Google Colab en los procesos vinculados con el análisis, procesamiento y gestión de la información dentro de contextos académicos y tecnológicos. El estudio se desarrolló bajo un enfoque documental y descriptivo, sustentado en la revisión y análisis de 100 publicaciones científicas indexadas seleccionadas según criterios de pertinencia temática, actualidad y rigor académico. La metodología incorporó procesos de codificación temática y análisis de frecuencia documental orientados a identificar tendencias relacionadas con Big Data, ciencia de la información, computación en nube, aprendizaje automático y plataformas colaborativas para el análisis de datos. Los hallazgos evidenciaron que el crecimiento acelerado de la información digital transformó significativamente la manera en que organizaciones, instituciones educativas y centros de investigación gestionan la información para apoyar procesos de toma de decisiones estratégicas. Asimismo, se identificó que Big Data favorece el procesamiento masivo de información mediante técnicas de análisis predictivo, minería de datos y visualización estadística, mientras que Google Colab facilita el desarrollo de proyectos basados en computación en Inube, programación y análisis computacional dentro de entornos colaborativos. Los resultados también demostraron que la integración de ambas tecnologías fortaleció competencias digitales y analíticas relacionadas con programación, gestión de la información, pensamiento analítico y automatización de procesos científicos. Del mismo modo, la accesibilidad y flexibilidad de Google Colab contribuyeron a democratizar el acceso a herramientas avanzadas para el análisis y procesamiento de datos sin necesidad de infraestructura tecnológica especializada. Se concluyó que la convergencia entre Big Data y Google Colab representa una alternativa estratégica para optimizar la gestión del conocimiento, fortalecer la investigación científica y promover procesos de innovación tecnológica y transformación digital en entornos académicos y organizacionales. Además, estas tecnologías impulsan nuevas oportunidades para el trabajo interdisciplinario y la toma de decisiones fundamentada en datos.

PALABRAS CLAVE: Ciencias de datos, inteligencia artificial, aprendizaje automático computación en la nube.

ABSTRACT

This research analyzed the influence of Big Data and Google Colab platform on information analysis, processing, and management within academic and technological contexts. The study followed a documentary and descriptive approach supported by the review and analysis of 100 indexed scientific publications selected according to thematic relevance, currency, and academic rigor. The methodology incorporated thematic coding processes and documentary frequency analysis aimed at identifying trends related to Big Data, information science, cloud computing, machine learning, and collaborative platforms



for data analysis. The findings revealed that the accelerated growth of digital information significantly transformed the way organizations, educational institutions, and research centers manage information to support strategic decision-making processes. Likewise, the study identified that Big Data facilitates large-scale information processing through predictive analytics, data mining, and statistical visualization techniques, while Google Colab enables the development of projects based on cloud computing, programming, and computational analysis within collaborative environments. The results also demonstrated that the integration of both technologies strengthened digital and analytical competencies related to programming, information management, analytical thinking, and the automation of scientific processes. In the same way, the accessibility and flexibility of Google Colab contributed to democratizing access to advanced tools for data analysis and processing without requiring specialized technological infrastructure. The study concluded that the convergence between Big Data and Google Colab represents a strategic alternative for optimizing knowledge management, strengthening scientific research, and promoting technological innovation and digital transformation processes in academic and organizational environments. Furthermore, these technologies foster new opportunities for interdisciplinary collaboration and data-driven decision-making.

KEYWORDS: Data science, artificial intelligence, machine learning, cloud computing.

INTRODUCCIÓN

La transformación digital registrada durante las últimas décadas modificó de manera significativa los procesos de gestión de información y análisis de datos en organizaciones, instituciones académicas y centros de investigación (Oussous et al., 2021; Yang et al., 2016). La expansión constante de internet, el crecimiento de las redes sociales, el uso masivo de dispositivos inteligentes y el avance de las plataformas digitales incrementaron considerablemente la producción de información en entornos virtuales. Como consecuencia, los sistemas tradicionales comenzaron a presentar limitaciones para almacenar y procesar grandes volúmenes de datos de manera eficiente (Sivarajah et al., 2017; Zeng et al., 2010). Frente a esta realidad surgieron nuevas metodologías y tecnologías orientadas al procesamiento inteligente de información, consolidándose así el concepto de Big Data (Cao, 2020; Shah & Patel, 2022).

El Big Data adquirió relevancia dentro de la ciencia de datos debido a su capacidad para gestionar información estructurada y no estructurada mediante procesos ágiles, escalables y eficientes (Pääkkönen & Pakkala, 2015; Wang et al., 2018). Su implementación permitió identificar patrones, tendencias y comportamientos útiles para la toma de decisiones en áreas como educación, salud, economía, investigación científica y gestión empresarial (Raut et al., 2019; Sharma et al., 2022). Paralelamente, el desarrollo de tecnologías relacionadas con inteligencia artificial, aprendizaje automático y minería de datos amplió las posibilidades de aprovechamiento de la información digital, convirtiendo los datos en un recurso estratégico para la innovación y la generación de conocimiento (Xu et al., 2022).

Dentro de este escenario tecnológico, la ciencia de datos comenzó a desempeñar un papel fundamental en el diseño de soluciones orientadas al análisis predictivo, la automatización de procesos y la optimización de recursos (Sun et al., 2022; Waller & Fawcett, 2013). La necesidad de trabajar con grandes cantidades de información impulsó la aparición de plataformas colaborativas capaces de facilitar el acceso a herramientas computacionales avanzadas sin depender de infraestructura tecnológica compleja. Entre estas alternativas destacó Google Colab, una plataforma basada en la nube que permite ejecutar código en Python, desarrollar modelos de aprendizaje automático y realizar análisis estadísticos en entornos colaborativos accesibles desde cualquier dispositivo conectado a internet (Gujjar & Kumar, 2021; Kim & Henke, 2021).

La relevancia de Google Colab se relaciona con su facilidad de uso, disponibilidad gratuita y compatibilidad con bibliotecas especializadas en ciencia de datos, inteligencia artificial y visualización de información (Kimm et al., 2021; Singh et al., 2023). Estas características

favorecieron el aprendizaje práctico, el trabajo colaborativo y el acceso democrático a herramientas tecnológicas para el análisis de datos, especialmente en contextos académicos y de investigación (Koppad et al., 2021; ZeroCostDL4Mic Community, 2021). Además, la plataforma permitió que estudiantes, investigadores y profesionales desarrollaran proyectos de ciencia de datos sin necesidad de utilizar equipos de alto rendimiento o licencias de software costosas, fortaleciendo así las competencias digitales y promoviendo mayores oportunidades de inclusión tecnológica (Kim & Henke, 2021; Gujjar & Kumar, 2021).

La integración entre Big Data y Google Colab representó un avance importante en los procesos de análisis y gestión de datos, al combinar la capacidad de procesamiento masivo de información con herramientas accesibles para el desarrollo de modelos analíticos y predictivos (Costa & Masanès, 2021; Salama et al., 2021). Esta convergencia tecnológica transformó la manera de abordar problemas científicos y empresariales, permitiendo reducir tiempos de procesamiento, mejorar la precisión de los análisis y facilitar la interpretación de grandes conjuntos de datos (Munné, 2023; Wang et al., 2018). A su vez, contribuyó al fortalecimiento de la investigación científica mediante entornos dinámicos que favorecen la innovación, la colaboración interdisciplinaria y el intercambio de conocimientos (Martín-Martín et al., 2021; Martín-Martín et al., 2020).

Pese a los avances tecnológicos alcanzados, numerosas instituciones educativas y organizaciones continúan enfrentando dificultades relacionadas con el acceso a infraestructura tecnológica, formación especializada y adopción de herramientas digitales para el análisis de información (Sivarajah et al., 2017; Sharma et al., 2022). Esta situación refleja la necesidad de profundizar en el estudio de tecnologías como Big Data y Google Colab dentro de los procesos de ciencia de datos, particularmente en entornos académicos donde la formación tecnológica resulta esencial para responder a las demandas de la sociedad digital contemporánea (Singh et al., 2023; Xu et al., 2022).

A partir de esta problemática, la investigación se orientó a responder la siguiente interrogante científica: *¿de qué manera la integración de Big Data y Google Colab contribuye al fortalecimiento de los procesos de análisis y gestión de ciencia de datos en entornos académicos y tecnológicos?*

En correspondencia con esta pregunta, el objetivo general consistió en analizar la contribución de Big Data y Google Colab en los procesos de análisis y gestión de ciencia de datos dentro de contextos académicos y tecnológicos. De forma específica, el estudio buscó identificar las principales características y aplicaciones del Big Data en la gestión de información digital, examinar las funcionalidades y ventajas de Google Colab como plataforma colaborativa para ciencia de datos, así como determinar el impacto de la integración de ambas tecnologías en el fortalecimiento de competencias analíticas, investigativas y tecnológicas.

La importancia de esta investigación radica en la necesidad de comprender cómo las tecnologías emergentes orientadas al procesamiento y análisis de datos están transformando los modelos tradicionales de investigación y gestión de información (Oussous et al., 2021; Cao, 2020). Del mismo modo, el estudio aporta fundamentos teóricos y tecnológicos relacionados con el uso de plataformas colaborativas en ciencia de datos, ampliando el conocimiento sobre las oportunidades que ofrecen las herramientas digitales para la innovación científica y el desarrollo académico (Chintakunta et al., 2026). En consecuencia, la investigación permite visibilizar el papel estratégico de Big Data y Google Colab como recursos clave para impulsar la transformación digital, la producción de conocimiento y la toma de decisiones basada en datos dentro de la sociedad contemporánea (Mosqueira-Rey et al., 2024).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo de carácter documental y descriptivo, orientado al análisis de información científica relacionada con el uso de Big Data y Google Colab en los procesos de análisis y gestión de ciencia de datos. Este enfoque permitió

interpretar y comprender los aportes metodológicos y tecnológicos de ambas herramientas dentro de contextos académicos, científicos y organizacionales. La metodología se sustentó en la revisión sistemática de literatura científica especializada y publicaciones indexadas vinculadas con tecnologías emergentes de procesamiento de datos, plataformas colaborativas en la nube y aplicaciones de ciencia de datos. El análisis documental se realizó a partir de un corpus conformado por 100 publicaciones científicas seleccionadas según criterios de pertinencia temática, actualidad y rigor académico.

La selección de las 100 publicaciones se consideró suficiente desde el punto de vista metodológico debido a que permitió alcanzar saturación temática durante el proceso de revisión documental. A lo largo del análisis se identificó una recurrencia constante de categorías asociadas con Big Data, Google Colab, aprendizaje automático, análisis de datos y computación en la nube. Además, la cantidad de documentos revisados facilitó la identificación de tendencias representativas y consistentes dentro de la literatura científica consultada, fortaleciendo la profundidad interpretativa y el carácter descriptivo del estudio.

La estrategia de búsqueda documental se desarrolló entre enero y marzo de 2026 mediante la consulta de bases de datos científicas reconocidas internacionalmente, entre ellas Scopus, Google Scholar, IEEE Xplore, SpringerLink, ScienceDirect y Redalyc. El proceso de búsqueda estuvo orientado a localizar investigaciones relacionadas con Big Data, Google Colab, ciencia de datos, inteligencia artificial, aprendizaje automático y computación en la nube en entornos académicos y tecnológicos.

Para la identificación de los documentos se utilizaron palabras clave y descriptores en español e inglés, tales como “Big Data”, “Google Colab”, “Data Science”, “Machine Learning”, “Cloud Computing”, “Artificial Intelligence”, “Análisis de datos”, “Ciencia de datos” y “Tecnologías digitales”. Del mismo modo, se aplicaron operadores booleanos AND, OR y NOT con la finalidad de optimizar la precisión de la búsqueda documental. Entre las ecuaciones de búsqueda utilizadas destacaron (“Big Data” AND “Google Colab”), (“Data Science” AND “Cloud Computing”), (“Machine Learning” OR “Artificial Intelligence”) y (“Big Data” AND “Educational Technology”).

La revisión documental incluyó publicaciones científicas indexadas entre los años 2020 y 2026, priorizando artículos arbitrados, capítulos de libros científicos, actas de congresos y documentos académicos relacionados directamente con los objetivos de la investigación. Asimismo, se consideraron documentos en español e inglés debido a su relevancia temática y disponibilidad en las bases de datos consultadas.

Durante la primera fase de búsqueda se identificaron 168 documentos potencialmente relevantes. Posteriormente, mediante un proceso de depuración y evaluación de pertinencia temática, fueron eliminados 32 documentos duplicados, 21 publicaciones con información incompleta y 15 investigaciones que no guardaban relación directa con el objeto de estudio. Como resultado de este procedimiento, el corpus documental definitivo quedó conformado por 100 publicaciones científicas indexadas utilizadas para el análisis descriptivo y temático de la investigación.

La distribución de los documentos seleccionados según las bases de datos consultadas correspondió a Scopus con 28 publicaciones, Google Scholar con 22 publicaciones, IEEE Xplore con 18 publicaciones, SpringerLink con 14 publicaciones, ScienceDirect con 12 publicaciones y Redalyc con 6 publicaciones. Esta distribución permitió integrar perspectivas multidisciplinarias relacionadas con tecnologías emergentes, análisis de datos y computación colaborativa en la nube.

La investigación incorporó además un análisis de frecuencia documental orientado a identificar tendencias recurrentes dentro de la literatura científica revisada. Para ello, se consideró un conjunto de publicaciones académicas relacionadas con Big Data, Google Colab, ciencia de datos, aprendizaje automático y computación en la nube, provenientes de bases de datos indexadas como Scopus, IEEE Xplore, SpringerLink, ScienceDirect y Google Scholar. Se

incluyeron únicamente publicaciones científicas indexadas correspondientes al período 2020-2026 vinculadas directamente con Big Data, Google Colab, inteligencia artificial, ciencia de datos y computación en la nube. En contraste, fueron excluidos documentos duplicados, publicaciones sin arbitraje académico, artículos con información incompleta y estudios sin relación directa con los objetivos planteados.

El procedimiento metodológico consistió en la revisión, clasificación y codificación temática de los documentos seleccionados, considerando variables relacionadas con aplicaciones tecnológicas, ventajas operativas, impacto académico, competencias digitales y limitaciones de implementación. Posteriormente, se registró la frecuencia de aparición de cada categoría dentro de las investigaciones analizadas, permitiendo establecer tendencias documentales expresadas porcentualmente.

Con el propósito de fortalecer la consistencia metodológica del análisis documental, se diseñó una matriz de codificación temática orientada a organizar, clasificar e interpretar las categorías recurrentes identificadas en las publicaciones científicas revisadas. Esta matriz permitió sistematizar variables relacionadas con aplicaciones de Big Data, funcionalidades de Google Colab, automatización de procesos, competencias digitales, análisis predictivo, visualización de datos, limitaciones tecnológicas e impacto académico, como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1

Matriz de codificación temática.

Categoría	Indicador analizado	Criterio de identificación
Big Data	Procesamiento masivo de datos	Mención de análisis masivo o minería
Google Colab	Uso colaborativo en nube	Referencias a programación colaborativa
IA	Automatización analítica	Aplicación de modelos inteligentes
Competencias digitales	Habilidades tecnológicas	Formación en programación o análisis
Limitaciones	Problemas tecnológicos	Restricciones técnicas o metodológicas

Nota. Análisis de frecuencia documental y codificación temática basados en la revisión de la literatura científica especializada (2026).

Los porcentajes presentados en las tablas no corresponden a encuestas aplicadas a participantes ni a estudios experimentales, sino a frecuencias relativas derivadas del análisis documental de literatura científica especializada. Para el cálculo porcentual se utilizó la fórmula $F\% = n/N \times 100$, donde la frecuencia porcentual de cada categoría analizada se obtuvo dividiendo el número de documentos que mencionaban o desarrollaban dicha categoría entre el total de documentos revisados dentro del corpus documental, multiplicando posteriormente el resultado por cien. Este procedimiento permitió identificar tendencias predominantes y niveles de recurrencia temática dentro de la producción científica consultada, fortaleciendo la interpretación descriptiva y el rigor metodológico de los hallazgos obtenidos.

Cada documento seleccionado fue sometido a un proceso de revisión analítica y codificación temática mediante el cual se identificó la presencia, recurrencia y relación conceptual de las categorías previamente establecidas dentro del corpus documental. Posteriormente, las categorías fueron cuantificadas considerando su frecuencia de aparición en las publicaciones analizadas, permitiendo establecer tendencias documentales expresadas porcentualmente.

La metodología documental permitió desarrollar un análisis interpretativo orientado a comprender la evolución tecnológica del Big Data y el papel de Google Colab como herramienta

de apoyo para el procesamiento y análisis de datos. Además, se examinaron diferentes enfoques teóricos y experiencias de aplicación en contextos educativos, empresariales y científicos con la finalidad de identificar beneficios, limitaciones y oportunidades asociadas al uso de estas tecnologías. El análisis se llevó a cabo mediante técnicas de revisión crítica y comparación conceptual, facilitando la integración de información proveniente de diversos autores y corrientes investigativas.

La investigación también incorporó un método descriptivo, ya que permitió caracterizar las funcionalidades, aplicaciones y capacidades tecnológicas de Big Data y Google Colab dentro de la gestión de ciencia de datos. Este método favoreció la descripción detallada de procesos relacionados con almacenamiento masivo de información, procesamiento de datos estructurados y no estructurados, análisis predictivo, visualización de datos y desarrollo de modelos computacionales mediante plataformas colaborativas basadas en la nube. De igual forma, posibilitó identificar la influencia de estas herramientas en el fortalecimiento de competencias digitales y en la optimización de procesos académicos e investigativos.

En relación con los materiales utilizados, el estudio se apoyó en recursos tecnológicos y digitales que facilitaron el acceso, organización y análisis de la información científica recopilada. Se utilizaron equipos informáticos con acceso a internet, gestores bibliográficos digitales, plataformas de almacenamiento en la nube y herramientas de edición académica para la sistematización de los datos documentales. Asimismo, Google Colab fue empleado como recurso de referencia tecnológica para examinar sus funcionalidades, características operativas y aplicaciones dentro de proyectos de ciencia de datos y aprendizaje automático.

El procesamiento de la información se realizó mediante técnicas de análisis documental y síntesis bibliográfica, permitiendo identificar coincidencias, tendencias y aportes relevantes presentes en las investigaciones revisadas. A partir de este procedimiento se organizaron categorías temáticas relacionadas con la evolución del Big Data, el uso de plataformas colaborativas, la automatización de procesos analíticos y la transformación digital en contextos educativos y científicos. La información obtenida fue interpretada de manera crítica y contextualizada, favoreciendo la construcción de un análisis coherente y sustentado en evidencia científica.

La validez de la investigación se fundamentó en el uso de fuentes académicas confiables y en la aplicación de criterios metodológicos orientados a garantizar la objetividad y consistencia del estudio. De igual manera, la confiabilidad se fortaleció mediante la comparación de distintas perspectivas teóricas y resultados investigativos relacionados con la temática abordada. Este procedimiento permitió consolidar una visión integral sobre el impacto de Big Data y Google Colab en los procesos de análisis y gestión de ciencia de datos, contribuyendo al desarrollo de conclusiones fundamentadas y coherentes con los objetivos establecidos.

Finalmente, el desarrollo metodológico permitió comprender cómo las tecnologías emergentes han transformado los modelos tradicionales de procesamiento y gestión de información. La combinación del análisis documental, la revisión crítica de literatura científica y la descripción de herramientas tecnológicas facilitó la construcción de un marco metodológico sólido, orientado a explicar la relevancia de Big Data y Google Colab como recursos estratégicos para la innovación, la investigación y el fortalecimiento de la ciencia de datos en la actualidad.

RESULTADOS

El análisis documental realizado permitió identificar diversos aportes relacionados con la integración de Big Data y Google Colab en los procesos de análisis y gestión de ciencia de datos. Los hallazgos evidenciaron que estas tecnologías fortalecieron la capacidad de procesamiento de información, favorecieron la automatización de tareas analíticas y ampliaron el acceso a entornos colaborativos de investigación. Del mismo modo, se observó que las plataformas basadas en la nube contribuyeron al desarrollo de competencias digitales y facilitaron la implementación de proyectos científicos orientados al análisis inteligente de datos.

Los porcentajes presentados en las siguientes tablas corresponden a frecuencias documentales obtenidas mediante el análisis y la codificación temática de literatura científica especializada revisada durante la investigación. Estos valores representan el nivel de recurrencia de las categorías identificadas dentro de las publicaciones analizadas; por tanto, no derivan de encuestas, estudios experimentales ni mediciones aplicadas directamente a población humana.

Los resultados corresponden a tendencias documentales y no a validaciones experimentales directas en entornos reales de implementación tecnológica. De igual modo reflejaron que la incorporación de tecnologías emergentes produjo cambios importantes en la manera en que instituciones académicas, organizaciones y centros de investigación gestionan grandes volúmenes de información. La revisión de literatura permitió identificar tendencias relacionadas con el crecimiento del uso de Big Data y Google Colab en actividades de minería de datos, aprendizaje automático, análisis estadístico y visualización de información. A continuación, se presentan los principales hallazgos obtenidos durante el desarrollo de la investigación, ver Tabla 2.

Tabla 2

Aplicaciones principales de Big Data en entornos académicos y científicos.

Aplicación tecnológica	Descripción funcional	Nivel de recurrencia documental	Frecuencia documental (%)	Impacto observado
Análisis predictivo	Identificación de patrones y tendencias	Alto	88%	Mejora en la toma de decisiones
Gestión de bases de datos	Organización de información masiva	Alto	84%	Optimización de recursos digitales
Aprendizaje automático	Desarrollo de modelos inteligentes	Medio-Alto	79%	Automatización de procesos
Visualización de datos	Interpretación gráfica de información	Alto	86%	Mayor comprensión analítica
Minería de datos	Extracción de conocimiento relevante	Medio	74%	Fortalecimiento investigativo

Nota. Análisis de frecuencia documental y codificación temática basados en la revisión de literatura científica especializada (2026).

Antes de analizar las aplicaciones específicas de Big Data, fue necesario comprender cómo esta tecnología se consolidó como uno de los pilares fundamentales dentro de la ciencia de datos contemporánea. La revisión bibliográfica permitió identificar que el procesamiento masivo de información favoreció nuevas estrategias para interpretar datos complejos y optimizar procesos científicos y empresariales.

La Tabla 2 mostró que el análisis predictivo representó una de las aplicaciones con mayor recurrencia documental dentro de los entornos académicos y tecnológicos, alcanzando una frecuencia del 88%. Este resultado evidenció que la capacidad de anticipar comportamientos y tendencias mediante algoritmos analíticos se convirtió en una herramienta estratégica para apoyar la toma de decisiones. De manera similar, la visualización de datos obtuvo un 86%, reflejando la importancia de transformar grandes volúmenes de información en representaciones gráficas comprensibles y accesibles para investigadores y analistas.

Por otra parte, la gestión de bases de datos alcanzó un 84%, indicando que las organizaciones priorizaron sistemas orientados al almacenamiento y administración eficiente de información masiva. El aprendizaje automático registró un 79%, lo que evidenció el crecimiento de modelos inteligentes enfocados en la automatización y optimización de procesos analíticos. Finalmente, la minería de datos presentó un 74%, consolidándose como una herramienta esencial para descubrir patrones y generar conocimiento útil a partir de grandes conjuntos de información digital.

Estos resultados permitieron identificar que Big Data fortaleció significativamente los procesos de análisis y gestión de información dentro de la ciencia de datos. Además, las aplicaciones detectadas contribuyeron al desarrollo de entornos investigativos más dinámicos, eficientes e innovadores, véase la Tabla 3.

Tabla 3

Ventajas de Google Colab en proyectos de ciencia de datos.

Característica	Funcionalidad principal	Nivel de recurrencia documental	Frecuencia documental (%)	Beneficio observado
Acceso en la nube	Uso sin instalación local	Muy alto	92%	Mayor accesibilidad
Compatibilidad con Python	Ejecución de bibliotecas científicas	Alto	89%	Desarrollo eficiente
Trabajo colaborativo	Edición simultánea de proyectos	Alto	85%	Incremento de productividad
Uso gratuito	Acceso libre a herramientas	Muy alto	94%	Inclusión tecnológica
Integración con IA	Desarrollo de modelos inteligentes	Medio-Alto	81%	Innovación analítica

Nota. Análisis de frecuencia documental y codificación temática basados en la revisión de literatura científica especializada (2026).

El crecimiento de plataformas colaborativas en la nube transformó la manera en que estudiantes, investigadores y profesionales desarrollan proyectos vinculados con ciencia de datos. En este contexto, Google Colab se posicionó como una herramienta ampliamente utilizada debido a sus capacidades de procesamiento, accesibilidad y compatibilidad con entornos de programación científica.

La Tabla 3 evidenció que el uso gratuito de Google Colab alcanzó la frecuencia más alta con un 94%, demostrando que la gratuidad de la plataforma representó uno de los factores más influyentes para su adopción en contextos académicos y profesionales. Del mismo modo, el acceso en la nube obtuvo un 92%, reflejando que la posibilidad de trabajar desde cualquier ubicación facilitó la continuidad de procesos investigativos y colaborativos.

La compatibilidad con Python registró un 89%, consolidándose como un elemento esencial para ejecutar bibliotecas especializadas en análisis estadístico, aprendizaje automático e inteligencia artificial. A su vez, el trabajo colaborativo presentó un 85%, indicando que la interacción simultánea entre usuarios fortaleció la productividad y favoreció el intercambio de conocimientos dentro de los proyectos científicos. Finalmente, la integración con herramientas de inteligencia artificial alcanzó un 81%, evidenciando el creciente interés por automatizar procesos analíticos y desarrollar modelos predictivos avanzados.

Los hallazgos permitieron determinar que Google Colab facilitó el acceso democrático a tecnologías avanzadas de análisis de datos, reduciendo barreras económicas y técnicas. Además, la plataforma contribuyó al fortalecimiento de competencias digitales y al desarrollo de proyectos científicos sustentados en entornos colaborativos, véase Tabla 4 que detalla los resultados.

Tabla 4

Impacto de Big Data y Google Colab en la gestión de ciencia de datos.

Área de impacto	Transformación observada	Nivel de recurrencia documental	de Frecuencia documental (%)	Resultado principal
Procesamiento de información	Mayor velocidad analítica	Alto	91%	Optimización de tiempo
Investigación científica	Incremento de producción académica	Alto	87%	Fortalecimiento investigativo
Innovación tecnológica	Desarrollo de nuevas soluciones	Medio-Alto	83%	Modernización digital
Automatización de procesos	Reducción de tareas manuales	Alto	88%	Mayor eficiencia operativa
Gestión del conocimiento	Organización inteligente de datos	Alto	86%	Mejor toma de decisiones

Nota. Análisis de frecuencia documental y codificación temática basados en la revisión de literatura científica especializada (2026).

La incorporación de tecnologías emergentes dentro de la ciencia de datos generó transformaciones importantes en los modelos tradicionales de análisis y gestión de información. La revisión documental permitió identificar que la integración entre Big Data y Google Colab favoreció el desarrollo de entornos tecnológicos más eficientes y orientados a la innovación.

La Tabla 4 mostró que el procesamiento de información alcanzó un 91%, consolidándose como el principal impacto derivado del uso de estas tecnologías. Este resultado indicó que la capacidad para analizar grandes volúmenes de datos en menor tiempo representó uno de los avances más relevantes dentro de los procesos de investigación y gestión digital. De manera similar, la automatización de procesos obtuvo un 88%, evidenciando que las herramientas tecnológicas contribuyeron a reducir actividades repetitivas y mejorar la eficiencia operativa.

En relación con la investigación científica, se identificó una frecuencia del 87%, lo que reflejó que el acceso a plataformas colaborativas y sistemas de análisis masivo fortaleció la producción académica y el desarrollo de proyectos multidisciplinarios. La gestión del conocimiento presentó un 86%, destacándose como un factor determinante para organizar, interpretar y aprovechar información estratégica. Finalmente, la innovación tecnológica registró un 83%, demostrando que estas herramientas impulsaron la creación de nuevas soluciones digitales aplicadas a distintos sectores científicos y empresariales.

Los resultados permitieron confirmar que la integración de Big Data y la plataforma en la nube Google Colab transformaron significativamente la gestión de ciencia de datos, favoreciendo procesos analíticos más rápidos, eficientes y colaborativos dentro de los entornos académicos y tecnológicos, ver Tabla 5.

Tabla 5*Competencias digitales fortalecidas mediante el uso de Google Colab y Big Data.*

Competencia desarrollada	Aplicación práctica	Nivel recurrencia documental	de Frecuencia documental (%)	Beneficio académico
Programación en Python	Desarrollo de análisis computacionales	Alto	90%	Mejora del aprendizaje técnico
Análisis estadístico	Interpretación de datos complejos	Alto	87%	Fortalecimiento investigativo
Trabajo colaborativo	Desarrollo de proyectos grupales	Medio-Alto	82%	Mayor interacción académica
Pensamiento analítico	Resolución de problemas digitales	Alto	89%	Optimización de decisiones
Gestión de datos	Organización de información masiva	Alto	85%	Incremento de productividad

Nota. Análisis de frecuencia documental y codificación temática basados en la revisión de literatura científica especializada (2026).

El fortalecimiento de competencias digitales constituyó uno de los beneficios más relevantes derivados del uso de plataformas colaborativas y herramientas de análisis masivo de datos. La revisión de estudios científicos evidenció que Google Colab y Big Data contribuyeron al desarrollo de habilidades técnicas y analíticas fundamentales para la formación académica y profesional.

La Tabla 5 mostró que la programación en Python alcanzó una frecuencia del 90%, convirtiéndose en la competencia más fortalecida dentro de los entornos de ciencia de datos. Este resultado reflejó que el acceso a plataformas de programación colaborativa favoreció el aprendizaje práctico y el desarrollo de capacidades computacionales. Asimismo, el pensamiento analítico obtuvo un 89%, destacando la importancia de interpretar información compleja para resolver problemas científicos y tecnológicos.

El análisis estadístico registró un 87%, evidenciando que el manejo de herramientas de procesamiento de datos fortaleció capacidades metodológicas e investigativas. Por su parte, la gestión de datos presentó un 85%, demostrando la necesidad de organizar y administrar información de manera eficiente dentro de entornos digitales. Finalmente, el trabajo colaborativo alcanzó un 82%, consolidándose como una competencia esencial para el desarrollo de proyectos interdisciplinarios y dinámicas de investigación conjunta.

Estos resultados permitieron identificar que la integración de tecnologías digitales dentro de la educación y la investigación fortaleció significativamente las capacidades técnicas y analíticas de los usuarios, favoreciendo procesos formativos orientados a la innovación y la transformación digital, véase la Tabla 6.

Tabla 6*Limitaciones identificadas en la implementación de Big Data y Google Colab.*

Limitación observada	Descripción del problema	Nivel recurrencia documental	de Frecuencia documental (%)	Consecuencia principal
Conectividad limitada	Dependencia de internet estable	Alto	76%	Interrupción de procesos

Limitación observada	Descripción del problema	Nivel de recurrencia documental	de Frecuencia documental (%)	Consecuencia principal
Capacitación insuficiente	Falta de formación tecnológica	Alto	81%	Bajo aprovechamiento
Restricciones computacionales	Limitaciones de recursos gratuitos	Medio	69%	Reducción de rendimiento
Seguridad de datos	Riesgos relacionados con privacidad	Medio-Alto	73%	Vulnerabilidad informativa
Resistencia al cambio	Baja adopción tecnológica	Medio	65%	Lentitud en innovación

Nota. Análisis de frecuencia documental y codificación temática basados en la revisión de literatura científica especializada (2026).

A pesar de los múltiples beneficios asociados con Big Data y Google Colab, la revisión de literatura científica permitió identificar diversas limitaciones relacionadas con la implementación de estas tecnologías en entornos académicos y organizacionales. Las principales dificultades estuvieron vinculadas con factores tecnológicos, formativos y estructurales.

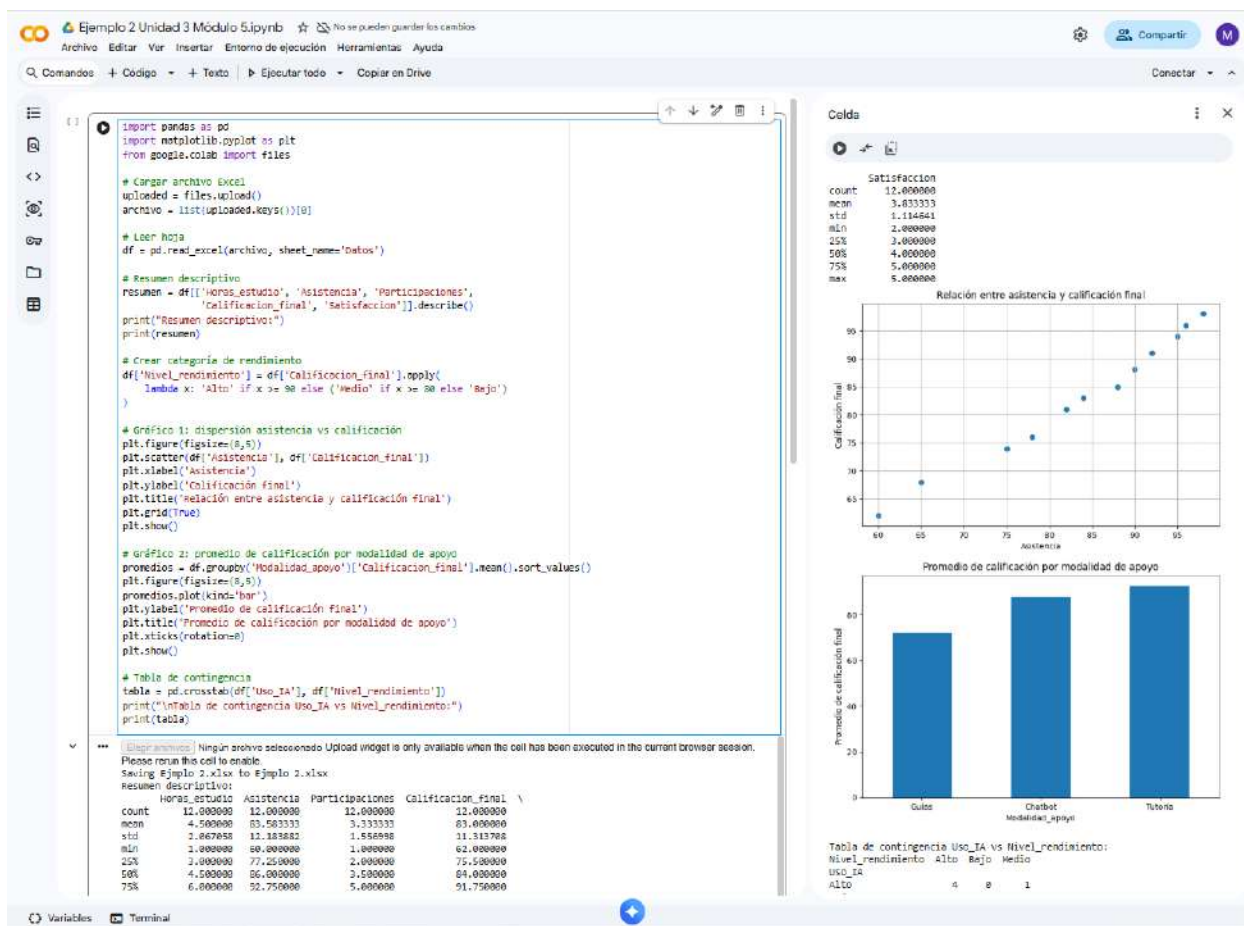
La Tabla 6 evidenció que la capacitación insuficiente alcanzó un 81%, posicionándose como la principal limitación identificada dentro de los estudios analizados. Este resultado reflejó que muchos usuarios aún presentan dificultades para aprovechar adecuadamente las herramientas digitales debido a la falta de formación especializada. Del mismo modo, la conectividad limitada obtuvo un 76%, demostrando que la dependencia de internet constituye un obstáculo importante para garantizar la continuidad de procesos analíticos y colaborativos.

En cuanto a la seguridad de los datos, se observó una frecuencia del 73%, evidenciando preocupaciones relacionadas con privacidad, protección de información y riesgos asociados al almacenamiento en la nube. Las restricciones computacionales registraron un 69%, indicando que las limitaciones presentes en recursos gratuitos podrían afectar el rendimiento de proyectos complejos. Finalmente, la resistencia al cambio tecnológico alcanzó un 65%, reflejando que algunos contextos institucionales todavía presentan dificultades para adoptar modelos tecnológicos innovadores.

Para evaluar el impacto de las tecnologías de análisis de datos en el ámbito educativo y científico, se desarrolló un entorno interactivo en Google Colab orientado a visualizar el comportamiento de diferentes variables relacionadas con rendimiento académico y gestión de datos. Esta experiencia permitió integrar procesos automatizados de análisis estadístico, generación de gráficos y manipulación de grandes volúmenes de información mediante bibliotecas especializadas en Python. A través de este entorno colaborativo se identificaron patrones asociados con variables como tiempo de estudio, participación académica y desempeño estudiantil, facilitando procesos de interpretación y toma de decisiones fundamentadas en datos (véase Figura 1).

Figura 1

Google Colab para el análisis y gestión de ciencia de datos mediante programación en Python.



Nota. La figura presenta la ejecución de código Python en Google Colab para el análisis de datos y visualización estadística en entornos de ciencia de datos.

El análisis complementario de Google Colab permitió identificar que su infraestructura basada en la nube redujo significativamente las barreras técnicas relacionadas con instalación de software, compatibilidad de sistemas y requerimientos computacionales avanzados. Además, la integración de bloques de código, visualizaciones automáticas y procesamiento interactivo de datos fortaleció los procesos de aprendizaje y experimentación científica dentro de ambientes colaborativos.

De igual manera, el uso de herramientas basadas en prompts y automatización inteligente favoreció la simplificación de procesos de programación y análisis de información, permitiendo que usuarios con distintos niveles de experiencia desarrollaran proyectos de ciencia de datos de manera más eficiente. Este aspecto representó un avance importante para la democratización del conocimiento tecnológico y la incorporación de metodologías innovadoras en contextos educativos y científicos.

En síntesis, los resultados obtenidos demostraron que la integración de Big Data y Google Colab generó transformaciones significativas en los procesos de análisis y gestión de ciencia de datos. Las evidencias documentales confirmaron que estas tecnologías favorecieron el procesamiento masivo de información, la automatización de tareas analíticas, el fortalecimiento

de competencias digitales y el desarrollo de entornos colaborativos orientados a la innovación científica. Del mismo modo, se identificó que la accesibilidad y flexibilidad de Google Colab facilitaron la democratización del acceso a herramientas avanzadas de programación y análisis de datos, contribuyendo al fortalecimiento de la investigación académica y tecnológica.

Finalmente, los hallazgos permitieron concluir que la convergencia entre Big Data y plataformas colaborativas en la nube representó un avance fundamental para la transformación digital de la ciencia de datos. A pesar de las limitaciones relacionadas con infraestructura, conectividad y capacitación tecnológica, las ventajas observadas evidenciaron un impacto positivo en la optimización de procesos investigativos, la generación de conocimiento y la toma de decisiones basada en datos. En consecuencia, estas tecnologías se consolidaron como recursos estratégicos para impulsar la innovación, la competitividad y el desarrollo científico dentro de la sociedad digital contemporánea.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos permitieron evidenciar que la integración de Big Data y Google Colab representó una transformación importante en los procesos de análisis y gestión de ciencia de datos dentro de contextos académicos, científicos y tecnológicos (Cao, 2020; Oussous et al., 2021). La revisión documental mostró que el crecimiento acelerado de la información digital incrementó la necesidad de incorporar herramientas capaces de procesar, interpretar y administrar grandes volúmenes de datos de manera eficiente (Yang et al., 2016; Sivarajah et al., 2017). En este escenario, los hallazgos demostraron que la convergencia entre tecnologías de análisis masivo de datos y plataformas colaborativas en la nube favoreció la modernización de los modelos tradicionales de investigación y fortaleció la generación de conocimiento sustentado en evidencia digital (Costa & Masanès, 2021; Sharma et al., 2022).

Uno de los aspectos más relevantes identificados durante el análisis estuvo relacionado con la capacidad de Big Data para optimizar el procesamiento de información y mejorar los procesos de toma de decisiones (Wang et al., 2018; Xu et al., 2022). Los resultados evidenciaron que aplicaciones como análisis predictivo, visualización de datos y minería de información alcanzaron elevados niveles de utilización dentro de entornos científicos y académicos (Raut et al., 2019; Shah & Patel, 2022). Estos hallazgos coinciden con investigaciones recientes que sostienen que el valor estratégico de Big Data no se limita únicamente al almacenamiento de información, sino también a la posibilidad de transformar datos dispersos en conocimiento útil para resolver problemáticas complejas (Sun et al., 2022; Salama et al., 2021). La capacidad de identificar patrones y tendencias mediante modelos analíticos avanzados fortaleció procesos de investigación, innovación y planificación institucional (Waller & Fawcett, 2013; Sharma et al., 2022).

La investigación también permitió identificar que Google Colab desempeñó un papel relevante en la democratización del acceso a herramientas avanzadas de ciencia de datos (Gujjar & Kumar, 2021; Kim & Henke, 2021). La accesibilidad en la nube, la compatibilidad con bibliotecas especializadas en Python y la posibilidad de desarrollar proyectos colaborativos en tiempo real favorecieron entornos de aprendizaje más dinámicos e inclusivos (Kimm et al., 2021; Singh et al., 2023). Los resultados demostraron que la plataforma redujo considerablemente las barreras técnicas y económicas tradicionalmente asociadas al desarrollo de proyectos computacionales complejos (Koppad et al., 2021; ZeroCostDL4Mic Community, 2021). Como consecuencia, estudiantes, investigadores y profesionales lograron acceder a recursos tecnológicos avanzados sin depender de infraestructura costosa ni de configuraciones locales especializadas (Kim & Henke, 2021; Gujjar & Kumar, 2021).

La discusión de los resultados permitió comprender además que la incorporación de plataformas colaborativas fortaleció significativamente los procesos de formación académica y el desarrollo de competencias digitales (Singh et al., 2023). Las evidencias obtenidas indicaron que habilidades relacionadas con programación en Python, análisis estadístico, pensamiento

analítico y gestión de datos se fortalecieron mediante el uso constante de herramientas de ciencia de datos basadas en la nube (Chintakunta et al., 2026). Este aspecto adquiere especial importancia dentro de los entornos educativos contemporáneos, donde la alfabetización digital y la capacidad de interpretar información compleja se consolidaron como competencias esenciales para responder a las demandas de la sociedad del conocimiento (Mosqueira-Rey et al., 2024).

De igual manera, los resultados asociados con automatización de procesos y fortalecimiento de la investigación científica reflejaron que Big Data y Google Colab contribuyeron a optimizar tiempos de trabajo y mejorar la eficiencia operativa en diferentes contextos académicos y organizacionales (Sun et al., 2022; Wang et al., 2018). La posibilidad de automatizar análisis estadísticos, generar visualizaciones dinámicas y ejecutar modelos de aprendizaje automático aceleró procesos investigativos y amplió las capacidades de exploración científica (Xu et al., 2022). Esta situación favoreció el desarrollo de investigaciones más precisas, reproducibles y orientadas al análisis inteligente de datos, fortaleciendo la calidad metodológica de los estudios científicos (Martín-Martín et al., 2021; Martín-Martín et al., 2020).

No obstante, la investigación también permitió identificar limitaciones importantes relacionadas con la implementación efectiva de estas tecnologías (Sivarajah et al., 2017; Yang et al., 2016). Los resultados evidenciaron que factores como capacitación insuficiente, dependencia de conexión a internet, restricciones computacionales y riesgos asociados con seguridad de datos continúan representando desafíos relevantes para instituciones y usuarios (Salama et al., 2021; Shah & Patel, 2022). Este escenario permitió comprender que el aprovechamiento óptimo de Big Data y Google Colab no depende exclusivamente de la disponibilidad tecnológica, sino también de procesos permanentes de formación y de estrategias institucionales orientadas al fortalecimiento de competencias digitales (Singh et al., 2023; Kim & Henke, 2021).

La problemática relacionada con capacitación tecnológica adquirió especial relevancia dentro de la discusión, debido a que numerosos usuarios aún presentan dificultades para utilizar herramientas avanzadas de programación, análisis de datos y aprendizaje automático. Este hallazgo coincide con estudios que señalan la existencia de brechas digitales y limitaciones formativas en distintos contextos educativos y organizacionales (Mosqueira-Rey et al., 2024; Sharma et al., 2022). En consecuencia, se evidenció la necesidad de promover programas de actualización tecnológica, formación especializada y fortalecimiento de habilidades analíticas que favorezcan una mayor apropiación de tecnologías emergentes dentro de la ciencia de datos (Chintakunta et al., 2026).

Por otra parte, las limitaciones relacionadas con conectividad y recursos computacionales reflejaron desigualdades tecnológicas presentes en distintos sectores académicos y sociales (Yang et al., 2016; Koppad et al., 2021). Aunque Google Colab ofrece acceso gratuito a múltiples herramientas de análisis de datos, el rendimiento de proyectos complejos continúa dependiendo de factores como estabilidad de internet, disponibilidad de recursos en la nube y capacidad institucional para sostener procesos digitales continuos (Gujjar & Kumar, 2021; Kimm et al., 2021). Esta situación demuestra que la transformación digital requiere no solo herramientas accesibles, sino también infraestructura adecuada y políticas orientadas a garantizar inclusión y sostenibilidad tecnológica (Raut et al., 2019; Munné, 2023).

La discusión de los hallazgos permitió reconocer además que la integración entre Big Data y plataformas colaborativas en la nube impulsó nuevas dinámicas de innovación científica y trabajo interdisciplinario (Costa & Masanès, 2021; Sun et al., 2022). El desarrollo de proyectos basados en análisis masivo de datos favoreció la interacción entre áreas como informática, estadística, inteligencia artificial y educación, promoviendo enfoques investigativos más integrales y colaborativos (Chintakunta et al., 2026). Este aspecto representó un avance importante para la producción de conocimiento científico, debido a que facilitó la integración de metodologías y perspectivas orientadas a resolver problemáticas complejas mediante el uso estratégico de datos (Mosqueira-Rey et al., 2024; Xu et al., 2022).

Otro elemento relevante identificado durante la investigación estuvo relacionado con la evolución de los entornos de programación asistidos mediante inteligencia artificial y automatización basada en prompts. La posibilidad de simplificar procesos de codificación y análisis de datos mediante herramientas inteligentes amplió la participación de usuarios con distintos niveles de experiencia tecnológica (Chintakunta et al., 2026). Esta tendencia refleja una transformación importante en los modelos tradicionales de programación y gestión de información, favoreciendo procesos más accesibles, ágiles y centrados en la interacción colaborativa entre usuarios y sistemas inteligentes (Mosqueira-Rey et al., 2024).

En términos generales, la discusión permitió establecer que Big Data y Google Colab no solo representan herramientas orientadas al procesamiento de información, sino también recursos estratégicos para fortalecer investigación científica, innovación educativa y transformación digital (Oussous et al., 2021; Wang et al., 2018). La convergencia entre análisis masivo de datos, computación en la nube e inteligencia artificial impulsó nuevas oportunidades para optimizar procesos académicos y desarrollar modelos de gestión fundamentados en datos (Sun et al., 2022; Xu et al., 2022). Asimismo, los resultados evidenciaron que estas tecnologías contribuyen a la creación de ecosistemas digitales más colaborativos, flexibles y orientados a la generación de conocimiento científico (Raut et al., 2019; Munné, 2023).

Los hallazgos obtenidos permitieron identificar importantes implicaciones prácticas relacionadas con la incorporación de Big Data y Google Colab dentro de entornos educativos, científicos y organizacionales. En el ámbito universitario, estas tecnologías pueden fortalecer significativamente los procesos de enseñanza y aprendizaje asociados con programación, análisis estadístico, inteligencia artificial y ciencia de datos, favoreciendo metodologías activas basadas en experimentación, resolución de problemas y trabajo colaborativo.

Asimismo, el uso de plataformas colaborativas en la nube representa una alternativa estratégica para laboratorios educativos y centros de investigación que requieren acceso a herramientas computacionales avanzadas sin depender de infraestructura tecnológica de alto costo. La accesibilidad de Google Colab facilita el desarrollo de proyectos interdisciplinarios orientados al análisis de datos, aprendizaje automático y automatización de procesos científicos dentro de contextos académicos con recursos limitados.

En relación con la formación STEM, la integración de Big Data y plataformas de programación colaborativa contribuye al fortalecimiento de competencias digitales, pensamiento analítico y capacidades investigativas necesarias para responder a las exigencias de la transformación digital contemporánea. De igual forma, estas herramientas favorecen procesos de alfabetización tecnológica y generación de conocimiento fundamentado en datos.

Dentro del ámbito institucional y organizacional, los resultados evidenciaron que el uso de tecnologías de análisis masivo de datos favorece la optimización de procesos de gestión, planificación estratégica y toma de decisiones basada en evidencia. En consecuencia, la incorporación de Big Data y Google Colab puede representar una oportunidad para fortalecer ecosistemas de innovación científica, modernización tecnológica y transformación digital en diferentes sectores académicos y profesionales.

Finalmente, la investigación permitió comprender que el futuro de la ciencia de datos dependerá, en gran medida, de la capacidad de instituciones educativas y organizaciones para adaptarse a entornos tecnológicos dinámicos y promover una cultura digital orientada a la innovación (Singh et al., 2023; Sharma et al., 2022). La integración de Big Data y Google Colab evidenció que el acceso a herramientas colaborativas y sistemas inteligentes de análisis puede transformar significativamente los procesos de investigación, aprendizaje y toma de decisiones (Kim & Henke, 2021; Gujjar & Kumar, 2021). En consecuencia, se reconoce la importancia de continuar impulsando estrategias de formación, inversión tecnológica y actualización metodológica que permitan consolidar el uso eficiente de estas herramientas dentro de la sociedad digital contemporánea (Yang et al., 2016; Chintakunta et al., 2026).

La investigación presentó diversas limitaciones metodológicas asociadas con la naturaleza documental y descriptiva del estudio. En primer lugar, los resultados dependieron de la disponibilidad, actualidad y enfoque metodológico de las fuentes científicas analizadas, situación que pudo influir en la interpretación de las tendencias identificadas dentro de la literatura especializada. Asimismo, la investigación no incorporó procesos de validación experimental ni aplicación empírica directa sobre población humana, por lo que los hallazgos deben interpretarse desde una perspectiva teórica y documental orientada al análisis académico de tecnologías emergentes.

De igual manera, los porcentajes presentados en las tablas corresponden a frecuencias documentales derivadas de procesos de codificación temática y recurrencia conceptual dentro de las publicaciones revisadas, por lo que no representan resultados estadísticos inferenciales ni mediciones experimentales obtenidas mediante encuestas, pruebas de laboratorio o análisis poblacionales. Esta situación limita la posibilidad de generalizar cuantitativamente los resultados hacia contextos externos específicos.

Otra limitación identificada estuvo relacionada con el posible sesgo de selección documental, debido a que la investigación priorizó publicaciones indexadas y literatura científica disponible en determinadas bases de datos académicas, lo cual pudo excluir estudios relevantes publicados en otros contextos científicos o idiomas diferentes. Asimismo, la rápida evolución tecnológica de herramientas relacionadas con Big Data, inteligencia artificial y computación en la nube puede generar cambios constantes en las aplicaciones y funcionalidades analizadas, condicionando la vigencia temporal de algunos hallazgos.

Finalmente, la investigación no incorporó métricas comparativas experimentales ni análisis estadísticos avanzados que permitieran evaluar diferencias de rendimiento entre plataformas tecnológicas específicas. En consecuencia, se recomienda que futuras investigaciones desarrollen estudios empíricos, diseños mixtos y validaciones experimentales orientadas a profundizar el análisis práctico del impacto de Big Data y Google Colab en contextos educativos, científicos y organizacionales.

CONCLUSIÓN

La investigación permitió analizar la influencia de Big Data y Google Colab en los procesos de análisis y gestión de ciencia de datos dentro de contextos académicos, científicos y tecnológicos. A partir de la revisión documental realizada, se identificó que el crecimiento acelerado de la información digital impulsó la necesidad de incorporar herramientas capaces de procesar grandes volúmenes de datos de manera eficiente, favoreciendo nuevas formas de producción, organización e interpretación del conocimiento. En este contexto, la integración entre tecnologías de análisis masivo de datos y plataformas colaborativas en la nube evidenció un aporte significativo para el fortalecimiento de la investigación científica y la transformación digital de los entornos académicos y organizacionales.

Los hallazgos permitieron determinar que Big Data se consolidó como un recurso estratégico para el procesamiento y análisis de información estructurada y no estructurada. Su aplicación favoreció la identificación de patrones, tendencias y relaciones relevantes para la toma de decisiones, así como el desarrollo de modelos predictivos y mecanismos de análisis avanzado orientados a optimizar procesos científicos, educativos y empresariales. Del mismo modo, las técnicas de minería de datos, análisis estadístico y visualización de información facilitaron la interpretación de datos complejos y ampliaron las posibilidades de generación de conocimiento fundamentado en evidencia digital.

Asimismo, la investigación evidenció que Google Colab representó una plataforma accesible y funcional para el desarrollo de proyectos de ciencia de datos. La posibilidad de trabajar en entornos colaborativos basados en la nube, junto con su compatibilidad con herramientas de programación en Python, permitió ampliar el acceso a recursos computacionales sin requerir infraestructura tecnológica especializada. Esta característica favoreció

especialmente el desarrollo de actividades académicas y proyectos investigativos orientados al análisis de datos, aprendizaje automático y automatización de procesos.

Otro aspecto relevante identificado durante el estudio estuvo relacionado con el fortalecimiento de competencias digitales y analíticas. La integración de Big Data y Google Colab contribuyó al desarrollo de habilidades vinculadas con programación, análisis estadístico, gestión de datos y resolución de problemas complejos. Estas capacidades adquirieron especial importancia dentro de los entornos educativos contemporáneos, debido a las crecientes demandas asociadas con la transformación digital y el uso estratégico de la información en distintos campos del conocimiento.

La investigación también permitió reconocer que la incorporación de tecnologías de análisis de datos favoreció la optimización de procesos científicos y académicos. La automatización de tareas analíticas, la rapidez en el procesamiento de información y la facilidad para desarrollar visualizaciones estadísticas contribuyeron a mejorar la eficiencia operativa de los proyectos de investigación. Además, el uso de plataformas colaborativas promovió dinámicas de trabajo interdisciplinario y fortaleció la interacción entre investigadores, docentes y estudiantes dentro de entornos digitales compartidos.

No obstante, los resultados evidenciaron limitaciones relacionadas con capacitación tecnológica, conectividad, recursos computacionales y seguridad de datos. Estas dificultades demostraron que el aprovechamiento efectivo de herramientas digitales no depende únicamente de su disponibilidad, sino también de la existencia de infraestructura adecuada, procesos de formación continua y estrategias institucionales orientadas a fortalecer la cultura digital y la apropiación tecnológica.

En consecuencia, se concluyó que la integración de Big Data y Google Colab constituye una alternativa estratégica para modernizar los procesos de análisis y gestión de ciencia de datos en instituciones académicas y organizaciones. La combinación entre procesamiento masivo de información, computación en la nube y entornos colaborativos favoreció la creación de espacios de investigación más accesibles, dinámicos y orientados a la innovación.

Finalmente, la investigación permitió reconocer que el desarrollo futuro de la ciencia de datos estará estrechamente vinculado con el uso de tecnologías inteligentes, plataformas colaborativas y modelos analíticos avanzados capaces de responder a las crecientes demandas de información de la sociedad contemporánea. En este escenario, Big Data y Google Colab se consolidan como herramientas relevantes para fortalecer la investigación científica, optimizar procesos de análisis y promover una cultura orientada al aprovechamiento estratégico de los datos dentro de los entornos educativos, científicos y tecnológicos.

En relación con las recomendaciones, se considera importante que las instituciones educativas y organizaciones fortalezcan programas de formación en ciencia de datos, programación y análisis estadístico con el propósito de mejorar las competencias digitales de estudiantes, docentes e investigadores. Asimismo, resulta necesario promover inversiones en infraestructura tecnológica y conectividad que permitan garantizar el acceso equitativo a plataformas colaborativas basadas en la nube. De igual manera, se recomienda impulsar políticas de seguridad y protección de datos orientadas a fortalecer la confianza en el uso de herramientas digitales dentro de procesos de investigación científica. Finalmente, se sugiere fomentar proyectos interdisciplinarios que integren Big Data, inteligencia artificial y computación en la nube como estrategias para impulsar la innovación, la transformación digital y la producción de conocimiento en distintos ámbitos académicos y profesionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cao, L. (2020). Data science: A comprehensive overview. *ACM Computing Surveys*, 53(3), 1–42.
<https://doi.org/10.1145/3376026>

- Chintakunta, S. S., Nascimento, N., & Guimaraes, E. (2026). Analyzing the impact of LLMs in Data Science lifecycle: A systematic mapping study. *International Journal of Data Science and Analytics*, 22, 63–78. <https://doi.org/10.1007/s41060-026-01041-9>
- Costa, M., & Masanès, J. (2021). *Big Data Science over the past web* (arXiv:2108.01605). arXiv. <https://arxiv.org/abs/2108.01605>
- Gujjar, P. J., & Kumar, N. V. (2021). Google Colaboratory: Tool for deep learning and machine learning applications. *Indian Journal of Computer Science*, 6(3–4), 23–26. <https://doi.org/10.17010/ijcs/2021/v6/i3-4/165408>
- Kimm, H., Paik, I., & Kimm, H. (2021). Performance comparison of TPU, GPU, CPU on Google Colaboratory over distributed deep learning. En *2021 IEEE 14th International Symposium on Embedded Multicore/Many-Core Systems-on-Chip (MCSoc)* (pp. 312–319). IEEE. <https://doi.org/10.1109/MCSoc51149.2021.00053>
- Kim, B., & Henke, G. (2021). Easy-to-use cloud computing for teaching data science. *Journal of Statistics and Data Science Education*, 29(Suppl. 1), S103–S111. <https://doi.org/10.1080/10691898.2020.1860726>
- Koppad, S., Annappa, B., Gkoutos, G. V., & Acharjee, A. (2021). Cloud computing enabled big multi-omics data analytics. *Bioinformatics and Biology Insights*, 15, 1–11. <https://doi.org/10.1177/11779322211035921>
- Martín-Martín, A., Costas, R., van Leeuwen, T., & Delgado López-Cózar, E. (2021). Evidence of open access of scientific publications in Google Scholar: A large-scale analysis. *Scientometrics*, 126(4), 3127–3164. <https://doi.org/10.1007/s11192-020-03852-5>
- Martín-Martín, A., Thelwall, M., Orduna-Malea, E., & Delgado López-Cózar, E. (2020). Google Scholar, Microsoft Academic, Scopus, Dimensions, Web of Science, and OpenCitations' COCI: A multidisciplinary comparison of coverage via citations. *Scientometrics*, 126(1), 871–906. <https://doi.org/10.1007/s11192-020-03690-5>
- Mosqueira-Rey, E., Hernández-Pereira, E., Bobes-Bascarán, J., Alonso-Ríos, D., & Pérez-Sánchez, A. (2024). Addressing the data bottleneck in medical deep learning models using a human-in-the-loop machine learning approach. *Neural Computing and Applications*, 36, 2597–2616. <https://doi.org/10.1007/s00521-023-09197-2>
- Munné, R. (2023). Big data in the public sector: Applications and opportunities. *Government Information Quarterly*, 40(2), Artículo 101722. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2022.101722>
- Oussous, A., Benjelloun, F. Z., Lahcen, A. A., & Belfkih, S. (2021). Big data technologies: A survey. *Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences*, 34(2), 431–448. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2019.07.001>
- Pääkkönen, P., & Pakkala, D. (2015). Reference architecture and classification of technologies, products and services for big data systems. *Big Data Research*, 24, Artículo 100186. <https://doi.org/10.1016/j.bdr.2015.01.001>
- Raut, R. D., Mangla, S. K., Narwane, V. S., Gardas, B. B., Priyadarshinee, P., & Narkhede, B. E. (2019). Linking big data analytics and operational sustainability practices for sustainable business management. *Journal of Cleaner Production*, 224, 10–24. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.181>
- Salama, M., Abdul Kader, H., & Abdelwahab, A. (2021). An analytic framework for enhancing the performance of big heterogeneous data analysis. *International Journal of Engineering Business Performance*, 13, 1–12. <https://doi.org/10.1177/1847979021990523>
- Shah, D., & Patel, D. (2022). A comprehensive study on big data analytics frameworks. *International Journal of Information Technology*, 14(3), 1121–1132. <https://doi.org/10.1007/s41870-021-00865-4>
- Sharma, R., Mithas, S., & Kankanhalli, A. (2022). Transforming decision-making processes through big data analytics. *MIS Quarterly Executive*, 21(1), 45–60. <https://aisel.aisnet.org/misqe/vol21/iss1/6/>

- Singh, S., Gupta, P., & Kumar, V. (2023). Cloud-based machine learning platforms for educational data science. *Education and Information Technologies*, 28, 12491–12514. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11607-9>
- Sivarajah, U., Kamal, M. M., Irani, Z., & Weerakkody, V. (2017). Critical analysis of Big Data challenges and analytical methods. *Journal of Business Research*, 70, 263–286. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2016.08.001>
- Sun, Z., Strang, K., & Firmin, S. (2022). Business analytics-based enterprise information systems. *Journal of Computer Information Systems*, 62(2), 417–428. <https://doi.org/10.1080/08874417.2020.1848671>
- Waller, M. A., & Fawcett, S. E. (2013). Data science, predictive analytics, and big data: A revolution that will transform supply chain design and management. *Journal of Business Logistics*, 34(2), 77–84. <https://doi.org/10.1111/jbl.12010>
- Wang, Y., Kung, L., & Byrd, T. A. (2018). Big data analytics: Understanding its capabilities and potential benefits for healthcare organizations. *Technological Forecasting and Social Change*, 126, 3–13. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.12.019>
- Xu, Z., Frankwick, G. L., & Ramirez, E. (2022). Effects of big data analytics and artificial intelligence on firm performance. *Journal of Business Research*, 145, 321–331. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.02.048>
- Yang, C., Huang, Q., Li, Z., Liu, K., & Hu, F. (2016). Big Data and cloud computing: Innovation opportunities and challenges. *International Journal of Digital Earth*, 10(1), 13–53. <https://doi.org/10.1080/17538947.2016.1239771>
- Zeng, D., Chen, H., Lusch, R., & Li, S. H. (2010). Social media analytics and intelligence. *IEEE Intelligent Systems*, 25(6), 13–16. <https://doi.org/10.1109/MIS.2010.151>
- ZeroCostDL4Mic Community. (2021). Democratizing deep learning for microscopy with ZeroCostDL4Mic. *Nature Communications*, 12, Artículo 2276. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22518-0>

Propuesta de modelo instruccional aplicado a entornos virtuales para estudiantes en condiciones especiales en modalidad no presencial del sistema educativo panameño

Proposal for an instructional model applied to virtual environments for students in special conditions in the non-face-to-face modality of the Panamanian educational system

Roxana del C. Cubilla Botacio

Universidad de Panamá. Extensión Universitaria de Soná. Panamá
roxana.cubilla@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0003-4597-5672>

Gloris Mitzel Batista-Mendoza

Universidad de Panamá. Extensión Universitaria de Soná. Panamá
gloris.batista@up.ac.pa; <https://orcid.org/0000-0002-3294-6170>

Leonel Bernardo Araúz Morón

Universidad de Panamá. Extensión Universitaria de Soná. Panamá
leonel.arauz@up.ac.pa <https://orcid.org/0009-0005-2345-5627>

Artículo recibido: 3 de julio de 2026

Artículo aceptado: 17 de septiembre de 2026

DOI <https://doi.org/10.48204/j.colegiada.v8n1.a11462>

RESUMEN

La sistematización de estrategias pedagógicas digitales y modelos instruccionales facilitan el proceso educativo en estudiantes que continúan su educación desde sus hogares; se presenta la modalidad de educación virtual como opción para aquellos estudiantes que presenten situaciones especiales como enfermedad, accidentes o embarazo adolescente, y no pueden asistir a su centro educativo. A través de un enfoque documental se realiza una revisión sistemática de la literatura permite identificar buenas prácticas y permite plantear un modelo piloto de diseño instruccional, con el fin de dotar a los docentes de herramientas y lineamientos claros para facilitar el aprendizaje de los estudiantes. Se realiza un análisis comparativo de los modelos instruccionales vigentes, como resultado se propone un modelo piloto, el cual integra y sintetiza las fortalezas de los enfoques ADDIE, ASSURE, TPACK y Dick & Carey en una propuesta flexible e inclusiva para la educación virtual que garantizan aprendizajes significativos y duraderos en dichos contextos. El “Modelo Instruccional IDEAR” propuesto, ofrece a los docentes de herramientas y lineamientos claros para facilitar su labor educativa en entornos virtuales de aprendizaje. El modelo IDEAR contempla cinco fases fundamentales: identificación del rol docente, enfocada en el cambio de paradigma hacia un facilitador digital; diagnóstico del contexto educativo, considerando las necesidades y características del estudiante; estructuración instruccional, orientada al diseño de actividades, recursos y estrategias; activación del entorno educativo virtual, mediante la implementación y acompañamiento del proceso; y revisión y evaluación integral, centrada en la valoración continua de los aprendizajes y del proceso educativo.

PALABRAS CLAVE: Aprendizaje en línea, método de enseñanza, competencia digital, innovación tecnológica, aprendizaje activo.

ABSTRACT

The systematization of digital teaching strategies and instructional models facilitates the educational process for pupils who are continuing their education from home; online learning is presented as an option for those pupils who find themselves in special circumstances such as illness, accidents or teenage pregnancy and are unable to attend their school. A systematic review of the



literature, using a documentary approach, identifies best practices and enables the development of a pilot instructional design model, with the aim of providing teachers with clear tools and guidelines to facilitate student learning. A comparative analysis of current instructional models is carried out; as a result, a pilot model is proposed, which integrates and synthesizes the strengths of the ADDIE, ASSURE, TPACK and Dick & Carey approaches into a flexible and inclusive proposal for virtual education that ensures meaningful and lasting learning in such contexts. The proposed “IDEAR Instructional Model” offers teachers clear tools and guidelines to facilitate their educational work in virtual learning environments. The IDEAR model comprises five fundamental phases: identification of the teacher's role, focused on the paradigm shift towards becoming a digital facilitator; diagnosis of the educational context, taking into account students' needs and characteristics; instructional structuring, geared towards the design of activities, resources and strategies; activation of the virtual learning environment, through the implementation and support of the process; and comprehensive review and evaluation, centred on the continuous assessment of learning and the educational process.

KEYWORDS: Online learning, teaching method, digital competence, technological innovation, active learning.

INTRODUCCIÓN

En la educación, se están generando cambios trascendentales en la forma de enseñar y aprender y esto se debe a la transformación digital de nuestros días. En ambientes no presenciales, es necesario la incorporación de nuevas de enseñar, lo que conlleva la incorporación de plataformas de aprendizaje en línea, creación de recurso digitales y herramientas de comunicación virtual que facilite la interacción entre los docentes y estudiantes sin necesidad de compartir un espacio físico. Esta transformación busca no solo replicar la educación tradicional en un entorno digital, sino aprovechar las tecnologías digitales para personalizar el aprendizaje, fomentar la autonomía del estudiante y facilitar el acceso a una educación de calidad, independientemente de la ubicación geográfica y circunstancias personales (UNESCO, 2024).

En países Latinoamericanos, del Caribe y en Panamá, existen desafíos comunes dentro de los sistemas educativos de estos países, con son la baja calidad en la educación y la falta de equidad. A pesar de que se han hecho grandes esfuerzos a nivel de los gobiernos de implementar políticas públicas dirigidas a mejorar la situación actual, todavía evidencia de desigualdades que dificultan la implementación efectiva de dichas políticas. En este sentido, Agudelo (2021) en su análisis de los sistemas educativos de Colombia, Chile y Panamá, señala que el sistema educativo panameño continúa alejado de los estándares de países desarrollados, especialmente en lo referente a los resultados de pruebas internacionales y en el cumplimiento de metas educativas globales.

Sin embargo, frente a los desafíos futuros, la educación viene a constituir el factor esencial para que la sociedad pueda avanzar hacia los escenarios de paz, desarrollo sostenible, prosperidad y equidad. Estos escenarios, son considerados indispensables en el siglo XXI dentro de la sociedad del conocimiento, requieren aprendizajes creativos y significativos, compatibles con la aspiración de vivir en un país mejor para todos (Bernal, 2016).

Al respecto, la UNESCO (2023) sostiene que los sistemas educativos deben estar mejor preparados para impartir enseñanza sobre y mediante la tecnología educativa. Ciertamente se ha avanzado en el desarrollo de recursos digitales, la aplicación efectiva de estrategias pedagógicas en entornos virtuales requiere más que solo el uso de plataformas tecnológicas; es necesario que respondan a principios de accesibilidad, flexibilidad y personalización del aprendizaje (Moreno Garay et al., 2021).

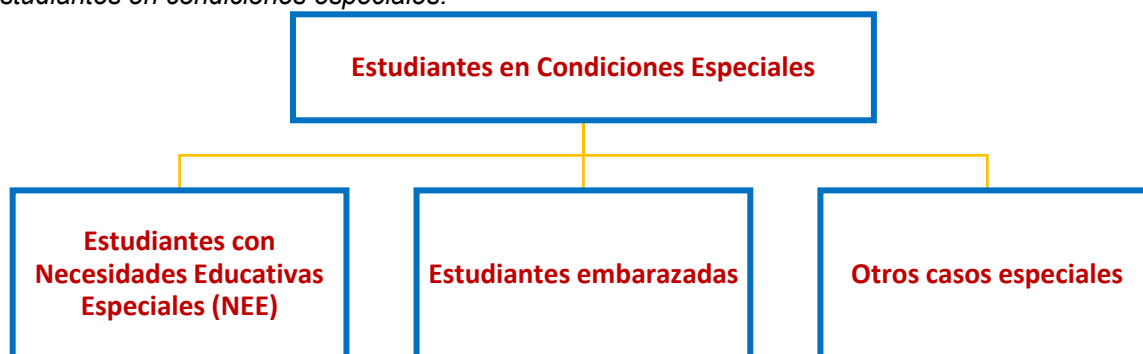
En este marco, tal como lo señala la legislación panameña, la Presidencia de la República de Panamá (2021), mediante el Decreto Ejecutivo N°45. Reglamentada por la ley 245 de 13 de octubre de 2021, definió la variante de modalidad de estudio a distancia denominada “educación en casa”, aplicable a los centros oficiales y particulares del primer y

segundo nivel de enseñanza. El artículo 2, define la “educación en casa” como una variante de la modalidad de estudio a distancia, cuya opción educativa se encuentra apoyada en diversas herramientas didácticas virtuales e impresas, que permiten a los estudiantes desarrollar procesos y competencias de aprendizaje fuera del aula de clase en las diferentes áreas del saber.

Del mismo modo, el Decreto Ejecutivo N°443 regula sobre aquellos estudiantes en esta situación y/o condición especial deben atenderse en la modalidad de educación en casa, para continuar con sus estudios. Al tenor de este decreto, en este grupo especial de estudiantes se incluyen aquellos denominados estudiantes con Necesidades Educativas Especiales (NEE); menores de edad embarazadas; y aquellos que, por enfermedad o accidentes, los médicos idóneos determinen que no pueden apersonarse a los planteles educativos (casos especiales) (Presidencia de la República de Panamá, 2001). La **Figura 1**, ilustra aquellos estudiantes del sistema educativo que pueden acogerse a la atención en la modalidad de educación en casa.

Figura 1

Estudiantes en condiciones especiales.



Nota. Tomado de (Imbachi et al., 2019)

Ante esta situación, es fundamental romper la brecha y brindar a los estudiantes que se encuentren en condiciones especiales una continuación académica, para aclarar, estos estudiantes en condiciones especiales son aquellos que, debido a circunstancias temporales como un accidente, embarazo u otras situaciones particulares, no puedan asistir a clases presenciales durante un período determinado. Para garantizar su derecho a una educación de calidad dentro del sistema educativo panameño, esta investigación se plantea como un estudio documental que permita identificar y analizar los modelos instruccionales más pertinentes en procesos de enseñanza-aprendizaje en modalidad no presencial. Luego de los hallazgos encontrados se pretende diseñar un modelo instruccional propio para estos casos, adoptando clases virtuales en modalidad asincrónica, acogiendo las mejores prácticas, sean cónsonas con la realidad nacional y sirva como alternativa viable para estudiantes que requieran continuar su formación académica bajo esta condición.

Referente Teórico

La educación virtual posee su propio modelo pedagógico, es decir, sus propias normas y modelos; no se puede comparar u homologar con el modelo presencial, porque, aunque persiguen el mismo objetivo final, su planeamiento y metodología son completamente diferentes (Barrientos Oradini et al., 2022). Desde la posición de Mota *et. al*, (2020) cuando señalan que la educación virtual llegó para transformar los procesos de enseñanza-aprendizaje al momento de incorporar nuevas estrategias digitales. Estos autores definen a la educación virtual como un sistema abierto que es guiado por el usuario, en el que se promueve el intercambio de ideas y conocimiento a través de diferentes espacios con la guía y apoyo de un facilitador que será el docente que dirige la actividad educativa.

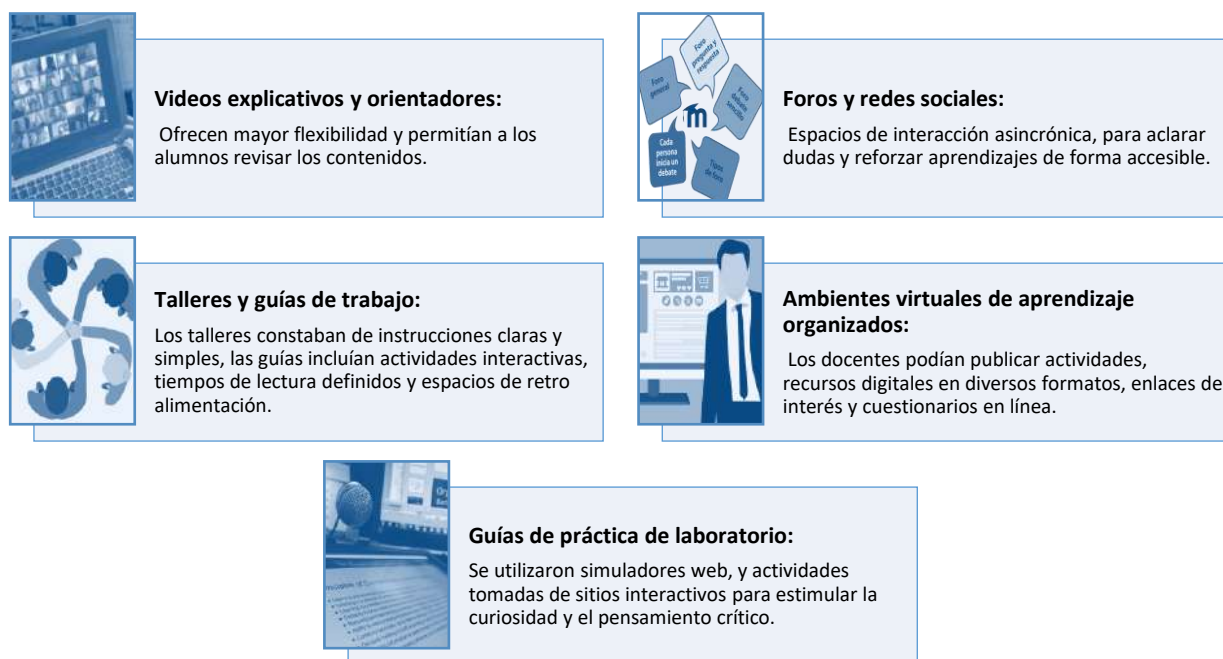
Dentro del contexto de la educación virtual, las nuevas estrategias pedagógicas se fundamentan en el enfoque constructivista, debido a que están orientadas a fomentar el aprendizaje activo y colaborativo, como se muestra en la **Figura 2**. Entre ellas, destacan el

uso de videos explicativos, foros y redes sociales como espacios asíncronos de interacción; y guías de trabajo con instrucciones claras y simples, pensadas tanto para los estudiantes como para sus familias, que incluían actividades interactivas, tiempos de lectura definidos y espacios de retroalimentación. Además, se incorporaron diapositivas para clases sincrónicas como apoyo visual para facilitar la comprensión de conceptos complejos. Además, se implementaron plataformas virtuales de aprendizaje incluyendo recursos digitales, cuestionarios en línea, enlaces a sitios de interés. Otros aspectos interesantes que se añadieron fue el uso de simuladores web, y sitios interactivos para prácticas de laboratorio estimulando así, la curiosidad y el pensamiento crítico. La combinación de estas estrategias pedagógicas y tecnológicas enriquecieron la modalidad no presencial, fomentando la autonomía del estudiante y el uso creativo de las tecnologías disponibles (Moreno Garay et al., 2021).

La modalidad de educación virtual apoyada con las herramientas de la tecnología de la información, permiten que los estudiantes reciban una educación de calidad con aprendizajes significativos, así mismo el estudiante toma protagonismo en su educación con métodos de aprendizajes alternativos, además, adquieren independencia y autodominio (Heredia-Hinojosa 2023). Algunas de las características de la modalidad de educación virtual, como lo son las herramientas digitales, enriquece los contenidos de las asignaturas en modalidad presencial como un apoyo o complemento; puesto que los estudiantes aprovechan de mejor manera el tiempo, interactúan con los contenidos y es una opción inclusiva para quienes tienen dificultades para asistir a las clases presenciales, ya sea por falta de recursos económicos, por la distancia, razones de salud, entre otros (Bossolasco et al., 2024).

Figura 2

Estrategias pedagógicas constructivista en la enseñanza virtual.



Nota. Tomado de Moreno Garay et al., (2021)

En cuanto al proceso de aprendizaje significativo en los estudiantes de educación virtual, tal como señala Albitres-Mendoza et al. (2024), se lleva a cabo por medio de la implementación de la tecnología como instrumento educativo, para el mejoramiento de la calidad en el aprendizaje de los estudiantes. Quispe-García et al. (2024), sostiene que, en la modalidad virtual, se ofrecen una variedad de recursos digitales que enriquece las metodologías en el aula; condicionando que solo con un buen manejo o dominio de los recursos tecnológicos (competencias) por parte de los docentes y estudiantes en el proceso

de enseñanza, se pueden esperar buenos resultados en cuanto a los aprendizajes significativos.

Por lo anterior expuesto, se hace necesario la formación y capacitación del docente en cuanto al diseño instruccional, tal como sostiene López (2007), basado en los aspectos y competencias pedagógicas, didácticas, técnicas y tecnológicas relacionadas al modelo virtual en la enseñanza, es decir, docentes integrales requeridos para el ejercicio de docencia en la modalidad educación virtual.

El concepto de diseño instruccional, tal como señala Losada Cárdenas & Peña Estrada (2022), nace de los entornos educativos presenciales, sin embargo, desde la integración e incorporación de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) se ha convertido en una herramienta clave para la construcción de ambientes virtuales de aprendizaje (AVA). Los autores, definen al diseño instruccional como un proceso pedagógico que organiza y articula el quehacer educativo con el propósito de mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje de forma flexible y eficaz, con la finalidad de estructurar experiencias formativas fundamentadas y adaptadas a diferentes contextos educativos, ya sean presenciales o mediados por tecnologías.

En este mismo sentido, Londoño-Giraldo et al. (2023), sostienen que el diseño instruccional contempla; la planificación de los procesos educativos, así como la elaboración de los materiales para tal fin; incluyendo la preparación de guiones y planes acordes a las necesidades de los estudiantes; el diseño de actividades y las estrategias de evaluación para el logro de los resultados de aprendizajes; con un componente motivacional que favorezca la autonomía de los estudiantes.

Tal como lo indica Sánchez-García et al. (2016), citando a Merrill et al., (1966) los dos pilares en el diseño instruccional se fundamentan en las siguientes premisas: la instrucción es una ciencia y el diseño instruccional es una tecnología que se sustenta en la ciencia (ver **Figura 3**). Los autores definen que el diseño instruccional es una ciencia que se encarga del descubrimiento de los principios naturales que rigen las estrategias de enseñanza, lo que trae consigo la identificación de las variables claves, sus relaciones y fundamentar las teorías. De igual forma, se considera una tecnología que facilita aplicar creativamente los principios científicos con la intención de la creación de procedimientos y herramientas que faciliten el aprendizaje.

Figura 3

Pilares del diseño instruccional.



Nota. Tomado de (Sánchez-García et al., 2016)

El diseño instruccional ha evolucionado dada las tecnologías de la época y las distintas concepciones educativas, y han sido clasificadas para su estudio y categorizadas por medio de modelos en el diseño instruccional como una guía efectiva a docentes y profesionales sistematizando el proceso de desarrollo de acciones formativas, tal como señala Belloch, (2017).

Entre los primeros modelos del diseño instruccional formulados, y de acuerdo con Vega (2023), es el **ISD (Instruccional System Desing)**, propuesto por Dick y Carey en 1990, el cual plantea un amplio y detallado proceso que se basa en la teoría de sistemas que identifica las metas instruccionales y culmina con una evaluación sumativa. Por su parte,

Rodríguez (2009), define que el modelo es considerado en la disciplina de la tecnología instruccional, y suele ser de un corte conductista en términos de los contextos educativos y de la capacitación docente. Además, reconoce que, al ser secuencial, si falla alguno de sus eslabones, se detiene el proceso en general. La **Figura 4** muestra las nueve fases que conforma el modelo, tal como lo indica Sharif & Cho (2015): evaluar las necesidades para identificar la meta o las metas, realizar un análisis de instrucción y analizar a los estudiantes y su contexto, redactar las actividades de desempeño, desarrollar instrumentos de evaluación, desarrollar la estrategia instruccional, desarrollar y seleccionar materiales instruccionales, diseñar y aplicar evaluaciones formativas, revisar la instrucción y diseñar y aplicar evaluaciones sumativas.

Figura 4

Modelo instruccional de Dick y Carey.



Nota. Tomado de Sharif & Cho, (2015)

Del mismo modo, el **modelo ADDIE**, es una metodología estructurada para diseñar cursos y materiales educativos en entornos virtuales y está formado por cinco fases: análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación (Acevedo Gamboa et al., 2019).

Las fases del modelo se muestran en la **Figura 5**, la primera fase es el *análisis*, la misma, se centra en la recopilación de información detallada sobre los estudiantes, sus características, necesidades de aprendizaje y el contexto educativo. Se emplean técnicas como encuestas diagnósticas, entrevistas con estudiantes o expertos, análisis FODA del entorno educativo y revisión documental del currículo.

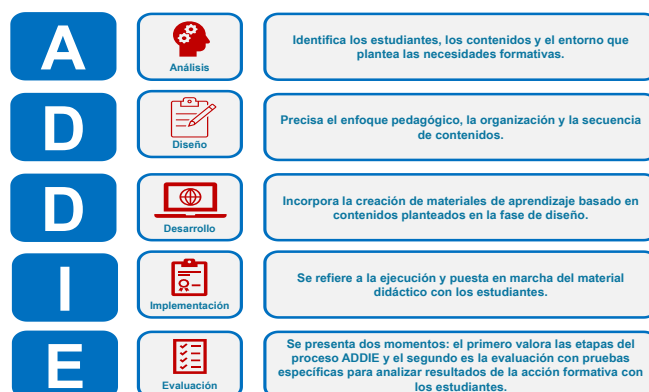
La segunda fase, el *diseño*, se encarga de estructurar y planificar el curso, se establecen los objetivos de aprendizaje, seleccionan estrategias pedagógicas activas como el aprendizaje colaborativo, por proyectos o basado en problemas. En esta fase se determinan las actividades, recursos y métodos de evaluación (rúbricas, listas de cotejo o pruebas diagnósticas); se construyen los recursos educativos con el apoyo de un experto apoyados con las distintas herramientas digitales de modo que se obtengan los contenidos interactivos, así como el uso de software para la creación de videos, infografías o audios.

Además, se desarrollan las *evaluaciones* y se integran los materiales a plataformas de gestión del aprendizaje (LMS). La cuarta fase, implementación, consiste en poner en marcha el programa educativo, aquí los docentes ejecutan las actividades planificadas utilizando los recursos desarrollados; se aplican las plataformas virtuales construidas junto a las estrategias educativas interactivas, tales como: dinámicas de grupo, simulaciones, foros de discusión, gamificación y casos prácticos. Todo ello con la finalidad de mantener la motivación y el compromiso de los estudiantes.

La quinta y última fase es la *evaluación* y se encarga de analizar la efectividad del programa desarrollado y su impacto en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Se aplican instrumentos como evaluaciones formativas y sumativas, encuestas de satisfacción, entrevistas, análisis de métricas dentro del LMS (tiempos de conexión, participación, resultados), y reuniones de retroalimentación (Acevedo Gamboa et al., 2019).

Figura 5

Modelo ADDIE.



Nota. Tomado de Acevedo Gamboa et al., (2019)

El diseño del **modelo TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge)** formulado por Koehler y Mishra en el año 2007, integra los conocimientos tecnológicos, disciplinar y pedagógico que los docentes deben poseer para planificar, organizar y ejecutar el quehacer educativo por medio del uso de la tecnología, y que adquiere un rol fundamental para la creación de los espacios educativos y el desarrollo de las competencias en los estudiantes, así lo sostiene Salas-Rueda (2019). El modelo TPACK identifica los aspectos que intervienen en el desarrollo de la práctica educativa, en la comprensión de todos los factores sobre el aprendizaje y sobre la creación de las actividades escolares, con el uso de las herramientas digitales para fomentar el aprendizaje en los estudiantes (por ejemplo, Moodle, Classroom, entre otras).

En este mismo tenor, Salas-Rueda (2019), manifiesta que las herramientas digitales promueven el rol activo del estudiante, mejorando así la asimilación del conocimiento (aprendizaje significativo) y facilitando el desarrollo de las habilidades, en torno al modelo TPACK. Además, indica que existe una interdependencia entre los dominios de conocimiento curricular (CK), conocimiento pedagógico (PK) y conocimiento tecnológico (TK), cuya interacción genera cuatro conocimientos adicionales, consolidando así, los siete dominios del modelo (ver **Figura 6**). Entre ellos, el Conocimiento Didáctico Tecnológico del Contenido (CDTC) que requiere que el docente tenga un conocimiento profundo del contenido, sobre la enseñanza, el aprendizaje y del uso de la tecnología (Flores 2024, citando a Scherer et al. 2017).

De esta misma manera, Álvarez-Araque et al. (2020), indican que el rol del docente comprende el desarrollo de tres habilidades; como el manejo pedagógico de los contenidos, el conocimiento de las herramientas y los programas informáticos, al igual que los planes de estudios; de esta forma podrán realizar el proceso de mediación didáctica integrando las tecnologías de la información y comunicación.

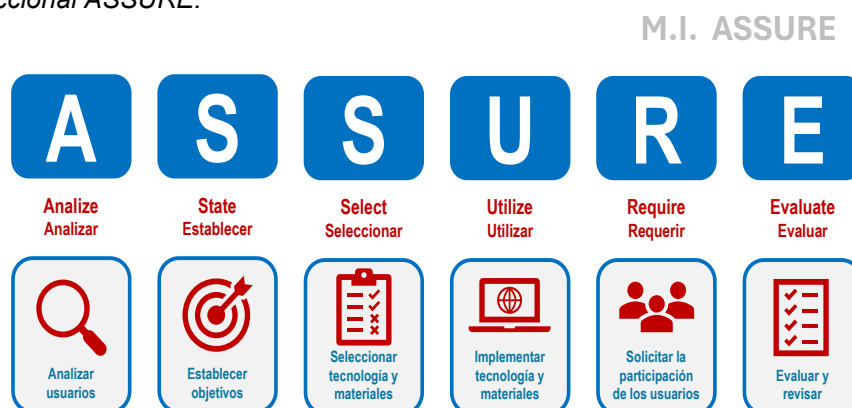
Figura 6
Modelo TPACK.



Nota. Tomado de Flores, (2024)

Desde la posición de De La Torre García & Sosa Mendoza (2018), describen que el **modelo ASSURE** presenta un enfoque ecléctico, conductista, cognoscitivista y constructivista, fue propuesto por Heinich, Molenda, Russel y Smaldino en la década de los noventa. Asimismo, Benitez Lima (2010) sostiene que el modelo se basa en el conductismo, en el logro de objetivos de aprendizaje, de igual manera se identifican algunos principios constructivistas puesto que se preocupa por la participación activa y el compromiso del estudiante. Este modelo es aplicable al diseño, desarrollo y mejoramientos de ambientes de aprendizaje debido a que es adecuado a la realidad de los estudiantes, como lo indica Heinich, *et al.* (2002) y se muestra en la **Figura 7**, contemplando seis pasos que son:

- ✓ **Análisis de los aprendices:** considerar todas las características de los tipos de alumnos o aprendices como las generales, sus habilidades, conocimientos, y actitudes acerca del tema, así como los estilos de aprendizaje.
- ✓ **(S) Establecimiento de objetivos:** establecer los objetivos lo más claro posible; marcar las metas al término de la instrucción, las condiciones para hacerlo y el grado en que será aceptado lo que realicen.
- ✓ **(S) Selección de métodos, medios y materiales:** materiales y tecnología que se utilizarán, con qué medios y con cuáles métodos. La selección de los medios se puede hacer a partir de tres opciones: a) Seleccionar materiales disponibles, b) Modificar materiales ya existentes y, c) Diseñar nuevos materiales.
- ✓ **(U) Uso de medios y materiales:** realizar la implementación y prueba para después conducir la instrucción con énfasis en el uso de material multimedia, audio y video. Según como se haya diseñado.
- ✓ **(R) Requerimiento de participación de los estudiantes:** La participación con actividad mental de los estudiantes a través de ejercicios, práctica, simulación en lo que se proporcione retroalimentación antes de realizar la evaluación formal.
- ✓ **(E) Evaluar y revisar:** Evaluar la instrucción completa con la aplicación de instrumentos; objetivos, métodos, medios y tecnología, uso de materiales, uso de retroalimentación.

Figura 7*Modelo instruccional ASSURE.*

Nota. Tomado de De La Torre García & Sosa Mendoza, (2018)

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se desarrolló en un *enfoque cualitativo* con un diseño de *revisión documental* que consistió en analizar y sistematizar modelos instruccionales identificados más relevantes en diversas fuentes académicas y literarias relacionadas con la educación no presencial en condiciones especiales. Como señaló Carbajal Amaya (2020), la investigación documental o bibliográfica procura obtener, seleccionar, compilar, organizar, interpretar y analizar información sobre un objeto de estudio a partir de fuentes documentales, tales como libros, documentos de archivo, hemerografía, registros audiovisuales, entre otros, siendo característica de los enfoques cualitativos.

Para la propuesta del modelo instruccional fue necesario un estudio profundo de los distintos modelos instruccionales aplicados a entornos virtuales, permitiendo identificar sus componentes, estructuras y buenas prácticas. Los elementos obtenidos de esta revisión sirvieron de base para el diseño de un modelo instruccional propio para cursos virtuales asíncronos, como una alternativa viable para estudiantes que deban continuar su formación académica y se encuentren imposibilitados de asistir a clases presenciales acogiéndose a la modalidad de estudio a distancia.

RESULTADOS

La revisión documental permitió identificar los modelos instruccionales aplicados en entornos virtuales más destacados que son: ADDIE, ASSURE, TPACK y el modelo de Dick & Carey (ISD - Instruccion System Desing). Del conjunto de modelos estudiados se logró extraer los aspectos esenciales como son: la definición clara de objetivos, la organización de actividades de aprendizaje, la selección de recursos tecnológicos adecuados, la planificación de la interacción y la implementación de mecanismos de evaluación y retroalimentación. Asimismo, se identificó la relevancia de las competencias tecno-pedagógicas del docente en la efectividad de los procesos formativos.

- ✓ ADDIE: resalta la organización sistemática del proceso instruccional.
- ✓ ASSURE: se centra en el uso efectivo de la tecnología y de los recursos centrados al perfil del estudiante.
- ✓ TPACK: prioriza la capacitación docente en el manejo integrado del conocimiento pedagógico, tecnológico y del contenido; con la finalidad de crear experiencias de aprendizaje significativas.
- ✓ DICK & CAREY (ISD): enfatiza la identificación de necesidades de los estudiantes, y la selección adecuada de los materiales para la consecución de las metas de aprendizaje.

A partir del análisis de estas propuestas, se propone una síntesis cimentada en modelos de diseños instruccionales antes descritos, de forma tal, que se integren o conjuguen las bondades y beneficios de cada modelo revisado. El modelo resultante busca ofrecer un

diseño flexible, que se adapte al perfil del estudiante en condiciones especiales, con el único objetivo de garantizar aprendizajes significativos durante los periodos en el cual no puede acudir de forma presencial a su centro educativo.

Propuesta de Diseño Instruccional - Modelo IDEAR

El Modelo Instruccional IDEAR, integra diversos modelos y teorías del diseño instruccional como ADDIE, ASSURE, TPACK y el modelo de Dick & Carey; adaptándolo al contexto del docente, proceso educativo y del estudiante; con el objetivo de la consecución de aprendizajes significativos en la educación virtual para estudiantes en condiciones especiales del sistema educativo panameño. Además, permite estructurar experiencias de aprendizaje virtual inclusivas, flexibles y significativas, centradas en el estudiante y adaptadas a contextos educativos especiales; tomando en consideración aspectos claves en la modalidad virtual como lo es el rol del docente, el diagnóstico del escenario educativo, la estructuración y activación de los contenidos virtuales y la evaluación integral del estudiante, docente y del proceso; tal como muestra la **Figura 8**, además, es una guía para el facilitador, a través de la presentación o sugerencias específicas para el diseño y creación de herramientas digitales para la instrucción virtual. Las fases del modelo son las siguientes:

- ✓ **I - Identificación del rol docente:** cambio de paradigma a facilitador digital.
- ✓ **D - Diagnóstico del contexto educativo:** análisis de estudiantes, objetivos, entorno.
- ✓ **E - Estructuración instruccional:** diseño de secuencias, recursos, estrategias.
- ✓ **A- Activación del entorno educativo virtual:** implementación y acompañamiento.
- ✓ **R- Revisión y evaluación integral:** análisis del proceso, materiales, logros.

Para una mejor comprensión de cada fase del modelo propuesto se procede a detallar en qué consiste cada una de ellas.

(I) Identificación del rol docente. Cambio de paradigma a facilitador digital:

- ✓ El docente se rediseña en cuanto a su nuevo rol como guía y facilitador de la enseñanza en la educación virtual y las nuevas concepciones de la enseñanza.
- ✓ Participación activa en foros y espacios de discusión; retroalimentación efectiva a las dudas o consultas de los estudiantes, motivación permanente.

(D) Diagnóstico del contexto educativo. Observación y análisis integral el contexto educativo:

- ✓ Estudiante: perfil y necesidades de los estudiantes, el entorno, la disponibilidad a dispositivos tecnológicos y conectividad.
- ✓ Proceso enseñanza: evaluar los objetivos de aprendizaje (actitudinales y tecnológicos: observables y medibles), la metodología, y la instrucción, la motivación, metas.

(E) Estructuración instruccional. Diseño de la instrucción virtual:

- ✓ Secuencias didácticas, organización y división de los contenidos: micro clases o módulos. (microlearning, evitar contenidos densos)
- ✓ Estudio y selección de herramientas digitales para la instrucción: LMS, material multimedia interactivo, videos explicativos, audios, infografías, foros temáticos, juegos, guías de prácticas y lecturas, trabajo guiado por las TIC, talleres de trabajo, AVA – ambientes virtuales de aprendizaje, entre otros.

- ✓ Enfoque instruccional: orientado al constructivismo, al aprendizaje basado en proyectos ABP, aula invertida Flipped Classroom, autonomía del aprendizaje y la motivación.
- ✓ Materiales digitales: materiales disponibles, editables o creación de materiales digitales. (indicadores de navegación, duración estimada y nivel de dificultad.
- ✓ Diseño de las evaluaciones: formativas y sumativas (alineadas con los objetivos de aprendizajes)

(A) Activación del entorno educativo virtual. Ejecución, implementación, inicio del periodo de instrucción:

- ✓ Activación y seguimiento de las actividades de aprendizaje: checklist de auto seguimiento.
- ✓ Activación y seguimiento de las pruebas diagnósticas, formativas y sumativas, luego entonces ajustes al contenido y herramientas digitales.
- ✓ Desarrollo de actividades propuestas, tareas, pruebas, proyectos (aprendizaje basado en proyectos). Se destaca la participación activa del estudiante y la retroalimentación efectiva del docente.

(R) Revisión y evaluación integral. Análisis de los resultados - evaluación

- ✓ Revisión de la documentación del proceso, para su análisis.
- ✓ Evaluación de los materiales creados y de la metodología utilizada.
- ✓ Evaluación del alcance de las metas de aprendizaje y del trabajo del docente.

Figura 8

Modelo instruccional IDEAR.

MODELO IDEAR



Herramientas digitales para la instrucción

En el contexto del diseño instruccional las herramientas digitales permiten facilitar experiencias de aprendizaje efectivas, interactivas y mediadas por la tecnología a los estudiantes durante el proceso enseñanza aprendizaje en la educación virtual asíncrono y/o síncrono. En la

Figura 9, se muestran las herramientas digitales más destacadas para la instrucción en la educación virtual, con sus logotipos correspondientes para ejemplificar de cada uno de los componentes que se describen a continuación:

- ✓ **Learning Management System – LMS:** Segovia-García (2024), define los Sistemas de Gestión de Aprendizaje como aquella plataforma tecnológica que integra eficazmente diversas funcionalidades que potencias de manera significativa el aprendizaje virtual; además ofrece experiencias educativas (materiales digitales, evaluaciones, actividades, foros, herramientas) que son tanto enriquecedoras como personalizadas e inmersivas. Entre éstas Moodle, Classroom, E-ducative, entre otras.
- ✓ **Material multimedia interactivo:** se refiere a aquellos recursos digitales que integran el texto, la imagen, el audio y video, elementos interactivos para favorecer la comprensión de los contenidos por parte del estudiante de manera autónoma y activa. Existen muchas plataformas para la gestión, creación, y edición de estos materiales, por ejemplo: Genially, Visme, H5P.
- ✓ **Videos explicativos:** los videos representan una herramienta didáctica que aporta a la transmisión de contenidos en el ámbito educativo, para apoyar el aprendizaje, reforzando los conocimientos de una manera a; algunas plataformas repositorios de estos recursos tenemos: Youtube, Vimeo, Edpuzzle, Dailymotion, Facebook.
- ✓ **Infografías, Mapas:** al igual que los cuadros comparativos, estos recursos visuales sintetizan y organizan la información de una forma jerárquica y esquemática, lo que facilita la comprensión y el aprendizaje; plataformas gestoras de estos recursos tenemos: Canva, Luchichart, entre otras.
- ✓ **Juegos educativos:** por medio de estos recursos y toda actividad lúdica, se promueve al aprendizaje, se refuerzan los conocimientos y se mejora la retención de contenidos de una manera divertida; algunas plataformas para la creación de juegos tenemos Kahoot, Quizizz, Educaplay, y Plickers.
- ✓ **Presentaciones:** existen herramientas en línea o software nativos que permiten estructurar y presentar contenidos de forma visual y dinámica, de gran valor para compartir los contenidos de una forma visual atractiva para el estudiante; entre estas Emaze, Canva, Prezi, Google Slides, Power Point OL,
- ✓ **Creador de contenido:** se refiere a aquellas plataformas que permiten la creación web de sitios, blogs, murales colaborativos, para la organización de los contenidos, otros recursos y asignaciones, tales como Google Site, WordPress, Blogger, Padlet, Weebly.

Figura 9*Herramientas digitales para la instrucción.*

En la siguiente **Figura 10**, se muestra el **Modelo Instruccional IDEAR**, como póster explicativo con el propósito de sintetizar sus partes fundamentales, facilitando la comprensión y su aplicación por parte de docentes y gestores educativos interesados.

Figura 10

Póster del Modelo Instruccional "IDEAR".



DISCUSIÓN

Los resultados evidenciaron que los modelos instruccionales más utilizados en entornos virtuales (ADDIE, ASSURE, TPACK y Dick & Carey) comparten elementos esenciales que los hacen aplicables en la educación a distancia: la planificación sistemática de objetivos, la estructuración de actividades, el uso de recursos tecnológicos, la interacción y la evaluación continua. Agregando dos factores determinantes para el éxito del aprendizaje en entornos virtuales que son: la organización y la claridad metodológica.

Como resultado del análisis comparativo, se construyó una propuesta de modelo instruccional para cursos virtuales específicamente para responder a las necesidades educativas de estudiantes en condiciones especiales dentro de la modalidad no presencial del sistema educativo panameño, el cual integra la claridad de objetivos con la organización sistemática del proceso instruccional del modelo ADDIE, la orientación tecnológica del modelo TPACK refuerza la capacitación docente en el manejo integrado del conocimiento pedagógico, tecnológico y del contenido; con la finalidad de crear experiencias de aprendizaje significativas; la estructura de ASSURE, adaptándolos a las necesidades de estudiantes que no pueden asistir a clases presenciales y Dick & Carey, la selección adecuada de los materiales para la consecución de las metas de aprendizaje.

CONCLUSIÓN

A lo largo de la recopilación de información para esta investigación, fue posible identificar diversos modelos instruccionales (Dick y Carey, ADDIE, TPACK, ASSURE), así como las estrategias pedagógicas (videos, foros, redes sociales, trabajos colaborativos, entre otros) y herramientas digitales (LMS, plataformas de creación multimedia, presentaciones, contenido interactivo, etc.) que actualmente se utilizan en la educación virtual.

Los hallazgos evidencian que estas estrategias pedagógicas digitales tienen un impacto positivo en el aprendizaje significativo de los estudiantes; esto es aplicable a aquellos en condiciones especiales en modalidad de estudio en casa; priorizando un estudio del entorno y facilidades del estudiante en cuanto a la disponibilidad de conectividad y los equipos necesarios para esta modalidad. Es indispensable que el docente designado haga las adecuaciones pertinentes de los contenidos del curso y seleccione las estrategias adecuadas a cada escenario en que se encuentra el estudiante para maximizar ese impacto en el proceso de enseñanza-aprendizaje del mismo.

Asimismo, el análisis de los distintos modelos instruccionales revela que cada uno ofrece un enfoque distintivo: ADDIE resalta la organización sistematizada del proceso instruccional; ASSURE se orienta hacia la tecnología y de los recursos en función del perfil del estudiante; TPACK centra su atención en las competencias docentes; mientras que Dick & Carey se enfoca en responder a las necesidades de los estudiantes.

Con base a estas fortalezas, se diseñó el *Modelo Instruccional IDEAR*, el cual fusiona los aportes de los enfoques estudiados y adapta a la población objetivo de este estudio: los estudiantes en casos especiales en modalidad de educación en casa.

El *Modelo Instruccional IDEAR* es una guía práctica para los docentes y/o instituciones educativas que requieran ofrecer la modalidad de estudio en casa de forma que se garantice la continuidad académica de estos estudiantes a través del uso de entornos virtuales de aprendizaje diseñados de forma consciente e inclusiva.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo Gamboa, F. E., Díaz Álvarez, J. C., Cajavilca Cepeda, R. A., Cobo Gómez, J. C., Acevedo Gamboa, F. E., Díaz Álvarez, J. C., Cajavilca Cepeda, R. A., & Cobo Gómez, J. C. (2019). Modelo de diseño instruccional aplicado a una guía virtual en simulación clínica. *Universitas Medica*, 60(3), 5–19. <https://doi.org/10.11144/JAVERIANA.UMED60-3.MDIS>
- Albitres-Mendoza, E. A., Duran-Llano, K. L., Albitres-Mendoza, E. A., & Duran-Llano, K. L. (2024). Educación virtual y aprendizaje significativo en el área de ciencia y tecnología en estudiantes de Pacasmayo. *Episteme Koinonía. Revista Electrónica*

- de Ciencias de La Educación, Humanidades, Artes y Bellas Artes*, 7(1), 227–243.
<https://doi.org/10.35381/E.K.V711.3732>
- Álvarez-Araque, W. O., Cayachoa-Amaya, I. C., ., & Botia-Martínez, M. L. (2020). El modelo TPACK como estrategia para integrar las TIC en el aula escolar a partir de la formación docente. *Revista ESPACIOS*, 41(16).
- Agudelo, G. M. M. L. (2021). La Educación en América Latina y del Caribe: una mirada a Colombia, Chile y Panamá. *Revista Dialogus*, (7), 97–107.
<https://doi.org/10.37594/DIALOGUS.V117.347>
- Barrientos Oradini, N., Yáñez Jara, V., Pénнанen Arias, C., & Aparicio Puentes, C. (2022). Análisis sobre la educación virtual, impactos en el proceso formativo y principales tendencias. *Revista de Ciencias Sociales*, ISSN-e 1315-9518, Vol. 28, No. 4, 2022, Págs. 496-511, 28(4), 496–511.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8703858&info=resumen&idioma=SPA>.
- Belloch, C. (2017). *Diseño instruccional*.
<https://148.202.167.116:8080/xmlui/handle/123456789/1321>
- Benítez Lima, M. G. (2010). *El modelo de diseño instruccional ASSURE aplicado a la educación a distancia*.
- Bernal, J. B. (2016). La educación panameña y sus principales desafíos. *REDES*, 1(8), 8–22. <https://revistas.udelac.ac.pa/index.php/redes/article/view/26>
- Bossolasco, M. L., Carreras, M. P., Torres Stockl, C. M., & Chiecher, A. C. (2024). Face to face, virtual or blended teaching? Trends in higher education teachers in the post-pandemic context. *Praxis Educativa*, 28(2), 1–20.
<https://doi.org/10.19137/PRAXISEDUCATIVA-2024-280210>
- Carbajal Amaya, R. V. (2020). *Metodología de la Investigación: investigación bibliográfica/documental*. <https://ri.ufg.edu.sv/jspui/handle/11592/9845>
- De La Torre García, V. R., & Sosa Mendoza, R. (2018). La pertinencia del modelo de diseño instruccional ASSURE para la implementación de la educación a distancia. *FILHA*, 13(19), 1–19. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=673776657015>
- Flores, F. (2024). TPACK model: its application in the analysis of the integration of ICT into university teaching. Narrative, context and teaching praxis. *Praxis Educativa*, 28(3), 1–20. <https://doi.org/10.19137/PRAXISEDUCATIVA-2024-280308>
- Heinich, R., Molenda, M., Russell, J., & Smaldino, S. (2002). The ASSURE Model. Instructional Media and Technologies for Learning, 52–84.
https://books.google.com/books/about/Instructional_Media_and_Technologies_for.html?hl=es&id=BLwpAQAAIAAJ
- Heredia-Hinojosa, A. A. (2023). TIC y la Gestión por Resultados en la Educación Virtual del Nivel Básico Regular. *Revista Docentes 2.0*, 16(2), 164–171.
<https://doi.org/10.37843/rted.v16i2.391>
- Imbachí, C., Palacio, G., Realpe, M., & Darío, J. (2019). *Plataformas virtuales de aprendizaje: Análisis desde su adaptación a estilos de aprendizaje*.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?>
- Londoño-Giraldo, E. P., Roldán-López, N. D., Puerta-Gil, C. A., Tobón Ramírez, E. P., & Vélez-Holguín, R. M. (2023). Reflexiones sobre la articulación de enfoques pedagógicos y mediaciones pedagógicas en educación universitaria virtual. *Revista Virtual Universidad Católica Del Norte*, 69, 276–305.
<https://doi.org/10.35575/RVUCN.N69A11>
- López, N. J. G. (2007). Docencia virtual integral: Capacitación de docentes competentes en diseño instruccional. *Revista Virtual Universidad Católica Del Norte*.
https://www.academia.edu/83613047/Docencia_virtual_integral_Capacitaci%C3%B3n_de_docentes_competentes_en_dise%C3%B1o_instruccional
- Losada Cárdenas, M. Á., & Peña Estrada, C. C. (2022). El diseño instruccional y los recursos tecnológicos en el mejoramiento de las competencias digitales de los

- docentes. *Apertura (Guadalajara, Jal.)*, 14(2), 40–61. <https://doi.org/10.32870/AP.V14N2.2241>
- Merrill, M. D., Drake, L., Lacy, M. J., & Pratt, J. (1966). *Reclaiming Instructional Design The Science of Instruction and the Technology of Instructional Design*. <https://web.archive.org/web/20120426001242/http://mdavidmerrill.com/Papers/Reclaiming.PDF>
- Moreno Garay, F. O., Ochoa Tataje, F. A., Mutter Cuellar, K. J., & Vargas de Olgado, E. C. (2021). Estrategias pedagógicas en entornos virtuales de aprendizaje en tiempos de pandemia por Covid-19. *Revista de Ciencias Sociales*, ISSN-e 1315-9518, Vol. 27, No. 4, 2021, Págs. 202-213, 27(4), 202–213. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8229887&info=resumen&idioma=ENG>
- Mota, K., Concha, C., & Muñoz, N. (2020). A educação virtual como agente transformador dos processos de aprendizagem. *Revista on Line de Política e Gestão Educacional*, 1216–1225. <https://doi.org/10.22633/RPGE.V24I3.14358>
- Presidencia de la República de Panamá. (2001). *Decreto Ejecutivo No 443 de 2001*. www.sijusa.com
- Presidencia de la República de Panamá, D. N. 45. (2021, October 13). *Decreto Ejecutivo N° 45. Que reglamenta la ley 245 de 13 de octubre de 2021, que establece y regula la educación en casa en panamá*. <https://vlex.com.pa/vid/decreto-ejecutivo-n-45-1035102825>
- Quispe-García, G. N., Quispe-García, S. E., Lescano-López, G. S., Esquivel-Alva, C. H., Quispe-García, G. N., Quispe-García, S. E., Lescano-López, G. S., & Esquivel-Alva, C. H. (2024). Educación virtual y su impacto en la enseñanza - aprendizaje durante 2019-2022. *Episteme Koinonía. Revista Electrónica de Ciencias de La Educación, Humanidades, Artes y Bellas Artes*, 7(13), 23–51. <https://doi.org/10.35381/E.K.V7I13.3204>
- Rodríguez, A. D. C. M. (2009). El diseño instruccional en La educación a distancia. Un acercamiento a los Modelos. *Apertura*, 0(10). <http://www.udgvirtual.udg.mx/apertura/index.php/apertura4/article/view/120>
- Salas-Rueda, R. A. (2019). Modelo TPACK: ¿Medio para innovar el proceso educativo considerando la ciencia de datos y el aprendizaje automático? *Entreciencias: Diálogos En La Sociedad Del Conocimiento*, 7(19). <https://doi.org/10.22201/ENESL.20078064E.2018.19.67511>
- Sánchez-García, J. E., Gutiérrez-Herrera, B. E., & Armenta-Nieblas, J. L. (2016). *Proposal for a MOOC instruccional design based on the theory development and mastery learning*.
- Segovia-García, N. (2024). Análisis multidimensional de plataformas educativas: Canvas vs. Moodle en la educación superior. *Revista Virtual Universidad Católica Del Norte*, 72, 4–39. <https://doi.org/10.35575/RVUCN.N72A2>
- Sharif, A., & Cho, S. (2015). 21st-century instructional designers: Bridging the perceptual gaps between identity, practice, impact and professional development. *RUSC Universities and Knowledge Society Journal*, 12(3), 72–86. <https://doi.org/10.7238/RUSC.V12I3.2176>
- UNESCO. (2023). Tecnología en la educación: ¿una herramienta en los términos de quién? *Informe de Seguimiento de La Educación En El Mundo, 2023: Tecnología En La Educación: ¿una Herramienta En Los Términos de Quién?*, 1–542.
- UNESCO. (2024, February 6). *Qué necesita saber acerca del aprendizaje digital y la transformación de la educación*. <https://www.unesco.org/es/digital-education/need-know>
- Vega, G. P. (2023). Análisis con perspectiva de género de los efectos de la alfabetización digital con un modelo b-learning en estudiantes de la Licenciatura en Enfermería. <https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/3827>

El desgaste de la hegemonía económica de Estados Unidos en el orden mundial: de la bipolaridad-unipolaridad a la multipolaridad (1945-2025)

The erosion of U.S. economic hegemony in the world order: from bipolarity-unipolarity to multipolarity (1945–2025)

Carlos Horacio Tasón De Gracia

Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de Veraguas. Panamá
carlos.tazon@up.ac.pa; <https://orcid.org/0009-0001-7597-6476>

Yanina Yamileth Vergara Barrios

Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de Azuero. Panamá.
yanina.vergara@up.ac.pa; <https://orcid.org/0009-0003-3190-0802>

Artículo recibido: 27 de julio de 2026

Artículo aceptado: 25 de septiembre de 2026

DOI <https://doi.org/10.48204/j.colegiada.v8n1.a11463>

RESUMEN

El artículo analiza el desgaste de la hegemonía económica de Estados Unidos y la formación de un orden internacional más multipolar. El objetivo es determinar en qué medida el ascenso de China y la consolidación de nuevos mecanismos de cooperación económica han modificado la distribución del poder mundial entre 1945 y 2025, con énfasis en el periodo posterior a la crisis financiera de 2008. Se aplicó un enfoque cualitativo de tipo histórico-comparativo, sustentado en el análisis documental de literatura especializada, estadísticas e informes de organismos internacionales. El estudio organizó la comparación en tres dimensiones: monetaria, comercial y financiera-institucional. Los resultados muestran que la pérdida de influencia estadounidense no es uniforme ni equivale a una sustitución completa de su liderazgo. En el ámbito monetario, el dólar conserva una posición predominante, aunque se observa una diversificación gradual de reservas y pagos internacionales. Cabe destacar que, en el comercio de mercancías, China ha alcanzado una posición central mediante su industrialización, su integración en la Organización Mundial del Comercio, la Iniciativa de la Franja y la Ruta y sus políticas tecnológicas; sin embargo, Estados Unidos mantiene ventajas decisivas en servicios, innovación y finanzas. En el plano institucional, el Nuevo Banco de Desarrollo y el Banco Asiático de Inversión en Infraestructura amplían las opciones de financiamiento, pero todavía complementan más que sustituyen al Fondo Monetario Internacional y al Banco Mundial. Se concluye que el sistema contemporáneo se caracteriza por una multipolaridad asimétrica, en la cual Estados Unidos conserva capacidades estructurales, mientras China y otros actores reducen su margen de acción exclusiva.

PALABRAS CLAVE: Cultura dominante, comercio internacional, instituciones financieras, sistema monetario internacional.

ABSTRACT

This article examines the relative erosion of U.S. economic hegemony and the emergence of a more multipolar international order. Its objective is to determine the extent to which China's rise and the consolidation of new mechanisms of economic cooperation altered the distribution of global power between 1945 and 2025, with particular emphasis on the period following the 2008 financial crisis.



The study adopts a qualitative historical-comparative approach based on documentary analysis of specialized literature, statistics, and reports issued by international organizations. The comparison is organized around three dimensions: monetary, commercial, and financial-institutional. The findings indicate that the decline in U.S. influence is uneven and does not amount to a complete replacement of its leadership. In monetary affairs, the U.S. dollar remains predominant, although international reserves and payment arrangements show gradual diversification. In merchandise trade, China has acquired a central position through industrialization, integration into the World Trade Organization, the Belt and Road Initiative, and technology-oriented industrial policies; nevertheless, the United States retains major advantages in services, innovation, and finance. At the institutional level, the New Development Bank and the Asian Infrastructure Investment Bank have broadened development-finance options, but they still complement rather than replace the International Monetary Fund and the World Bank. The article concludes that the contemporary system is best understood as an asymmetric multipolar order in which the United States preserves structural capabilities while China and other actors increasingly constrain its capacity for unilateral action.

KEYWORDS: Dominant culture, international trade, financial institutions, international monetary system.

INTRODUCCIÓN

Es importante conocer que, desde el final de la Segunda Guerra Mundial, el sistema internacional ha atravesado transformaciones profundas en la distribución del poder. La ruina por así decirlo, de las potencias europeas y la consolidación militar, productiva e ideológica de Estados Unidos y la Unión Soviética dieron origen a un orden bipolar que estructuró la política mundial durante la Guerra Fría.

La ruptura de la Unión soviética en 1991 eliminó uno de los polos de ese sistema y abrió un periodo de predominio estadounidense que fue definido como un "momento unipolar", de dominio global, Krauthammer (1990). Durante esa etapa, Estados Unidos reunió capacidades militares, financieras, tecnológicas, diplomáticas y culturales superiores a las de cualquier otro actor individual.

Por consiguiente, la unipolaridad, no constituyó una situación permanente ni absoluta. Las intervenciones militares prolongadas, el uso de sanciones financieras, la crisis económica de 2008, el aumento de la deuda pública, la reindustrialización de Asia y el crecimiento de economías emergentes redujeron gradualmente la capacidad estadounidense para establecer por sí sola las reglas del sistema internacional. Al mismo tiempo, China amplió su participación en el comercio mundial, fortaleció sus capacidades industriales y tecnológicas e impulsó iniciativas de infraestructura, cooperación financiera y uso de monedas nacionales. Rusia, India, Brasil, la Unión Europea adquirieron mayor margen de actuación.

El concepto de pérdida de influencia debe utilizarse con cautela. La disminución de la participación relativa de una potencia no supone necesariamente su decadencia absoluta, ni implica que otro Estado haya asumido todas sus funciones hegemónicas. Estados Unidos continúa ocupando una posición central en los mercados financieros, el sistema monetario, la innovación tecnológica, las alianzas militares y las instituciones surgidas de Bretton Woods. Por esa razón, este trabajo utiliza la expresión erosión relativa de la hegemonía, entendida como la reducción del margen de acción exclusiva de Estados Unidos ante la aparición de capacidades económicas e institucionales alternativas.

Es importante mencionar la pregunta que orienta este estudio: ¿en qué medida y mediante qué mecanismos se ha desgastado la hegemonía económica de Estados Unidos frente al ascenso de China y la consolidación de nuevos polos de poder? El objetivo general consiste en analizar comparativamente esta transformación mediante tres dimensiones: la monetaria, la comercial y la financiera-institucional. Como hipótesis de trabajo se sostiene que el orden internacional no ha pasado de una hegemonía estadounidense a una hegemonía china plenamente establecida, sino hacia una multipolaridad asimétrica en la que las capacidades se distribuyen de manera desigual según el ámbito examinado.

Por consiguiente, la relevancia de esta investigación radica en que permite superar dos interpretaciones simplificadoras. La primera anuncia el colapso inmediato de Estados Unidos; la

segunda considera que la estructura unipolar permanece intacta. Asimismo, el análisis comparativo muestra una realidad intermedia: el dólar y las instituciones financieras tradicionales conservan una posición dominante, mientras China se fortalece en el comercio de mercancías, la infraestructura y el financiamiento para el desarrollo. La competencia entre ambos Estados, por tanto, no se expresa como una sustitución lineal, sino como una disputa prolongada por las reglas, los mercados, las tecnologías y los mecanismos de gobernanza mundial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Cabe señalar que esta investigación se desarrolló mediante un enfoque cualitativo, de alcance descriptivo-analítico y diseño documental. Por consiguiente, se aplicó el método histórico-comparativo para reconstruir las principales etapas del orden internacional desde 1945 hasta 2025 y para contrastar la evolución de las capacidades económicas de Estados Unidos y China. Aunque el recorrido histórico comienza con la formación del sistema bipolar, el núcleo analítico se concentra en el periodo 2008-2025, debido a que la crisis financiera global de 2008 constituye un punto de inflexión en la legitimidad del modelo económico occidental y coincide con la expansión de nuevas iniciativas impulsadas por economías emergentes.

No obstante, el corpus documental estuvo integrado por libros y artículos especializados en relaciones internacionales y economía política internacional; informes del Fondo Monetario Internacional, la Organización Mundial del Comercio, el Banco Asiático de Inversión en Infraestructura y el Nuevo Banco de Desarrollo; declaraciones oficiales de los BRICS y documentos de política comercial de Estados Unidos. Las fuentes fueron seleccionadas de acuerdo con cuatro criterios: autoridad académica o institucional, pertinencia temática, actualidad y posibilidad de contrastación. Se privilegiaron las fuentes primarias de organismos internacionales para las cifras económicas y los documentos oficiales para el análisis de políticas e iniciativas institucionales.

La información fue organizada en una matriz de análisis compuesta por tres categorías. La dimensión monetaria incluyó la participación de las monedas en las reservas internacionales, la internacionalización del renminbi y el uso de monedas nacionales en operaciones transfronterizas. La dimensión comercial consideró el liderazgo en exportaciones e importaciones de mercancías, el comercio de servicios, la integración en cadenas globales de valor, las políticas industriales y los acuerdos regionales. La dimensión financiera-institucional examinó la función del Fondo Monetario Internacional y el Banco Mundial, así como el crecimiento del Nuevo Banco de Desarrollo y del Banco Asiático de Inversión en Infraestructura.

Tabla 1

Matriz de categorías, indicadores, fuentes y período de análisis.

Categoría de análisis	Indicadores y elementos observados	Fuentes principales	Período de análisis
Dimensión monetaria	Participación del dólar y del renminbi en las reservas internacionales; inclusión del renminbi en los Derechos Especiales de Giro; uso de monedas nacionales en pagos.	Fondo monetario Internacional (COFER y DEG); Banco Popular de China; declaraciones y documentos oficiales de los BRICS.	2008-2025. Antecedentes: sistema de Bretton Woods desde 1944.
Dimensión comercial	Evolución de las exportaciones e importaciones de mercancías; comercio internacional de servicios; participación en cadenas globales de valor; políticas industriales y arancelarias; ingreso de China a la OMC; Iniciativa de la Franja y la Ruta; Made in China 2025 y RCEP.	Organización Mundial del Comercio; Banco Mundial; documentos oficiales de Estados Unidos y China; acuerdos regionales; artículos y libros de economía política internacional.	2008-2025. Antecedentes: reformas chinas desde 1978 e ingreso a la OMC en 2001.
Dimensión financiera-institucional.	Papel del FMI y el Banco Mundial en la gobernanza financiera; estructura, membresía, capital y	FMI; Banco Mundial; Nuevo Banco de Desarrollo; Banco	2008-2025. Hitos institucionales: creación del NBD

	financiamiento del Nuevo Banco de Desarrollo y del Banco Asiático de Inversión en Infraestructura y préstamos.	Asiático de Inversión en Infraestructura; documentos oficiales de los BRICS y literatura académica.	en 2014 y del BAIL en 2015.
--	--	---	-----------------------------

Nota. El recorrido histórico general comprende 1945 - 2025; el análisis comparativo se concentra en 2008-2025.

De hecho, el procedimiento comprendió cuatro fases: revisión y depuración bibliográfica; clasificación de la información según las categorías establecidas; comparación de las tendencias observadas en Estados Unidos y China; e interpretación de los resultados a la luz de los conceptos de hegemonía, unipolaridad y multipolaridad. La triangulación se realizó mediante el contraste entre literatura académica, estadísticas institucionales y documentos oficiales. Debido a la naturaleza documental del estudio, los resultados no pretenden ofrecer una medición exhaustiva de todas las formas de poder. Se excluyen del análisis detallado de las dimensiones militares y culturales, salvo cuando son necesarias para contextualizar la transformación económica.

Estos aspectos apenas reseñados deben ser valorados ya que las limitaciones se encuentran: en el carácter dinámico de los datos sobre reservas, comercio y financiamiento, que pueden ser revisados por los organismos que los publican. Asimismo, la utilización de agregados nacionales no permite captar por completo la interdependencia entre empresas estadounidenses y chinas, ni la participación de terceros países en las cadenas globales de valor. Estas limitaciones no invalidan el análisis, pero exigen interpretar la multipolaridad como un proceso en construcción y no como una estructura definitivamente consolidada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. De la bipolaridad al momento unipolar

En este artículo podemos decir que el orden bipolar surgido después de 1945 se apoyó en la concentración de poder militar, económico e ideológico en dos superpotencias. Estados Unidos lideró el bloque capitalista y promovió una arquitectura económica internacional basada en el dólar, el Fondo Monetario Internacional, el Banco Mundial y el Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio. La Unión Soviética organizó un espacio político y económico alternativo en Europa oriental y estableció alianzas con Estados y movimientos vinculados al socialismo. La confrontación entre ambos bloques se manifestó en la carrera armamentista, la competencia tecnológica, las alianzas militares y los conflictos indirectos.

Por consiguiente, la crisis económica soviética, las tensiones nacionales internas, las reformas políticas impulsadas durante la década de 1980 y la caída del Muro de Berlín debilitaron el bloque socialista. Si bien la disolución de la Unión Soviética en 1991 puso fin a la bipolaridad y dejó a Estados Unidos como la potencia con mayor capacidad global. La combinación de superioridad militar, centralidad financiera, liderazgo tecnológico y poder cultural permitió a Washington influir de forma decisiva en la agenda internacional durante la década de 1990 y los primeros años del siglo XXI.

Desde una perspectiva de sistema-mundo, esta primacía se apoyó en la posición central de Estados Unidos dentro de los circuitos de producción, crédito, innovación y consumo (Wallerstein, 2004). El dólar funcionó como principal moneda de reserva y de transacción, los mercados financieros estadounidenses concentraron capitales internacionales y las instituciones de Bretton Woods mantuvieron un peso considerable en la formulación de políticas económicas. La expansión de empresas tecnológicas y medios de comunicación reforzó, además, la dimensión cultural de su influencia.

Cabe señalar que esta concentración fue resumida por Krauthammer (1990), quien afirmó: “El mundo inmediato posterior a la Guerra Fría no es multipolar. Es unipolar” (p.23). Esta frase celebre expresa la excepcional concentración de poder de la década de 1990; sin embargo, en el estudio se interpreta como una coyuntura histórica y no como una condición permanente en el sistema internacional.

No obstante, la hegemonía estadounidense enfrentó contradicciones internas. La apertura comercial y la deslocalización productiva beneficiaron a empresas transnacionales y consumidores, pero también redujeron el empleo manufacturero en determinadas regiones. Las intervenciones en Afganistán e Irak generaron elevados costos financieros y políticos. A ello se sumó el uso frecuente de sanciones y restricciones financieras, que incentivó a algunos países a buscar mecanismos para disminuir su vulnerabilidad ante decisiones adoptadas en Washington.

2. La erosión relativa de la unipolaridad y el ascenso de nuevos polos

Cabe destacar que la crisis financiera de 2008 representó un punto de inflexión porque se originó en el núcleo del sistema financiero estadounidense y se transmitió rápidamente al resto del mundo. La paralización de instituciones, la expansión de activos de alto riesgo y la necesidad de rescates públicos evidenciaron las limitaciones de la desregulación financiera. Stiglitz (2010) interpretó la crisis como una consecuencia de fallas estructurales del modelo financiero, mientras que otros autores subrayaron la pérdida de legitimidad de las políticas asociadas al llamado Consenso de Washington.

La crisis no eliminó la centralidad de Estados Unidos, pero aceleró el debate sobre la diversificación económica y financiera. China respondió con estímulos internos, inversión en infraestructura y expansión del crédito. Las economías emergentes reclamaron mayor representación en los organismos multilaterales y fortalecieron mecanismos de coordinación como los BRICS. La cooperación Sur-Sur adquirió mayor relevancia al ofrecer espacios de intercambio comercial, financiamiento y concertación política fuera de los canales tradicionales dominados por las potencias occidentales.

La multipolaridad contemporánea no implica una distribución equilibrada del poder. Estados Unidos y China sobresalen por la amplitud de sus capacidades, pero otros actores conservan influencia regional y sectorial. La Unión Europea mantiene un mercado integrado y capacidad regulatoria; India combina crecimiento económico, población y desarrollo tecnológico; Rusia conserva recursos energéticos y poder militar; Brasil posee peso regional, agrícola y diplomático. El resultado es un sistema más plural, pero también más fragmentado y competitivo.

En este escenario, la comparación entre Estados Unidos y China debe realizarse por dimensiones. China puede superar a Estados Unidos en exportaciones de mercancías sin desplazarlo en finanzas globales; el renminbi (moneda china), puede ampliar su utilización comercial sin sustituir al dólar como principal moneda de reserva; y los bancos de desarrollo emergentes pueden ofrecer nuevas opciones sin reemplazar el volumen, la experiencia y la cobertura institucional del Fondo Monetario Internacional y el Banco Mundial. Esta diferenciación evita confundir avances sectoriales con una sustitución hegemónica completa.

3. Dimensión monetaria: diversificación sin desplazamiento del dólar

Sin embargo, la centralidad monetaria de Estados Unidos se consolidó con los acuerdos de Bretton Woods de 1944 y se mantuvo incluso después del abandono de la convertibilidad del dólar en oro en 1971. La profundidad de los mercados financieros estadounidenses, la liquidez de sus instrumentos, el tamaño de su economía y la confianza acumulada en sus instituciones han sostenido la demanda internacional de dólares. Eichengreen (2011) denomina privilegio exorbitante a las ventajas que obtiene Estados Unidos por emitir la principal moneda de reserva mundial.

Asimismo, la utilización del dólar como instrumento de sanción y control financiero ha generado incentivos para la diversificación. Países sometidos a restricciones estadounidenses han ampliado el uso de monedas nacionales, sistemas regionales de pago y acuerdos bilaterales. Sin embargo, debe distinguirse entre desdolarización, diversificación de reservas y uso de monedas locales en determinadas transacciones. Estos procesos pueden reducir la exposición al dólar en operaciones específicas sin eliminar su función dominante en los mercados internacionales.

De hecho, la internacionalización del renminbi constituye uno de los avances más visibles de China. El Fondo Monetario Internacional incorporó la moneda china a la canasta de Derechos

Especiales de Giro a partir del 1 de octubre de 2016, reconociendo su creciente utilización en pagos y mercados cambiarios (Fondo Monetario Internacional [FMI], 2016). China también desarrolló acuerdos de intercambio de monedas, centros de compensación y el Sistema de Pagos Interbancarios Transfronterizos, con el propósito de facilitar operaciones en renminbi.

La relevancia institucional de esta decisión fue subrayada por el Fondo Monetario Internacional (FMI, 2016): “La ampliación de la canasta de DEG constituye un hito histórico para el Fondo, China y el sistema monetario internacional” (p. 4).

La declaración reconoció los avances de China en materia monetaria y financiera, aunque la inclusión en DEG no eliminó las diferencias de convertibilidad, liquidez y profundidad de mercado que todas favorecen al dólar.

A pesar de estos avances, la distancia entre el dólar y el renminbi continúa siendo amplia. La nueva metodología de la base de datos COFER del FMI estimó que, en el segundo trimestre de 2025, el dólar representaba aproximadamente el 57.12 % de las reservas internacionales, mientras el renminbi alcanzaba cerca del 1.98 % (Kwende & Nephew, 2025). Los datos muestran una diversificación gradual, pero también confirman que el dólar conserva una ventaja estructural basada en la liquidez, la convertibilidad y la profundidad de los mercados financieros estadounidenses.

Tabla 2

Participación de las principales monedas en las reservas internacionales, años seleccionados.

Año	Dólar estadounidense (%)	Euro (%)	Renminbi (%)	Yen japonés	Libra esterlina (%)
2000	71,1	18,3		6,1	2,8
2010	62,2	25,8		3,7	3,9
2016	65,4	19,1	1,1	4,0	4,3
2020	58,9	21,3	2,3	6,0	4,7
2024	57,8	19,8	2,2	5,8	4,7

Nota. Valores expresados como porcentaje de las reservas de divisa cuya composición monetaria fue identificada, a precios y tipos de cambio corrientes. El renminbi no fue identificado por separado en COFER antes de 2016. Adaptado de Currency Composition of Official Foreign Exchange Reserves (COFER), por el Fondo Monetario Internacional, 2025.

No se puede pasar por alto, las declaraciones de los BRICS reflejan esta búsqueda de diversificación. La Declaración de Kazán de 2024 respaldó el mayor uso de monedas nacionales y el estudio de mecanismos de pagos transfronterizos más eficientes, pero no anunció una moneda común ni un sistema plenamente operativo que sustituyera a la infraestructura existente (BRICS, 2024). Por tanto, iniciativas como la cooperación entre sistemas nacionales, los pagos en monedas locales y los proyectos de interoperabilidad deben analizarse como procesos en desarrollo, no como una ruptura monetaria ya consumada.

Vale la pena señalar, el principal resultado de esta dimensión es que la hegemonía monetaria estadounidense se ha vuelto más discutida, pero permanece vigente. El renminbi ha ganado importancia regional y comercial, aunque las restricciones a la movilidad de capitales, la menor profundidad de sus mercados y la intervención estatal limitan su expansión como reserva global. La tendencia más probable no es una sustitución inmediata del dólar, sino un sistema monetario más diversificado en el que distintas monedas cumplen funciones complementarias.

4. Dimensión comercial: ascenso de China y persistencia de capacidades estadounidenses

Sin duda, la primacía comercial estadounidense posterior a 1945 se sustentó en una base industrial intacta, la reconstrucción de Europa y Japón, el predominio del dólar y el acceso de sus empresas a mercados internacionales. Durante la segunda mitad del siglo XX, Estados Unidos fue un actor central en la organización del comercio mundial y en la expansión de las empresas transnacionales. No obstante, la apertura económica china y la reorganización de las cadenas globales de valor modificaron progresivamente esa estructura.

Asimismo, las reformas iniciadas por Deng Xiaoping a finales de la década de 1970 permitieron la creación de zonas económicas especiales, la captación de inversión extranjera y la expansión manufacturera. Desde la década de 1990, numerosas empresas trasladaron procesos productivos a China para aprovechar menores costos, infraestructura industrial y una creciente red de proveedores. Por consiguiente, Rodrik (2010) señala que la integración de China transformó las oportunidades y tensiones de la economía mundial, mientras que el ingreso del país a la Organización Mundial del Comercio en 2001 aceleró su inserción en los mercados globales.

Vale la pena señalar que el ascenso chino no se explica únicamente por mano de obra de bajo costo. La acumulación de capacidades productivas, la inversión en educación e infraestructura, el apoyo estatal y la ampliación del mercado interno permitieron avanzar hacia actividades de mayor valor agregado. La estrategia Made in China 2025 buscó reducir dependencias tecnológicas e impulsar sectores como robótica, vehículos eléctricos, equipos aeroespaciales, telecomunicaciones y energías renovables (Ernst, 2016). Este cambio intensificó la competencia con Estados Unidos por el control de tecnologías estratégicas.

Por consiguiente, la Iniciativa de la Franja y la Ruta, anunciada en 2013, articuló infraestructura, financiamiento y logística con objetivos económicos y geopolíticos. Ferrocarriles, puertos, carreteras, redes energéticas y telecomunicaciones ampliaron la conectividad entre China, Asia, África, Europa y América Latina. Hillman (2018) advierte que la iniciativa debe analizarse simultáneamente como un programa de infraestructura, un mecanismo de proyección económica y una herramienta de influencia internacional.

De acuerdo con este análisis, puede decirse que la integración regional también fortaleció la posición asiática. El Acuerdo de Asociación Económica Integral Regional fue firmado el 15 de noviembre de 2020 y entró en vigor inicialmente el 1 de enero de 2022. El acuerdo reúne a los diez miembros de la Asociación de Naciones del Sudeste Asiático y a cinco socios regionales, entre ellos China. No fue creado exclusivamente por Beijing, sino negociado dentro de una arquitectura centrada en la ASEAN; sin embargo, su funcionamiento amplía el peso de Asia-Pacífico en el comercio mundial (Association of Southeast Asian Nations [ASEAN], 2020).

Por consiguiente, las estadísticas confirman el liderazgo chino en mercancías. Según la Organización Mundial del Comercio, China registró exportaciones de bienes por aproximadamente 3.58 billones de dólares en 2024, consolidándose como el principal exportador mundial (Organización Mundial del Comercio [OMC], 2025). Esta posición no significa que Estados Unidos haya dejado de ser una potencia comercial. En 2024, la economía estadounidense exportó bienes y servicios por 3.19 billones de dólares y mantuvo un superávit de servicios de 293.3 mil millones, lo que refleja ventajas en actividades financieras, digitales, profesionales, propiedad intelectual y servicios avanzados (U.S. Bureau of Economic Analysis [BEA], 2025).

Tabla 3*Comparación de Estados Unidos y China en el comercio mundial, 2024.*

Indicador	Estados Unidos Valor	Participación mundial	Rango mundial	China Valor	Participación mundial	Rango mundial
Exportaciones de bienes	2,065	8.4 %	2.º	3,577	14.6 %	1.º
Importaciones de bienes	3,359	13.6 %	1.º	2,585	10.4 %	2.º
Exportaciones de servicios comerciales	1,122	12.8 %	1.º	444	5.1 %	5.º
Importaciones de servicios comerciales	815	10.2 %	1.º	608	7.6 %	2.º

Nota. Valores expresados en miles de millones de dólares estadounidenses. La participación mundial corresponde al porcentaje del total mundial de cada flujo comercial. Adaptado de *Global Trade Outlook and Statistics: Update October 2025* (apéndices 1 y 3), por Organización Mundial del Comercio y Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo, 2025.

En este estudio podemos deducir que la competencia comercial ha dado lugar a políticas defensivas. Desde 2018, Estados Unidos amplió aranceles y controles tecnológicos dirigidos a productos chinos. En 2025, la política comercial estadounidense volvió a utilizar aranceles generales y medidas específicas como instrumentos de reindustrialización, reducción del déficit y seguridad económica (Office of the United States Trade Representative [USTR], 2025). Estas políticas muestran que la competencia ya no se limita a la apertura de mercados, sino que incluye subsidios, restricciones a semiconductores, control de inversiones y protección de cadenas de suministro.

Por consiguiente, la discusión revela una paradoja. Estados Unidos busca reducir la dependencia de la producción china, pero las economías de ambos países permanecen profundamente interconectadas. Empresas estadounidenses dependen de proveedores, componentes y mercados asiáticos, mientras China necesita tecnología, capital y demanda externa. Por consiguiente, la rivalidad comercial combina competencia y dependencia. Esta relación limita la posibilidad de una separación completa y favorece una reorganización selectiva de cadenas productivas hacia países aliados o regiones consideradas estratégicas.

Por estas razones, se concluye que China ha adquirido una ventaja clara en el comercio de mercancías y en determinados sectores manufactureros, pero Estados Unidos conserva fortalezas en servicios, innovación, finanzas, marcas globales y tecnologías críticas. La dimensión comercial es la que evidencia con mayor claridad la erosión relativa de la hegemonía estadounidense, aunque tampoco demuestra una sustitución total.

5. Dimensión financiera e institucional: alternativas, reformas y complementariedad

Si bien la arquitectura financiera internacional establecida en Bretton Woods otorgó al Fondo Monetario Internacional y al Banco Mundial un papel central en la estabilidad monetaria y el financiamiento del desarrollo. Estados Unidos conservó una posición privilegiada debido a su cuota, su capacidad de voto, la localización de ambas instituciones en Washington y la centralidad del dólar. Lichtensztejn (1983) analizó críticamente la relación entre estas entidades y el poder financiero internacional, mientras los debates posteriores destacaron el impacto social de las políticas de ajuste estructural aplicadas durante las décadas de 1980 y 1990.

En cuanto a las reformas impulsadas en América Latina, África y Asia promovieron privatización, liberalización comercial, disciplina fiscal y reducción de la intervención estatal. Sus resultados fueron heterogéneos. En algunos casos contribuyeron a estabilizar variables macroeconómicas; en otros, aumentaron la vulnerabilidad social, debilitaron capacidades públicas y generaron rechazo político. La percepción de que las instituciones tradicionales

imponían condiciones uniformes favoreció la demanda de mayor representación para las economías emergentes y de fuentes alternativas de financiamiento.

Por consiguiente, el Nuevo Banco de Desarrollo, establecido por Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica, inició operaciones en 2015 con la misión de movilizar recursos para infraestructura y desarrollo sostenible. Su estructura buscó ofrecer mayor participación a los miembros fundadores y ampliar el financiamiento en monedas locales. En 2024, el banco aprobó quince préstamos por un valor total aproximado de 4.5 mil millones de dólares, y el financiamiento en monedas locales representó una proporción relevante de sus aprobaciones (New Development Bank [NDB], 2025). Estos datos muestran un crecimiento institucional, aunque su escala todavía es menor que la de los organismos tradicionales.

El mandato institucional del NBD consiste en movilizar recursos para proyectos de infraestructura y desarrollo sostenible (New Development Bank [NDB], 2025). La formulación oficial añade que esta función busca complementar los esfuerzos de las instituciones financieras multilaterales y regionales; por ello el banco fue concebido como una ampliación de las opciones de financiamiento y no necesariamente como un reemplazo inmediato del sistema de Bretton Woods.

No se puede pasar por alto que el Banco Asiático de Inversión en Infraestructura se convirtió en otro componente importante de esta transformación. Con sede en Beijing y una membresía que incluye países asiáticos y no asiáticos, la institución ha financiado proyectos de transporte, energía, conectividad y desarrollo sostenible. Al cierre de 2024, contaba con 110 miembros plenos o aprobados, y durante ese año reportó aproximadamente 8.4 mil millones de dólares en financiamiento de proyectos (Asian Infrastructure Investment Bank [AIIB], 2025). Su composición internacional impide reducirlo a un instrumento exclusivamente chino, aunque su creación refleja el mayor peso de China en la gobernanza financiera.

Tabla 4

Comparación entre el FMI, el Banco Mundial, el NDB y el BAI.

Institución	Creación	Sede	Miembros	Capital o base de recursos	Objetivos principales	Cartera o escala operativa
Fondo Monetario Internacional (FMI)	1944; entró en vigor en 1945	Washington, D.C., Estados Unidos	191 países	Cuotas totales: DEG 476.4 mil millones. Capacidad de préstamo aproximada: US\$1 billón.	Promover la cooperación monetaria y la estabilidad financiera; facilitar el comercio y el crecimiento; realizar supervisión económica; otorgar financiamiento ante problemas de balanza de pagos; brindar asistencia técnica.	Crédito total pendiente: DEG 119.5 mil millones al 31 de diciembre de 2025.
Banco Mundial (BIRF/AIF)	BIRF: 1944. AIF: 1960.	Washington, D. C., Estados Unidos	BIRF: 189 países. AIF: 175 países	BIRF: capital suscrito acumulado de US\$326.8 mil millones, incluidos US\$22.9 mil millones pagados. AIF: patrimonio de US\$204.2 mil millones (2025).	Reducir la pobreza y promover una prosperidad compartida en un planeta habitable	Préstamos netos pendientes en 2025: BIRF US\$280.0 mil millones y AIF US\$223.2 mil millones. Compromisos FY2025: US\$80.8 mil millones en conjunto.

Nuevo Banco de Desarrollo (NBD)	Acuerdo firmado en 2014; inició operaciones en 2015.	Shanghái, China.	9 miembros efectivos al cierre de 2025; 10 desde junio de 2026.	Capital autorizado: US\$100 mil millones. Capital suscrito: aproximadamente US\$53.3 mil millones al cierre de 2025.	Movilizar recursos para infraestructura y desarrollo sostenible en los BRICS y otras economías emergentes y en desarrollo.	Financiamiento aprobado acumulado: US\$42.9 mil millones para 139 proyectos, con corte al 31 de diciembre de 2025.
Banco Asiático de Inversión en Infraestructura (BAII)	Fundado en 2015; inició operaciones en 2016.	Beijing, China.	111 miembros aprobados (mayo de 2026).	Capital autorizado: US\$100 mil millones. Suscripciones: US\$97.6 mil millones (mayo de 2026).	Financiar infraestructura sostenible en Asia y otras regiones; promover conectividad regional, infraestructura verde y tecnológica.	Financiamiento aprobado acumulado superior a US\$70 mil millones al cierre de 2025; desembolsos acumulados superiores a US\$38 mil millones

Nota. Las cifras de capital no son estrictamente equivalentes: en el FMI corresponden a cuotas; en el BIRF/NBD/BAII, a capital suscrito o autorizado; y en la AIF, a patrimonio. “Cartera” se expresa mediante crédito pendiente, préstamos netos pendientes o financiamiento aprobado, según la naturaleza de cada institución. Los datos se presentan con corte principal al 31 de diciembre de 2025; las cifras posteriores se identifican expresamente. Adaptado de *Datos oficiales del FMI, Banco Mundial, Nuevo Banco de Desarrollo y Banco Asiático de Inversión en Infraestructura*, por FMI et al., 2025–2026.

Por consiguiente, la expansión de estas instituciones no ha provocado el reemplazo del Fondo Monetario Internacional ni del Banco Mundial. Los bancos emergentes suelen cofinanciar proyectos con organismos tradicionales, comparten estándares ambientales y financieros y operan dentro de los mercados globales de capital. Su principal contribución consiste en ampliar las fuentes disponibles, introducir mayor competencia institucional y ofrecer modalidades de financiamiento adaptadas a infraestructura y desarrollo sostenible.

Asimismo, la relación entre competencia y complementariedad también se observa en las declaraciones de los BRICS. El grupo reclama reformas en la representación del Fondo Monetario Internacional, promueve el uso de monedas nacionales y respalda el fortalecimiento del Nuevo Banco de Desarrollo. Al mismo tiempo, la Declaración de Kazán reafirmó la importancia de un Fondo Monetario Internacional fuerte y adecuadamente financiado (BRICS, 2024). Esto demuestra que la estrategia de las economías emergentes no consiste necesariamente en abandonar la arquitectura existente, sino en modificarla y crear instituciones que aumenten su capacidad de negociación.

De hecho, la dimensión financiera-institucional revela, por tanto, una transición gradual. China y los BRICS han creado mecanismos capaces de reducir la exclusividad occidental, pero no han establecido todavía una arquitectura paralela con alcance equivalente. El resultado es una gobernanza más plural, en la cual las instituciones tradicionales conservan un peso superior, aunque deben responder a nuevas demandas de representación, financiamiento y legitimidad.

6. Alcances y límites de la multipolaridad contemporánea

Cabe destacar que los hallazgos permiten caracterizar el orden actual como una multipolaridad asimétrica. La expresión reconoce la existencia de varios centros de poder, pero evita suponer que todos poseen capacidades equivalentes. Estados Unidos mantiene ventajas decisivas en moneda, finanzas, innovación, alianzas y poder militar. China sobresale en manufactura, comercio de bienes, infraestructura y expansión institucional. La Unión Europea ejerce influencia regulatoria y comercial; India incrementa su peso demográfico, tecnológico y diplomático; Rusia conserva capacidades militares y energéticas; y otras economías emergentes amplían su autonomía mediante asociaciones flexibles.

Por consiguiente, la multipolaridad tampoco elimina la hegemonía, sino que la fragmenta por sectores. En el ámbito monetario continúa predominando Estados Unidos; en mercancías lidera China; en regulación comercial la Unión Europea tiene una capacidad considerable; y en recursos energéticos o materias primas otros actores adquieren poder de negociación. Esta distribución sectorial explica por qué resulta difícil identificar una única potencia sucesora.

Es importante recalcar que el surgimiento de nuevos polos puede favorecer una representación internacional más amplia, pero también aumenta los riesgos de conflicto, proteccionismo y fragmentación tecnológica. La competencia por semiconductores, inteligencia artificial, minerales críticos, energía y sistemas de pago puede dividir mercados y elevar los costos de transacción. Al mismo tiempo, desafíos como el cambio climático, las pandemias, la deuda y la seguridad alimentaria requieren cooperación entre actores que compiten entre sí.

En particular, la transición no debe evaluarse únicamente en términos de ganadores y perdedores. El problema central es la capacidad del sistema para producir reglas legítimas y soluciones colectivas. La pérdida relativa de influencia estadounidense abre espacios para otros Estados, pero no garantiza por sí misma una gobernanza más equitativa. Las nuevas instituciones deberán demostrar transparencia, sostenibilidad financiera, respeto ambiental y capacidad para evitar que la diversificación reproduzca relaciones de dependencia bajo nuevos centros de poder.

CONCLUSIÓN

Tras una revisión exhaustiva de la literatura el análisis confirma que el orden internacional ha experimentado una transformación estructural desde 1945. La bipolaridad de la Guerra Fría dio paso a una etapa unipolar después de 1991, pero esa concentración de poder comenzó a erosionarse de manera más visible a partir de la crisis financiera de 2008 y del ascenso económico de China. El cambio no representa el fin de Estados Unidos como potencia central, sino la reducción de su capacidad para actuar sin contrapesos en todas las dimensiones del sistema mundial.

En este estudio, la hipótesis de trabajo se sostiene: el sistema contemporáneo se aproxima a una multipolaridad asimétrica y sectorial. En el ámbito monetario, el dólar conserva una posición predominante, mientras la internacionalización del renminbi y el uso de monedas nacionales avanzan de forma gradual. La desdolarización debe entenderse como diversificación y reducción selectiva de dependencias, no como una sustitución inmediata de la moneda estadounidense.

Por consiguiente, en la dimensión comercial, China ha alcanzado una posición central en la exportación de mercancías, las cadenas manufactureras y la infraestructura internacional. Su ingreso a la Organización Mundial del Comercio, la expansión de la Franja y la Ruta, las políticas industriales y la integración de Asia-Pacífico explican buena parte de este ascenso. No obstante, Estados Unidos mantiene ventajas en servicios, finanzas, innovación y tecnologías estratégicas, de modo que la competencia combina rivalidad, interdependencia y reorganización selectiva de cadenas productivas.

Por estas razones en la dimensión financiera e institucional, el Nuevo Banco de Desarrollo y el Banco Asiático de Inversión en Infraestructura han ampliado las alternativas disponibles para los países emergentes y han presionado por una gobernanza más representativa. Sin embargo, su volumen de operaciones y su capacidad sistémica todavía no igualan a los organismos creados en Bretton Woods. Estas instituciones actúan como contrapesos parciales y complementos, más que como sustitutos consolidados.

Cabe señalar que el desgaste de la hegemonía estadounidense se manifiesta, por tanto, de manera desigual. Es más visible en el comercio de bienes y en la aparición de instituciones alternativas, y menos avanzada en la moneda y las finanzas globales. La transición hacia la multipolaridad permanecerá abierta mientras ninguna potencia logre reunir simultáneamente superioridad monetaria, comercial, tecnológica, financiera, militar y cultural.

Finalmente, podemos reafirmar que el principal desafío consiste en evitar que la competencia entre potencias produzca una fragmentación incompatible con la cooperación

internacional. Una gobernanza mundial sostenible requerirá reformar las instituciones existentes, ampliar la representación de las economías emergentes y establecer mecanismos de cooperación capaces de responder a problemas globales. Futuras investigaciones pueden incorporar series cuantitativas de largo plazo, comparar la influencia tecnológica y energética de Estados Unidos y China, y examinar los efectos de la multipolaridad sobre América Latina y el Caribe.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Asian Infrastructure Investment Bank. (2025). 2024 annual report. <https://www.aiib.org/en/news-events/annual-report/2024/index.html>

Association of Southeast Asian Nations. (2020). Regional Comprehensive Economic Partnership Agreement. <https://agreement.asean.org/>

Banco Asiático de Inversión en Infraestructura. (2026). *Annual report and financial statements*. <https://www.aiib.org/en/news-events/financial-report>

Banco Mundial. (2025). *Estados financieros e informes de capital del BIRF y la AIF*. <https://www.worldbank.org/es/about/unit/financial-report>

BRICS. (2024). XVI BRICS Summit Kazan Declaration. <https://brics.br/en/documents/collection-of-previous-presidencies/leaders-declarations>

Eichengreen, B. (2011). *Exorbitant privilege: The rise and fall of the dollar and the future of the international monetary system*. Oxford University Press.

Ernst, D. (2016). *Advanced manufacturing and China's future for jobs*. East-West Center Working Papers, Innovation and Economic Growth Series, 8.

Fondo Monetario Internacional. (2016, 30 de septiembre). *El FMI incorpora el renminbi chino a la cesta del derecho especial de giro*. Comunicado de prensa N.º 16/440. <https://www.imf.org/es/news/articles/2016/09/29/am16-na093016imf-adds-chinese-renminbi-to-special-drawing-rights-basket>

Fondo Monetario Internacional. (2025). *Finanzas del FMI y cuotas de los miembros*. <https://www.imf.org/es/Data>

Hillman, J. E. (2018). *The emperor's new road: China and the project of the century*. Yale University Press.

Krauthammer, C. (1990). The unipolar moment. *Foreign Affairs*, 70(1), 23-33.

Kwende, G., & Nephew, E. (2025). Improving the analytical usefulness of the IMF's COFER data. IMF Technical Notes and Manuals, 2025(14). <https://doi.org/10.5089/9798229004855.005>

Lichtensztein, S. (1983). *El Fondo Monetario Internacional y el Banco Mundial: Sus relaciones con el poder financiero*. Siglo XXI Editores.

New Development Bank. (2025). Annual report 2024. <https://www.ndb.int/annual-report/2024/overview/>

Nuevo Banco de Desarrollo. (2025). *Financial reports and capital structure*.
<https://www.ndb.int/investor-relations/financial-reports/>

Office of the United States Trade Representative. (2025). Presidential tariff actions.
<https://ustr.gov/trade-topics/presidential-tariff-actions>

Organización Mundial del Comercio y Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo. (2025). *Global trade outlook and statistics: Update October 2025*. Organización Mundial del Comercio. <https://www.wto.org>

Rodrik, D. (2010). Making room for China in the world economy. *American Economic Review*, 100(2), 89-93. <https://doi.org/10.1257/aer.100.2.89>

Stiglitz, J. E. (2010). *Freefall: America, free markets, and the sinking of the world economy*. W. W. Norton.

U.S. Bureau of Economic Analysis. (2025, February 5). U.S. international trade in goods and services, December and annual 2024. <https://www.bea.gov/news/2025/us-international-trade-goods-and-services-december-and-annual-2024>

Wallerstein, I. (2004). *World-systems analysis: An introduction*. Duke University Press.

Los coupling o conexiones semánticas, fonéticas, morfológicas y literarias en los poemas *ausencia* y *el regreso* de Gabriela Mistral

The coupling or semantic, phonetic, morphological and literary connections in Gabriela Mistral's poems absence and return

Zoribell Anays Salcedo Murillo

Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de Panamá Oeste. Panamá.
zoribell.salcedo@up.ac.pa; <http://orcid.org/0000-0003-0595-3006>

Ariel R. Pérez Cuevas

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Coclé. Panamá.
ariel.perez@up.ac.pa ; <https://orcid.org/0009-0002-4495-2970>

Dayra Martínez Coronado

Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de Coclé. Panamá.
gisecor7403@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-9197-4067>

Artículo recibido: 12 de agosto de 2026

Artículo aceptado: 22 de septiembre de 2026

DOI <https://doi.org/10.48204/j.colegiada.v8n1.a11464>

RESUMEN

La poesía de Gabriela Mistral muestra una característica intelectual con una inclinación hacia los temas míticos y amorosos, los cuales son el resultado de una vida llena de contradicciones. Sin embargo, una lectura cuidadosa puede demostrar que sus poemas son fáciles de comprender, porque se encuentran bien contruidos en su estructura y, además, estos contienen mucho contenido humano, lo que permite plantearse diversos tipos de análisis tanto lingüístico como literario. El propósito de este artículo es identificar la temática, las conexiones o cambios lingüísticos: semánticos, fonéticos y morfológicos presentes en la poesía de Mistral y demostrar que su uso crea una estructura profunda del sentido de la poesía. Este estudio se clasifica como una investigación cualitativa, documental, lingüística y literaria debido a que algunos poemas se analizan o interpretan en función de temas o fenómenos sociales que pueden influir en los sentimientos o el estado de ánimo de cualquier persona, como el amor y la muerte. Los resultados demuestran que el análisis de las conexiones semánticas, fonéticas y morfológicas que se producen en las entrañas de los versos de los poemas *Ausencia* y *El Regreso* ha permitido evidenciar el enriquecimiento de la musicalidad, ritmo y cohesión que se ha dado en su discurso poético. Se concluye que en los poemas de Gabriela Mistral se presenta una gran variedad de contenidos humanos y una amplia gama de estructuras, lo que permite un estudio literario y lingüístico fructífero. La obra de esta escritora chilena no solo refleja su vida y sus contradicciones, sino que también se caracteriza por abordar temas actuales.

PALABRAS CLAVE: Análisis literario, fonética, morfología, poesía, semántica.



ABSTRACT

Gabriela Mistral's poetry shows an intellectual characteristic with an inclination towards mythical and amorous themes, which are the result of a life full of contradictions. However, careful reading can show that her poems are easy to understand, because they are well constructed in their structure and, in addition, they contain a lot of human content, which allows for different types of linguistic and literary analysis. The purpose of this article is to identify the thematic, semantic, phonetic and morphological connections or changes present in Mistral's poetry and to demonstrate that their use creates a deep structure of the meaning of poetry. This study is classified as a qualitative, documentary, linguistic and literary research because some poems are analyzed or interpreted in terms of themes or social phenomena that can influence the feelings or mood of any person, such as love and death. The results show that the analysis of the semantic, phonetic and morphological connections that occur in the guts of the verses of the poems *Ausencia* and *El Regreso* has allowed evidence of the enrichment of musicality, rhythm and cohesion that has occurred in her poetic discourse. It is concluded that in Gabriela Mistral's poems there is a great variety of human contents and a wide range of structures, which allows fruitful literary and linguistic study. The work of this Chilean writer not only reflects her life and its contradictions but is also characterized by addressing current issues.

KEYWORDS: Literary analysis, phonetics, morphology, poetry, semantics.

INTRODUCCIÓN

Gabriela Mistral es una poeta de honda sensibilidad, que canta a todo: a la naturaleza, al hogar, al hombre, al amor y a otras cosas. En su obra, el sentimiento de soledad es clave en su poesía, pero, igualmente, el tiempo, y la muerte son parte del universo interior de esta escritora. Con respecto al tema de la muerte, Contreras (2020), considera que:

Conocer la visión de Mistral sobre los distintos planos del morir, otorga acceso al resultado final de una configuración temática, nutrida previamente por la experiencia personal y literaria de la autora, con ello aproxima a una comprensión más profunda de su mundo poético. (p.75)

En cada uno de sus libros se han desarrollado los mismos temas, pero ahora la voz es distinta: es más madura. Los estados anímicos que afloraban violentamente desde lo más profundo del alma encuentran poco a poco su cauce, su sentido pleno dentro del proceso de una vida fecunda, creativa y colmada de experiencias.

En la poesía de Mistral, a primera vista, se ofrece esa característica intelectual, con tendencia a lo mítico y a lo amoroso producto de una vida llena de contradicciones, pero esto no impide que por medio de una lectura detenida se muestre que se tratan de poemas comprensibles, bien logrados en su estructura y, sobre todo, de un riquísimo contenido humano de la existencia, que implica una comprensión del hombre en sus cualidades más afirmativas.

Por un lado, conviene señalar que, en *Tala*, la obra predilecta de Gabriela Mistral se intensifica, fundamentalmente, el sentido religioso y el americanismo derivado de la percepción de la naturaleza y así se manifiesta en Bojarski (2012):

En *Tala* sus poemas sobre América representan una verdadera oda al continente. Hace referencia a lugares y personajes de la cultura indígena (los Incas, los Mayas, el Mayab, Quetzalcóatl) relacionándolos con elementos de la naturaleza (el sol, el agua, el aire, la cordillera o el mar Caribe). (párr. 2)

De esta manera, de la obra antes mencionada, en este artículo, se selecciona el poema *Ausencia* para analizarlo y descubrir así su vestidura literaria, semántica, fonética y morfológica.

Por otro lado, en su obra *Lagar* se aprecia un carácter mítico latente en cada poema, donde el hombre deberá caminar hacia su destino, pese a las adversidades para alcanzar su purificación. Para Blume (2001):

El título del libro alude, desde un comienzo, a una operación a la vez dolorosa y vivificante, que compromete las raíces mismas de la naturaleza y del hombre que la trabaja. El trujal en el que se pisan los racimos de uva y sale el mosto que luego se transformará en vino simboliza el ciclo muerte/vida. El lagar se convierte así en emblema del renacimiento y de la aparición de otra vida, luego de la muerte. (p.109)

En relación con *Lagar*, resulta pertinente abordar el poema: *El Regreso*, porque está impregnado de la dualidad de las cosas, esencia de la vida humana.

El objetivo de este artículo es el de identificar los coupling o cambios semánticos, fonéticos y morfológicos que se encuentran presente en la poemática Mistraliana, con el propósito de demostrar que a través de su empleo se logra una estructura profunda del sentido de la poesía de Gabriela Mistral.

En este sentido, según el *Diccionario de Retórica y Poética* de Beristáin (1995) el término coupling puede traducirse por: “paralelismo” (p.120); la palabra paralelismo es definida por el *Diccionario de la lengua española* (s/f) como: “identidad, semejanza, equivalencia, correspondencia, equidistancia, coincidencia, concomitancia, analogía” (párr. 1)

Por ende, el coupling o paralelismo designa una estructura compleja en la que concurren simultáneamente equivalencias dadas en distintos niveles del lenguaje, lo que determina que se acentúe la semejanza o la oposición (semántica, fonética, morfológica, etc.).

Es decir, que esta investigación se ocupa de los cambios semánticos, fonéticos y morfológicos que se dan en cuanto al significado y pronunciación de algunas palabras que aparecen en ciertos poemas de la escritora chilena, Gabriela Mistral. En palabras de Tucci (2018):

El cambio semántico se produce cuando una palabra pierde su significado y adopta uno nuevo, a veces opuesto, en tanto que otras veces es aproximado a su significado original, pero con modificaciones. El cambio semántico es uno de los factores que propician el cambio lingüístico o, mejor dicho, está incluido dentro de ese último. Es un hecho que sucede continuamente en el seno de una lengua, como las mutaciones en los seres vivos. (p.132)

Mientras que, en la página blog *Luca* se aborda el tema sobre: ¿Qué son los cambios lingüísticos?, donde Alvarado (2022) señala que:

Los cambios lingüísticos consisten en aquellas modificaciones o transformaciones que una lengua experimenta en su evolución histórica, siendo un proceso largo y gradual, en vista de las variaciones que se producen en todos los planos lingüísticos, tales como el morfosintáctico, fonético - fonológico y léxico - semántico. (párr. 3)

De igual manera, Alvarado (2022), al referirse a los cambios fonéticos plantea que: “Los cambios fonéticos son aquellos que influyen en los sonidos” (párr. 11).

De acuerdo con estos conceptos, se puede decir que los cambios semánticos se originan por diversos factores, entre ellos: la evolución cultural, la influencia que ejercen otras lenguas y la necesidad que existe de adaptar las palabras los diferentes contextos donde se utilicen.

En cuanto a los cambios fonéticos, estos pueden darse por el contacto que se tiene con otros idiomas, por los cambios sociales y por la evolución que sufre una lengua por el uso constante de una terminología dentro de una comunidad o sociedad.

Los cambios morfológicos, por su parte, se producen cuando una terminología cambia en su estructura o en su forma interna o externa, afectando su significado e incluso su función gramatical y la relación que tiene con otras palabras. Este hecho suele ocurrir por varias razones: por el declive de una palabra, por los préstamos lingüísticos, por los acortamientos o por la ampliación de un término.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este artículo se puede clasificar como un estudio cualitativo, documental o de revisión bibliográfica, lingüística y literaria en términos de metodología. Esta investigación es cualitativa, porque se analizan o interpretan algunos poemas basados en temas o fenómenos sociales que pueden afectar los sentimientos o el estado de ánimo de cualquier persona como el amor y la muerte. Con respecto a la investigación cualitativa, Artavia (2022):

Concibe la realidad como elaboración social. Esto quiere decir que el mundo se entiende desde la interioridad personal y por medio de las relaciones entre las personas, instituciones o comunidades, así como por la vinculación con un contexto determinado. (p.40)

En este sentido, se puede señalar que el presente estudio se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, debido a que su propósito principal consiste en realizar una interpretación de algunos poemas de Gabriela Mistral, con el fin de comprender las particularidades del lenguaje empleado por la escritora en su discurso y los significados que adquieren los términos utilizados en sus textos.

Desde esta perspectiva, la investigación no requiere del empleo de datos numéricos, sino que se centra en la interpretación de los elementos que configuran el lenguaje poético a partir de la aplicación de un análisis semántico, fonético, morfológico y literario. Por tal razón, se examina la manera en que se estructuran las palabras, los significados que estas adquieren de acuerdo con los diferentes contextos en los que se presentan, así como los recursos literarios empleados con mayor frecuencia. Estos recursos permiten expresar sentimientos, construir símbolos y generar imágenes que contribuyen a la configuración del significado global de los textos y, al mismo tiempo, producen un marcado efecto estético.

De igual manera, se observa que se trata de una investigación lingüístico-textual, sustentada en un procedimiento interpretativo. Esta tiene como unidad de análisis diferentes elementos del lenguaje tales como las expresiones, los términos, los sonidos, las estructuras sintácticas y los recursos literarios, los cuales permiten abordar los poemas de Mistral de manera integral. Por lo tanto, se puede señalar que el estudio logra trascender la simple identificación de los recursos literarios y se orienta principalmente a comprender la forma en que los distintos elementos del lenguaje contribuyen a la construcción del sentido global o la significación de esta obra poética. Para Gálvez (2021):

La lingüística es la ciencia que se encarga del estudio de la organización y características de una lengua, en conjunto con sus ramas, la gramática, fonología y semántica. La lingüística está constituida por las manifestaciones de lenguaje humano, sin importar la época, pero teniendo en cuenta no solo el lenguaje correcto sino todas las formas de expresión. (párr.1)

Además, se trata de una investigación lingüística, porque en este artículo se aborda un tema relacionado directamente con esta área del saber, tal como lo es el análisis semántico, fonético y morfológico de los poemas *Ausencia* y *El Regreso* de Gabriela Mistral. En González et al (2024), se afirma que:

El uso de métodos de investigación en el campo de la lingüística permite investigar una amplia gama de fenómenos lingüísticos, desde la estructura de los sonidos y las palabras individuales hasta la organización del lenguaje en el discurso, el uso y la variación del lenguaje, así como la relación entre el lenguaje y la sociedad, y rastrear cambios lingüísticos a lo largo del tiempo. (p.63)

También, se trata de una investigación documental o de revisión bibliográfica, ya que se consultaron varias fuentes, como libros, diccionarios, artículos, revistas, páginas blog y otras referencias digitales, para su desarrollo o realización. Montagud (2024), sostiene que: “La investigación documental o bibliográfica, es aquella en la que **se obtiene, selecciona, organiza, interpreta, compila y analiza información acerca de una cuestión que es objeto de estudio a partir de fuentes documentales**” (párr. 4).

Por último, pero no menos importante, es un estudio literario porque se dedica a interpretar la temática que se aborda en la obra *Tala* y *Lagar* a la cual pertenecen los poemas objeto de nuestro estudio. En un artículo publicado por la Universidad Internacional de La Rioja (2024) se establece que:

El análisis literario es una práctica que consiste en **descomponer las partes de una obra y estudiar en profundidad** y de forma reflexiva los distintos aspectos que la conforman. Durante este proceso, se evalúan su argumento, los personajes y su rol, el tema, el estilo, la exposición, la estructura narrativa y la realidad literaria contenida en el texto, entre otros aspectos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los coupling o los cambios fonéticos, semánticos y morfológicos surgen de manera natural y por medio de estos se refleja cómo el empleo del idioma se adapta a diferentes situaciones comunicativas y la variación lingüística con el tiempo.

Por ejemplo, en el poema *Ausencia* es reiterativa la repetición fónica de la estructura inicial de la primera estrofa, que se da en:

Se va de ti mi cuerpo gota a gota.
Se va mi cara en un óleo sordo;
Se van mis manos en azogue suelto;
se van mis pies en dos tiempos de polvo.
 (Calderón, 1984, p. 92)

Se observa, en estos versos, que la repetición es del mismo grupo de palabras se va; ahora bien, un estudio más pormenorizado nos traslada a las fronteras del sentido, es decir, a la semántica, porque se reitera la idea de la partida, que crece gradualmente en cada verso. Por ende, la idea literal del primer verso se va..., se simboliza a una pronta e irremediable huida en los demás versos.

También, se aprecia que la reiteración fonética incluye la estructura sintáctica, posicional y la equivalencia semántica de cada uno de los versos. Ejemplos:

Núcleo del predicado	Sujeto	Complemento circunstancial
Se va	mi cara	en un óleo sordo.
Se van	mis manos	en azogue suelto.
Se van	mis pies	en dos tiempos de polvo.

En los versos anteriores, se refleja que la estructura sintáctica es igual en los tres versos. La construcción **se va**, **se van** desempeña la función de **núcleo del predicado**; **mi cara**, **mis manos**, **mis pies** funcionan como **sintagma nominal o sujeto de la oración** y **en un óleo**

sordo, en azogue suelto, en dos tiempos de polvo representan un **sintagma preposicional o complemento circunstancial**.

La equivalencia se puede percibir en el análisis métrico, porque los versos coinciden en la misma cantidad de sílaba. Ejemplo:

Se/va / mi/ca/ra en/ un /ó/le/o /sor/do; = 11 + 0 = 11
 Se/ van / mis/ ma/nos / en /a/zo/gue/ sue/lto; = 11+0= 11
 Se /van / mis/ pies/ en/ dos/ tiem/pos /de/ pol/vo. = 11+0= 11
 (Calderón, 1984, p. 92)

También, se comprueba que existe la equivalencia rítmica con acento en la cuarta y décima sílaba.

Se va mi **ca**ra en un óleo **sor**do;
 se van mis **ma**nos en azogue **sue**lto;
 Se van mis **pie**s en dos tiempos de **pol**vo.
 (Calderón, 1984, p. 92)

En definitiva, el acento en estas sílabas viene a marcar y resaltar la idea de que todo se va.

De igual forma, se da la analogía semántica o de significado.

Se va de ti mi **cuerpo** gota a **gota**.
 Se va mi **ca**ra en un **óleo** sordo;
 se van mis **ma**nos en **azogue** suelto;
 se van mis **pie**s en dos tiempos de **polvo**.
 (Calderón, 1984, p. 92)

La relación de significados es precisa, porque se utilizan elementos que pertenecen al mismo campo semántico al hacer referencia a un conjunto de palabras que comparten entre sí un mismo significado, es decir, se tiene un hiperónimo – palabra que contiene a otras- (cuerpo) complementado con sus respectivos hipónimos – términos que forman parte de otro, cuyo significado es más general- (cara, manos y pies). Por otra parte, se aprecia la semejanza de significado entre las palabras óleo, gota, azogue y polvo, porque estos son elementos con características similares como: efímeros, leve. Ellos se desvanecen pronto y se pierden rápidamente.

Este fenómeno sigue ocurriendo al recorrer los demás versos, debido a que se da la misma reiteración posicional.

Subordinante	Subordinada
Se va/ mi voz /	que te hacía campana
Se van/ mis gestos/	que se devanaban,
Me voy de ti /	con tus mismos alientos:
Me voy de ti /	con vigilia y con sueño,

Todos estos aspectos que se observan en el poema *Ausencia* de la escritora Gabriela Mistral, le imprimen al poema musicalidad, al proporcionarle a este tipo de discurso coherencia semántica.

En la cuarta estrofa se ha utilizado el polisíndeton para producir efectos rítmicos.

Sangre sería (5) **y** me fuese en las palmas
 de tu labor, (4+1= 5) **y** en tu boca de mosto.
 Tu entraña fuese, (5) **y** sería quemada
 (Calderón, 1984, p. 92)

Este efecto se logra visualizar más, porque la letra **y** aparece después de la quinta sílaba métrica, que sería en cierta manera respetar la equivalencia fónica.

El estribillo (parte que se repite varias veces) también señala un grado de equivalencia o paralelismo, en este poema.

¡Se va todo, se nos va todo!

En cuanto a la rima, se inclina por el uso de la asonante (solo coinciden las vocales a partir de la última vocal acentuada) y el verso endecasílabo (contiene 11 sílabas métricas).

De mismo modo, domina el verso grave (la sílaba tónica es la penúltima). Asimismo, en la mayoría de los versos predomina la terminación en la vocal **o**, donde se infiere que esto simboliza el gran hoyo para donde todos partiremos.

Por añadidura, se percibe, en el campo semántico, la reiteración del sentido dual del ser humano. En este apartado se trata el tema de la materia (cuerpo, cara, manos, entraña, pies, ojos, boca,) y de ideal (voz, gestos, mirada, alientos, sueño, memoria, pasión) que subrayan los rasgos distintivos de cada ser humano, su marca original e irrepetible.

Las estructuras verbales también comunican variantes semánticas. Así se hace alusión a cosas que se van (se va de ti mi cuerpo, mi cara, mis manos), luego aluden a la primera persona o sujeto lírico (Me voy de ti con tus mismos alientos..., con vigilia y con sueño). Aunado a ello se enuncian o se indican situaciones que se dan (me voy de ti...) y usan frases que expresan deseo (sangre **sería** y me **fuese**/ tu entraña **fuese** y **sería** quemada), que hacen referencia en última instancia, al lamento de la ausencia, donde muchos momentos quedarán sin terminarse por la premura de la partida.

Ahora bien, con el poema *El Regreso* que pertenece a la colección *Lagar* antes mencionado; primer lugar, se aborda la materia semántica del poema y, en segundo lugar, se hace referencia a la estructura profunda sustentada por la repetición semántica y fonética.

El Regreso es un poema que en su primera estrofa subraya el viaje de regreso hacia la morada celestial. Morimos sin nada y lo único que nos acompaña es el resultado kármico (ley de causa y efecto) de nuestro bregar en la vida. Lo bueno y lo malo va atado como un lazo a nosotros que queda al descubierto a la luz que emana de Dios.

Desnudos volveremos a nuestro Dueño,
manchados como el cordero
de matorrales, gredas, caminos,
y desnudos volveremos al abra
cuya luz nos muestra desnudos:
y la Patria del arribo
nos mira fija y asombrada.
(Calderón, 1984, p. 142)

Por otro lado, se enfatiza la idea que en nuestro recorrido terrenal éramos guiados por seres celestiales, que se encuentran a otro nivel. Ellos están allí para evitar que nos destruyamos y para enfatizar la idea de que la aparente separación e individualidad de seres y acontecimientos es una ilusión o un sueño, ya que somos parte de la gran danza del supremo.

Todos los seres humanos se preocupan tanto por el momento, por las alegrías y tristezas que la tierra nos da; sin meditar que la vida terrenal es como un juego, una obra de teatro, un sueño, una ilusión, donde se desempeñan diferentes roles, algunas veces como directores, actores, espectadores.

Y en ese regreso al padre salimos del espacio tiempo (donde nacemos, crecemos y morimos) y se entra a la dimensión donde el tiempo desaparece y todo es eterno. Pero, la estrofa quinta contradice la idea del regreso, porque realmente nunca se deja la Patria celestial. Lo terrenal sólo era un sueño o un juego de niño. Por eso, incluso la muerte se considera una mentira, que sólo se logra transgredir una dimensión de otra, la materia se hace polvo y el espíritu permanece.

Y la muerte fue mentira

que la boca silabeaba;
 muertes en lechos o caminos,
 en los mares o en las costas;
 pequeñas muertes en que cerrábamos
 ojos que nunca se cerraron.

(Calderón, 1984, p. 143)

En cuanto a los ángeles se puede interpretar que desde el cielo se dedican a observar a todas las personas y se ríen, al ver cómo hay tanta vanidad en el mundo y no se comprende que irreal es lo que se considera real, al ser parte del gran teatro del mundo.

Y los Ángeles reían
 nuestros dolores y nuestras dichas
 y nuestras búsquedas y hallazgos
 y nuestros pobres duelos y triunfos.

(Calderón, 1984, p. 143)

En los versos finales del poema se enfatiza el sueño profundo, donde se elimina el ego y se reflexiona sobre los errores cometidos, al crear la conciencia divina.

Y sólo en el sueño profundo
 como en piedra santa dormíamos
 y algo soñábamos que entendíamos
 para olvidarlo al otro día...
 y recitábamos Padrenuestros
 a los Ángeles que sonreían.

(Calderón, 1984, p. 144)

Por último, se percibe, en este poema, que el ser humano anda en esa búsqueda permanente de la felicidad que no le aporta la tierra y busca entonces en lo divino.

La presencia de los coupling o cambios fonéticos, semánticos y morfológico también se hacen presente en los versos del poema *El Regreso*. Se observa la reiteración de nombrar al padre celestial (Dueño, Único, Eterno, Ángel Guardián, Maestro).

Desnudos volveremos a nuestro Dueño,
 [...]

 pues los nombres son del Único.
 [...]

 siendo hijos de lo Eterno.
 [...]

 y al Ángel Guardián rendimos...
 [...]

 al oficio sin Maestro,
 [...]

(Calderón, 1984, pp. 142-144)

Se refleja la reiteración del viaje (volveremos, arribo, dejamos, arribábamos, regresos, llegaba, marcha, partida, regresamos).

Desnudos volveremos a nuestro Dueño,
 manchados como el cordero
 de matorrales, gredas, caminos,
 y desnudos volveremos al abra
 cuya luz nos muestra desnudos:
 y la Patria del arribo
 nos mira fija y asombrada.

(Calderón, 1984, p. 142)

Dormidos hicimos rutas
y a ninguna parte arribábamos,
y al Ángel Guardián rendimos
con partidas y regresos.

(Calderón, 1984, p. 143)

Además, se hace énfasis en la reiteración de la ilusión de lo terrenal (nunca fuimos soltados, nombre nunca tuvimos, soñamos madres y hermanos, creímos cantar, nunca fuimos soldados, la muerte fue mentira, nunca esta patria dejamos, ojos que nunca se cerraron, ninguna parte arribábamos).

Pero nunca fuimos soltados
del coro de las Potencias
y de las Dominaciones,
y nombre nunca tuvimos...

Soñamos madres y hermanos,
rueda de noches y días
y jamás abandonamos
aquel día sin soslayo.
Creímos cantar, rendirnos...

Y la muerte fue mentira
que la boca silabeaba;
(Calderón, 1984, pp. 142-143)

También se aprecia la reiteración del sentido dual de la existencia a través de las antítesis, la cual es una figura literaria donde se da la oposición entre dos expresiones e ideas.

“... que jugábamos al **tiempo**
Siendo hijos de lo **Eterno**”.
(Calderón, 1984, p. 142)

“... **fiestas, luchas, amores, lutos**”.
[...]

“... Con **partidas y regresos**”.
[...]

“... nuestros **dolores** y nuestras **dichas**
Y nuestras **búsquedas y hallazgos**
Y nuestros pobres **duelos y triunfos**”.
(Calderón, 1984, pp. 142-143)

La reiteración del sonido **Y** a inicio de varios versos expresan el sentido de continuidad, un hilvanar nuestro caminar por el mundo, una secuencia permanente de nuestra existencia.

Y los Ángeles reían
Nuestros dolores **y** nuestras dichas
Y nuestras búsquedas **y** hallazgos
Y nuestros pobres duelos **y** triunfos.
(Calderón, 1984, p. 143)

La repetición de la negación reafirma la idea de que este mundo es una ilusión, que nos confunde, nos atrapa y nos absorbe.

... balbuceando nombres de “patrias”
A las que **nunca** arribamos.

Y nos llamaban forasteros
 ¡Y **nunca** hijos, y **nunca** hijas!
 (Calderón, 1984, p. 144)

La reiteración del sonido **Y** en medio de verso acentúa la equivalencia fónica y guía al lector hacia lo que se espera.

Y lo reído y lo llorado,
Y las rutas y los senderos
Y las partidas y los regresos...
 (Calderón, 1984, p. 143)

Esa equivalencia fónica obedece a que cuando se pronuncia la conjunción **Y** se hace una pausa más prolongada en los versos, es decir, es en el mismo lugar en cada verso donde el lector se detiene.

La equivalencia morfológica se da a través de la siguiente anáfora:

Nuestros dolores y nuestras dichas
 Y nuestras búsquedas y hallazgos

Y nuestros pobres duelos y triunfos.
 (Calderón, 1984, p. 143)

Allí el principal efecto suele ser el énfasis acumulativo y, además, contradictorio. Incluso, en el poema *El regreso* se hacen uso de diferentes figuras literarias, las cuales suelen emplearse con fines estéticos y, además, dotan a las palabras de mucha expresividad y significación.

- **La antapódosis:** es un paralelismo que consiste en la relación de correspondencia directa o inversa que, en cuanto al orden de sus componentes, guardan entre sí dos proposiciones cuyo contenido se relaciona. Esta figura se usa en este poema.

Al oficio sin maestro
 A la marcha sin caminos...
 (Calderón, 1984, p. 144)

- **La reduplicación:** consiste en la repetición de una expresión en el interior de una expresión, es decir, en el interior de un mismo sintagma. Veamos:

El **costado** en el **costado**.
 [...]

¡y **nunca** hijos, y **nunca** hijas!
 (Calderón, 1984, pp. 143-144)

Con el propósito de enfatizar la idea presentada y darle así veracidad al verso.

- **Oximorón:** figura semántica que resulta de la relación sintáctica de dos antónimos.

Caíamos y levantábamos,
 y lo reído y lo llorado,
 [...]
 con rostro iracundo o dichoso...
 [...]
 (Calderón, 1984, p. 143)

DISCUSIÓN

Se finaliza este análisis sobre el discurso poético de Gabriela Mistral, reiterando la postura inicial, de esta investigación, al afirmar que la repetición semántica y fonética puede utilizarse para estudiar la estructura interna o profunda del discurso.

El estudio lingüístico y literario de los poemas *Ausencia* y *El Regreso* de Gabriela Mistral para abordar las conexiones semánticas, fonéticas y morfológicas que se producen en las

entrañas de los versos ha permitido evidenciar el enriquecimiento de la musicalidad, ritmo y cohesión que se ha dado en su discurso poético.

Se evidencia por medio de los resultados obtenidos que las conexiones o couplings que aparecen en los poemas estudiados no se dan de manera aislada, por el contrario, estos funcionan en conjunto con el propósito de darle sentido a estos poemas y aportarles significados, es decir, que los resultados demuestran que estos recursos no se tratan de elementos independientes. Estos elementos o mecanismos de construcción de significados operan en diferentes niveles (morfológico, fonético, semántico y literario), por lo que la recurrencia de las diversas relaciones que se establecen entre los términos empleados en los poemas, los sonidos, las imágenes, las estructuras sintácticas, las figuras literarias permiten reforzar los temas tratados en el discurso poético de Gabriela Mistral.

En el nivel morfológico, se observa que la recurrencia de determinadas estructuras gramaticales o categorías permite establecer correspondencias entre las expresiones y vocablos empleados en los poemas. En este sentido, la morfología, como disciplina dedicada al estudio de la estructura de las palabras, cumple una función relevante, puesto que los términos seleccionados por la escritora contribuyen a la interpretación del contenido.

En el nivel fonético, la recurrencia de sonidos, secuencias o grupos fónicos fortalece las correspondencias existentes entre determinados vocablos, al generar no solo efectos de musicalidad, sino también asociaciones de carácter emocional y, especialmente, semántico. Así, en el plano semántico, la sonoridad trasciende su función meramente ornamental. Por ende, la fonética desempeña un papel relevante en la construcción del sentido poético.

En el nivel semántico, se observa una reiteración de palabras que se relacionan directamente con algunos ejes temáticos, como la pérdida, el recuerdo y la ausencia. Las relaciones que se establecen dentro de estos campos semánticos evidencian que el significado de los poemas se configura mediante asociaciones que trascienden el valor individual que adquiere cada palabra en un contexto determinado. En *Regreso*, estas palabras adquieren una orientación vinculada con el retorno o el reencuentro con ese ser que ha permanecido ausente durante mucho tiempo; mientras que, en *Ausencia*, dichas conexiones contribuyen a intensificar una experiencia poética marcada por el vacío y la separación que ha dejado una persona.

Por último, en el nivel literario, el análisis permite comprobar que los recursos y figuras literarias presentes en los poemas contribuyen a la construcción de estructuras que establecen relaciones internas entre determinados conceptos, cuyos significados se articulan y adquieren sentido en función de otros.

CONCLUSIÓN

En conclusión, en relación con las conexiones semánticas se ha apreciado como Mistral ha entrelazado palabras como cuerpo-gota; cara-óleo; manos-azogue; pies-polvo como una forma de potenciar la coherencia temática en el poema y de encontrar otras relaciones de significado que subyacen implícita entre esos términos como lo efímero de toda la materia.

Los couplings también han asegurado las conexiones fonéticas del discurso poético, porque en varios versos se aprecia la tendencia de repetir palabras como la Y al iniciar los versos, lo que contribuye notoriamente a crear musicalidad y a intensificar la experiencia sensorial de Mistral, que revela con la repetición de la Y al enumerar dolores y dichas que para ella ambos han sido igual de intensos a lo hora de ser vívidos.

En cuanto a las conexiones morfológicas, el análisis tanto literario como lingüístico refleja un uso meticuloso y consciente de la morfología para enriquecer el contenido, la textura poética y el tema tratado. La carga emocional y simbólica de los poemas de Mistral se intensifica al utilizar una amplia gama de formas verbales y nominales en sus obras.

Las conexiones morfológicas en los poemas de Gabriela Mistral no solo mejoran la estructura y el ritmo de sus versos, sino que también ayudan a profundizar en temas de carácter universal como el amor, el dolor, la muerte, la esperanza y la pérdida. Mistral crea una

experiencia poética que es tanto emocionalmente resonante como musicalmente armoniosa a través de su empleo hábil de la morfología.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, M. (2022, 18 de octubre). ¿Qué son los cambios lingüísticos? *Luca*. <https://lucaedu.com/blog/cambios-linguisticos/>
- Artavia, A. (2022). *Fundamentos de investigación cualitativa en educación*. Universidad Estatal a Distancia, Editorial PROMADE
- Beristáin, H. (1995). Diccionario de Retórica y Poética. Editorial Porrúa S.A. México. [file:///C:/Users/Zoribel/Downloads/HELENA BERISTA N DICCIONARIO DE.pdf](file:///C:/Users/Zoribel/Downloads/HELENA%20BERISTA%20N%20DICCIONARIO%20DE.pdf)
- Bojarski, C. (2012, 25 de abril). La obra de Gabriela Mistral. <https://cle.ens-lyon.fr/espagnol/litterature/litterature-latino-americaine/les-classiques-de-la-litterature-latino-americaine/la-obra-de-gabriela-mistral>
- Blume, J. (2001). Gabriela Mistral: Temas y lenguajes constitutivos de identidad. Instituto de Estética, Pontificia Universidad Católica de Chile, *Aisthesis*, N°34, p.p. 101-117. [file:///C:/Users/Zoribel/Downloads/Dialnet-GabrielaMistral-7009610%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/Zoribel/Downloads/Dialnet-GabrielaMistral-7009610%20(3).pdf)
- Contreras, M. (2020). Consideraciones sobre la muerte en la poesía de Gabriela Mistral. *Revista Zur*, Vol. 2(1), p.p. 73-85. <https://revistazur.ufro.cl/wp-content/uploads/2020/08/CONSIDERACIONES-SOBRE-LA-MUERTE-EN-LA-POES%C3%8DA-DE-GABRIELA-MISTRAL-MICHELLE-CONTRERAS.pdf>
- Calderón, A. (1984) Antología Poética de Gabriela Mistral. 4ª ed. Santiago d Chile: Universitaria.
- Gálvez Rodríguez, N. I. (2021, 22 de febrero). *Lingüística y sus ramas* [Material didáctico]. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. <https://dspace.uaeh.edu.mx/server/api/core/bitstreams/cb18a9f2-ca6e-47d3-b2b1-61fc7a8d0c14/content>
- González et al (2024). Métodos para la investigación de la lingüística inglesa en publicaciones de la revista de la Universidad de Panamá. *Acción y reflexión*, N°49, p.p. 62-74. https://revistas.up.ac.pa/index.php/accion_reflexion_educativa/article/view/4594/3722
- Montagud, N. (22 de abril de 2024). Investigación documental: tipos y características. https://psicologiymente.com/miscelanea/investigacion-documental#google_vignette
- Real Academia Española. (s. f.). Paralelismo. En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado el 24 de agosto de 2026, de <https://dle.rae.es/paralelismo>
- Tucci, R. (2018). Algunos aspectos que pudieron propiciar el cambio semántico. *Revista estudios culturales*, Vol. 11 (21), p.p.129-146. http://servicio.bc.uc.edu.ve/multidisciplinarias/estudios_culturales/num21/art08.pdf
- Universidad de la Rioja (28 de mayo de 2024). ¿Qué el análisis literario y qué características tiene? *UNIR Revista*. <https://www.unir.net/humanidades/revista/analisis-literario/>

Evaluación de los aprendizajes en la Universidad de Panamá: desafíos en el contexto del Programa Anexo El Guabal de Santa Fe

Evaluation of learning at the University of Panama: challenges in the context of the Guabal de Santa Fe Annex Program.

Adonis W. Pardo T.

Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de Veraguas. Panamá.

adonis.pardo@up.ac.pa; <https://orcid.org/0000-0002-0661-5511>

Artículo recibido: 13 de agosto de 2026

Artículo aceptado: 29 de septiembre de 2026

DOI <https://doi.org/10.48204/j.colegiada.v8n1.a11465>

RESUMEN

Esta investigación tiene por objeto presentar un análisis sobre la importancia de la evaluación educativa para la mediación de los aprendizajes en el programa anexo universitario El Guabal de Santa Fe, de la Universidad de Panamá. La investigación muestra las bondades de la correcta implementación de los procesos evaluativos y el interés de promover la evaluación para fomentar una articulación entre la labor docente, los programas educativos del nivel superior y el diseño y ejecución de acciones evaluativas cónsonas con las necesidades de los estudiantes. Al examinar los resultados de este estudio, se constata que las decisiones y acciones educativas implementadas por los docentes de primer año de la Licenciatura en Educación Primaria constituye un elemento fundamental dentro del proceso de mediación de los aprendizajes en la educación superior, debido a que trasciende la función tradicional de asignar una calificación y se convierte en una herramienta para comprender, orientar y fortalecer el aprendizaje de los estudiantes. En este sentido, los resultados obtenidos en el Anexo Universitario El Guabal de Santa Fe evidencian que la aplicación de procesos evaluativos como la heteroevaluación, coevaluación y autoevaluación favorece una relación más participativa entre docentes y estudiantes, donde la evaluación adquiere un carácter formativo y reflexivo fomentando una cultura de aprendizajes motivadora. Esta perspectiva aspira a impactar de manera integral en el proceso de enseñanza-aprendizaje mediante la revisión constante de la práctica de aula, orientada a fortalecer el pensamiento crítico y reflexivo, promoviendo así una comunicación bidireccional entre docente y estudiante dentro del contexto del Anexo Universitario El Guabal de Santa Fe.

PALABRAS CLAVE: Método de Evaluación, papel del docente, programa de enseñanza, calidad de la educación, universidad.

ABSTRACT

This research aims to analyze the importance of educational assessment in facilitating learning within the University of Panama's El Guabal de Santa Fe university extension program. The study seeks to highlight the benefits of properly implementing assessment processes and to foster interest in assessment as a means of aligning teaching activities and higher education curricula with the design and execution of assessment strategies that meet students' needs. An examination of the study's results reveals that the educational decisions and actions taken by first-year instructors in the Primary Education degree program are fundamental to the learning facilitation process in higher education; they transcend the traditional role



of assigning grades, becoming instead tools for understanding, guiding, and strengthening student learning. In this regard, findings from the El Guabal de Santa Fe extension program demonstrate that the use of assessment methods—such as heteroevaluation, co-evaluation, and self-evaluation—fosters a more participatory relationship between teachers and students, transforming assessment into a formative and reflective process that cultivates a motivating learning culture. This approach aims to have a comprehensive impact on the teaching-learning process through the continuous review of classroom practices—focused on strengthening critical and reflective thinking—thereby promoting two-way communication between teachers and students within the context of the El Guabal de Santa Fe university extension program.

KEYWORDS: Evaluation method, teacher's role, teaching program, quality of education, university.

INTRODUCCIÓN

Tal como lo plantea Moreno (2009), la evaluación de los aprendizajes es una tarea que en la actualidad consiste en detectar “cómo es una realidad educativa, sea desde una perspectiva cualitativa, cuantitativa o mixta, con el fin de tomar decisiones” (p. 564). En este sentido, la práctica de evaluación de los procesos educativos desarrollados en las aulas universitarias merece ser analizada sobre todo en el contexto de los programas anexos que posee la Universidad de Panamá, dado los desafíos que se presentan en relación a las necesidades que la sociedad panameña debe enfrentar.

Por otro lado, autores como Ley y Espinoza (2021), consideran que es a través de la evaluación de los aprendizajes que se puede llegar a conocer:

El nivel de conocimientos, habilidades y valores alcanzados por los educandos; asimismo, mediante la evaluación el docente determina si los objetivos de la clase y el programa han sido cumplidos, si los métodos, formas de organización y materiales didácticos utilizados fueron los correctos para, a partir de los resultados, implementar estrategias didáctico-metodológicas que favorezcan el aprendizaje de los estudiantes. (p. 364)

Si ya de por sí la práctica evaluativa contiene un componente de alta significancia para el correcto desarrollo del proceso educativo a nivel superior, las condiciones en las que los estudiantes de los anexos universitarios desarrollan su trabajo reviste matices que deben ser analizados para comprender los alcances de la labor del docente que en dichos programas de la universidad de Panamá labora.

MATERIALES Y MÉTODOS

Métodos teóricos

Para analizar la evolución y el estado actual del sistema de evaluación en la educación superior, en el primer año de la licenciatura en educación primaria, de la Universidad de Panamá en su anexo El Guabal, se empleó el método histórico-lógico que, según Rodríguez y Pérez (2017), es:

Lo histórico se refiere al estudio del objeto en su trayectoria real a través de su historia, con sus condicionamientos sociales, económicos y políticos en los diferentes periodos. Lo lógico interpreta lo histórico e infiere conclusiones. La combinación de lo histórico con lo lógico no es una repetición de la historia en todos sus detalles, sino que reproduce solo su esencia. (p. 181)

También, se consideraron fuentes de carácter científicas publicadas entre 2015 y 2025 en bases de datos reconocidas, como Scielo, Redalyc y DOAJ, enfocándose en estudios relacionados con los procesos evaluativos en el nivel universitario.

Se adoptó un enfoque mixto, integrando métodos cualitativos y cuantitativos para la recolección y análisis de datos sobre el estado actual de los instrumentos de evaluación en educación superior y su relación con el desarrollo de competencias.

Por otro lado, la revisión de investigaciones previas facilitó conocer las percepciones de los docentes sobre la efectividad de dichos instrumentos. Los datos extraídos de los estudios

seleccionados fueron organizados y analizados mediante técnicas de análisis y síntesis, lo que permitió elaborar una síntesis narrativa de los resultados.

Métodos de nivel empírico:

Observación: hizo posible constatar, durante la investigación, el estado inicial del problema a partir de la exploración de la realidad del trabajo que desarrollan docentes que imparten cátedra en el grupo de primer año de la licenciatura en primaria del anexo El Guabal.

Entrevista: se aplicó a los docentes que laboran en el primer año de la licenciatura en primaria del anexo El Guabal. Por otro lado, se aplica la técnica de la investigación-acción la cual resulta pertinente con el proceso de enseñanza que lleva a cabo el autor en el anexo El Guabal.

Instrumentos de recolección de datos

Se empleó una encuesta estructurada mediante la aplicación en Google Forms, la cual facilitó el acceso a la información recopilada de manera rápida y eficiente. Dicha encuesta tiene una serie de preguntas diseñadas para tratar el tema de la evaluación en el aula y los procesos de realimentación, tal como:

- 1-Necesidad de una evaluación permanente.
- 2-Procesos de realimentación de la evaluación.
- 3-Aplicación de las autoevaluaciones.
- 4-Correspondencia entre aprendizajes y evaluación.
- 5-Preparación del docente para las prácticas de enseñanza efectivas.
- 6-Retos percibidos en la evaluación de los estudiantes. (Romero, William; Chulca, Jorge; Imbaquingo, Gisela; Pineda, Silvia; Aules, Ericka; Tipán, Gabriela; Minango, Silvia y Aules, Rina., 2024)

Procesamiento y Análisis de Datos

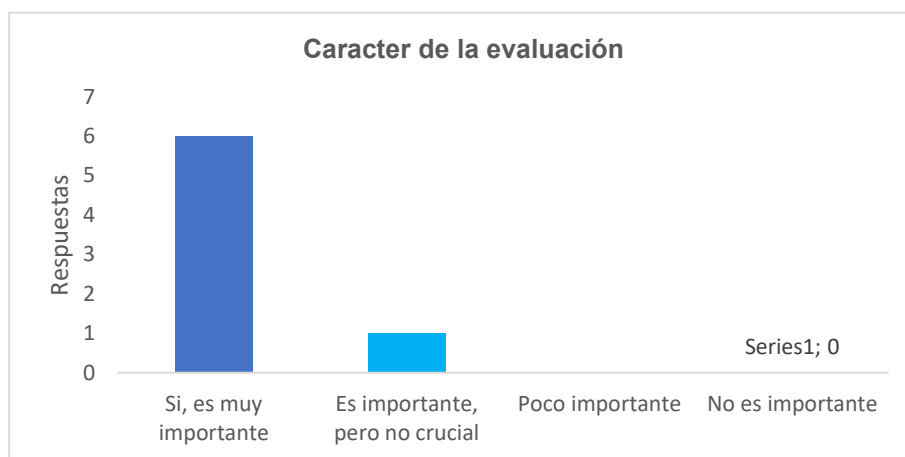
Se procedió al tratamiento de los datos obtenidos a través de Google forms, empleando el programa Excel para luego hacer los análisis estadísticos con el empleo de gráficos.

La población, al ser de 7 docentes y 24 estudiantes, se decidió encuestar a la totalidad.

RESULTADOS

Gráfico 1

¿Consideras necesario que la evaluación sea de carácter permanente?



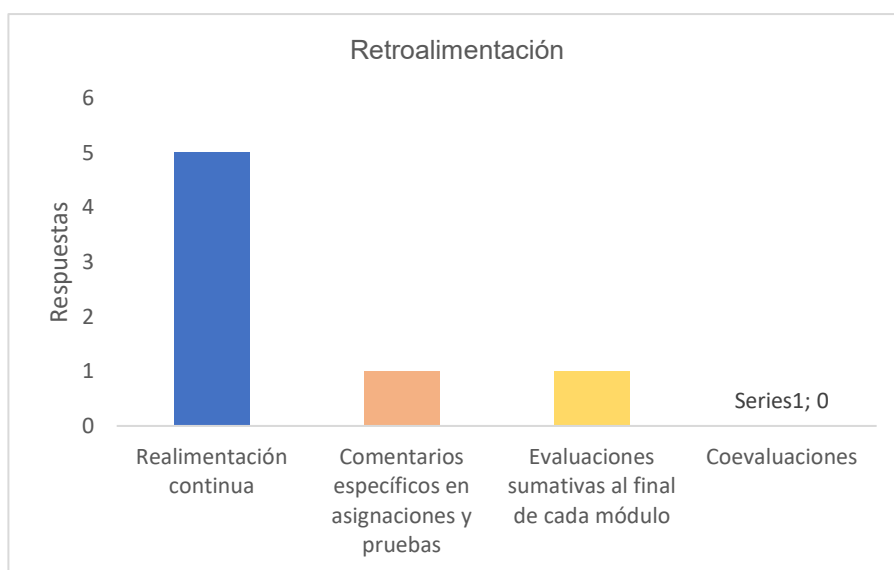
Interpretación de datos: La percepción de la evaluación como un proceso permanente mediante el uso de herramientas pedagógicas es considerado muy importante por 6 de los 7 docentes encuestados, lo que representa el 85.7% de la población; mientras que sólo 1 (14.3%), considera que es importante, pero no crucial.

Queda claro que para los docentes del anexo El Guabal los procesos evaluativos en el aula de clases son de gran importancia, lo que se evidencia en el hecho de que ninguno contestó que la evaluación permanente no tiene importancia en los procesos de desarrollo de los aprendizajes en los estudiantes del nivel superior.

Esta unanimidad de criterio refleja una tendencia constante hacia el uso de enfoques pedagógicos interactivos y de carácter formativo entre los docentes y que se evidencia en los aprendizajes significativos que desarrollan los alumnos, lo que fortalece el carácter formador de los procesos evaluativos en el aula.

Gráfico 2

¿Qué tipo de formas de realimentación de los procesos evaluativos en el aula empleas?



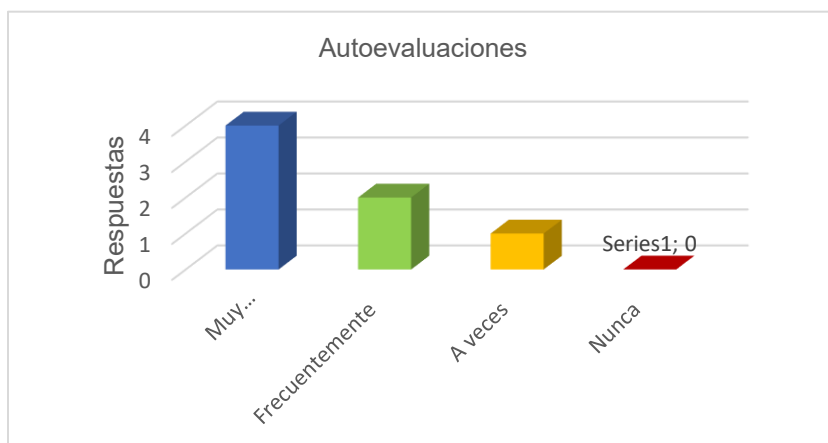
Interpretación de datos: Se observa en el gráfico 2 una preferencia por los docentes que imparten cátedras en primer año de licenciatura en primaria del anexo El Guabal, al uso de una realimentación de conocimientos de carácter continuo (71.4%); mientras que los comentarios específicos sobre las asignaciones y pruebas, así como las evaluaciones sumativas al final de cada módulo representan el 14.3% (1 docente) para cada ítem.

Este resultado valida el hecho de que la evaluación debe ser de carácter permanente y dinámico, sirviendo a los estudiantes como fuente de constante aprendizaje.

Ello sugiere que a los docentes les queda clara la importancia de la comunicación efectiva en el aula de clases para mejorar los rendimientos académicos de los alumnos, con lo que se apoya la hipótesis de que la evaluación sirve como instrumento de mediación de los aprendizajes.

Gráfico 3

¿Con qué frecuencia el docente aplica las autoevaluaciones?

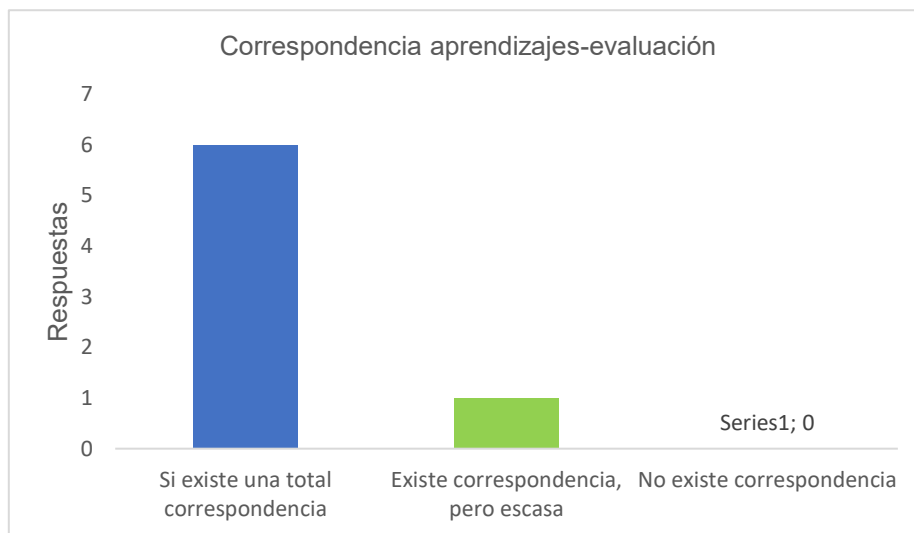


Interpretación de datos: El gráfico 3 evidencia que los docentes del anexo El Guabal emplean muy frecuentemente las autoevaluaciones en el desarrollo de sus clases. En este sentido, cuatro de los docentes evaluados (57.1 %) indican que las utilizan muy frecuentemente, mientras que dos de ellos (28.5 %) señalan hacerlo de forma frecuente y uno (14.4 %) refiere utilizarlas de manera ocasional. Estos resultados evidencian la necesidad imperativa de potenciar la metacognición y la autorreflexión en la población estudiantil universitaria, un propósito respaldado por Martínez, Linares y García (2025), quienes enfatizan que la integración sistemática de estas dimensiones en la praxis educativa resulta fundamental para consolidar el pensamiento crítico y la autonomía cognitiva del estudiante.

Se puede apreciar que las autoevaluaciones son aplicadas con frecuencia por el personal docente y que esta práctica, como lo establecen Peinado y Valencia (2024), “es una herramienta adecuada, puesto que se ajusta a las características de madurez de los alumnos para reconocer sus fortalezas y debilidades en su aprendizaje, al mismo tiempo les permite conocerse al autoevaluarse” (p. 2).

Gráfico 4

¿Considera que existe correspondencia entre aprendizajes y evaluación?

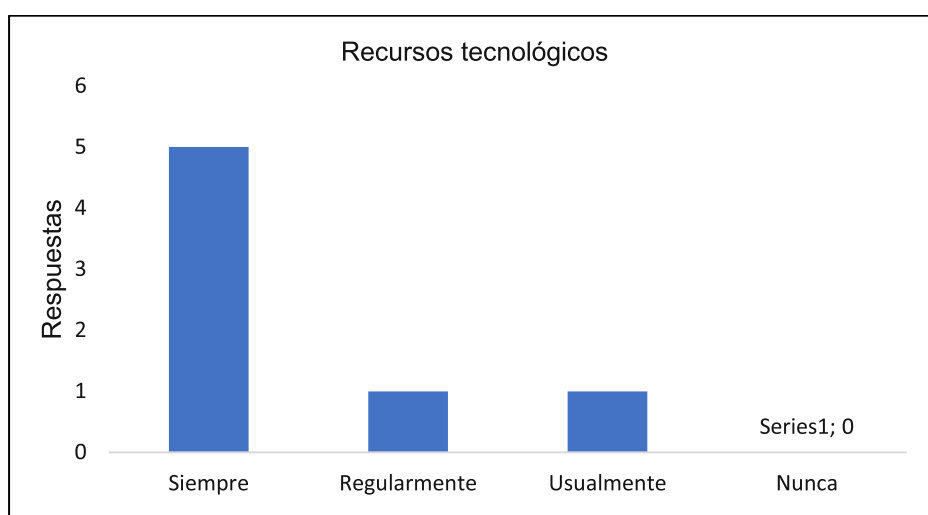


Interpretación de datos: Tal como se aprecia en la gráfica, para el 85.7% de los docentes encuestados (6), si existe una total correspondencia entre los aprendizajes adquiridos y la evaluación que se aplica en el aula de clases universitaria; mientras que para el 14.3% (1 docente) existe una escasa correspondencia.

Este resultado evidencia que, en efecto, la evaluación de los aprendizajes reviste singular importancia para los procesos educativos que se desarrollan en las distintas cátedras que se imparten en el Anexo El Guabal de Santa Fe, ya que esta se comprende como un proceso sistemático y analítico que, a través de métodos y técnicas permiten emitir juicios de valor, orientados a la toma de decisiones con el fin de mejorar y elevar la calidad educativa en este recinto educativo de enseñanza superior.

Gráfico 5

¿Utiliza recursos tecnológicos para el desarrollo de sus procesos evaluativos?



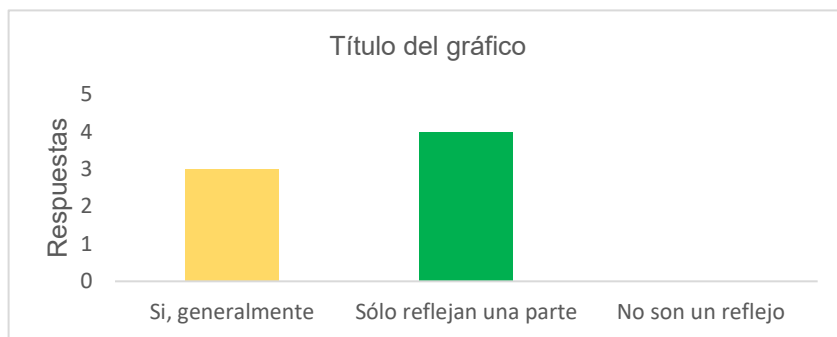
Interpretación de datos: Al observar la gráfica 5 podemos apreciar que para el 71.4% de los encuestados (5 docentes), el uso de los recursos tecnológicos es importante para el desarrollo de los procesos evaluativos que se llevan a cabo en el aula de clases; mientras que para el 14.3% (1 docente) los utiliza regularmente y el 14.3% restante los utiliza usualmente.

La incorporación de las nuevas tecnologías a los procesos de enseñanza-aprendizaje, en los que se encuentran insertos los procesos educativos, es un indicador positivo de la adaptación de los profesores del programa anexo El Guabal a las necesidades educativas de los estudiantes del nivel universitario, toda vez que buscan facilitar una comunicación eficiente y eficaz de los aprendizajes adquiridos.

También se refleja un proceso de adaptación constante del docente universitario al uso de las TICs, alternándolo con los métodos tradicionales de evaluación, a pesar de la falta de recursos como energía eléctrica o servicio de internet. Frente a ello, las observaciones de campo indican que los docentes cuentan con laptop y plantas de energía eléctrica portátil, así como con la contratación de servicios de internet en locales comerciales aledaños al anexo y que mejoran significativamente la calidad de la enseñanza.

Gráfico 6

¿Considera usted que la evaluación refleja los aprendizajes del alumno?



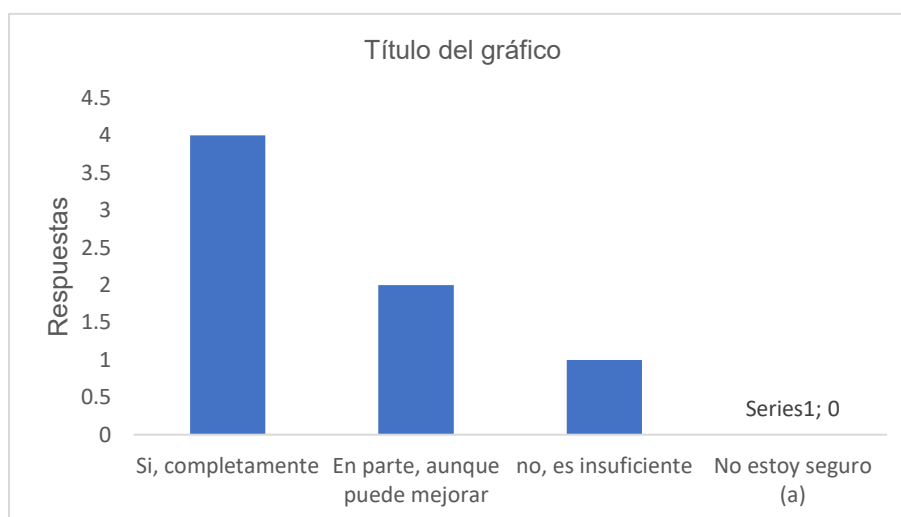
Interpretación de datos: El gráfico 6 indica que para la mayoría de los docentes del anexo El Guabal si existe una correlación directa entre evaluación y aprendizajes, toda vez que el 57.2% (4 docentes), señala que reflejan una relación parcial; mientras que el 42.8% (3 docentes), indica que si existe una relación de manera general.

Este último punto de vista, tal como lo sugieren Romero et al. (2024), podrían “no capturar completamente los aspectos como habilidades prácticas, pensamiento crítico o la colaboración” (p. 6). No existe entre los profesores del anexo, un escepticismo sobre la efectividad de la evaluación en cuanto a su reflejo en los aprendizajes de los estudiantes. Esto se revela en la percepción del ítem 3 de esta pregunta, aunque en la entrevista que se efectuó en momentos anteriores y posteriores a la aplicación de la encuesta se pudo apreciar que creen en la existencia de limitaciones en los enfoques de valoración, por lo cual la conciencia sobre la incidencia de la evaluación sobre los aprendizajes es inexistente.

Lo anterior nos mueve a pensar que los docentes buscan métodos alternos de evaluación que sean más inclusivos y participativos.

Gráfico 7

¿Cree que la formación del docente en la universidad de Panamá prepara al estudiante de la licenciatura en educación primaria para implementar prácticas de enseñanza efectiva?



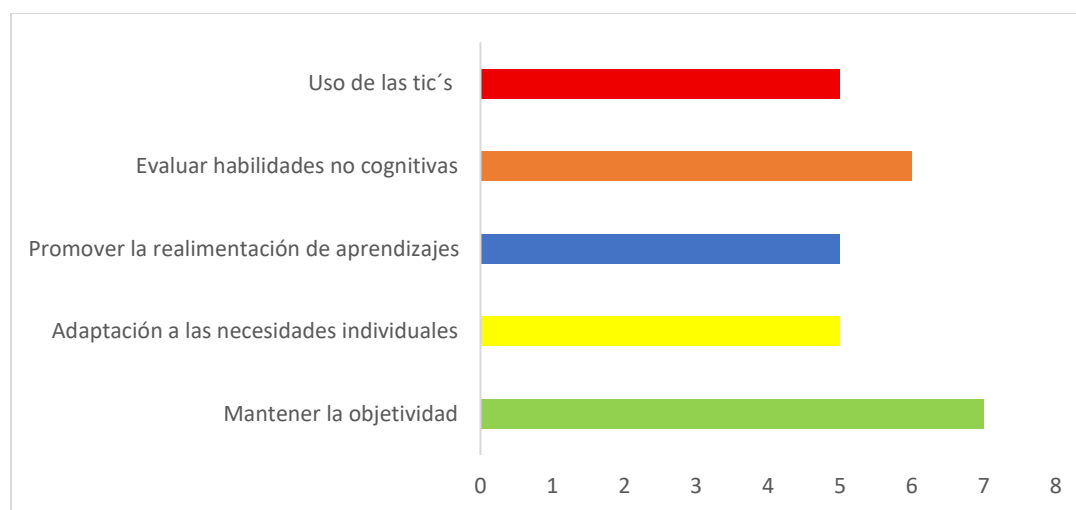
Interpretación de datos: Los datos recabados en la encuesta revelan que existe una plena confianza del personal docente del anexo El Guabal en la formación que la universidad de Panamá brinda a los estudiantes de licenciatura en educación primaria para diseñar estrategias de enseñanza-aprendizaje que mejoren los procesos cognitivos en sus alumnos.

Ello se evidencia en la gráfica 7 cuando el 57.2% de los encuestados indica que tiene una completa convicción en el hecho relatado en el ítem, frente al 28.5% que indica que, si se prepara al estudiantado para la implementación de prácticas de enseñanza efectiva, aunque considera que se pueden mejorar numerosos aspectos relacionados con el tema y un docente (14.3%) que considera que es insuficiente.

Existe un claro consenso de que existen áreas de los procesos de enseñanza que deben ser mejorados, por lo que el sistema de evaluación puede ser ese puente que medie entre los procesos desarrollados por el alumno y el docente y que convergen en las nuevas realidades que tiene el país. Es precisamente en esas nuevas realidades en las que la universidad de Panamá debe mediar como formadora del recurso humano de las futuras generaciones.

Gráfico 8

¿Qué elementos considera más desafiantes en el entorno del programa anexo El Guabal, a la hora de evaluar a los estudiantes?

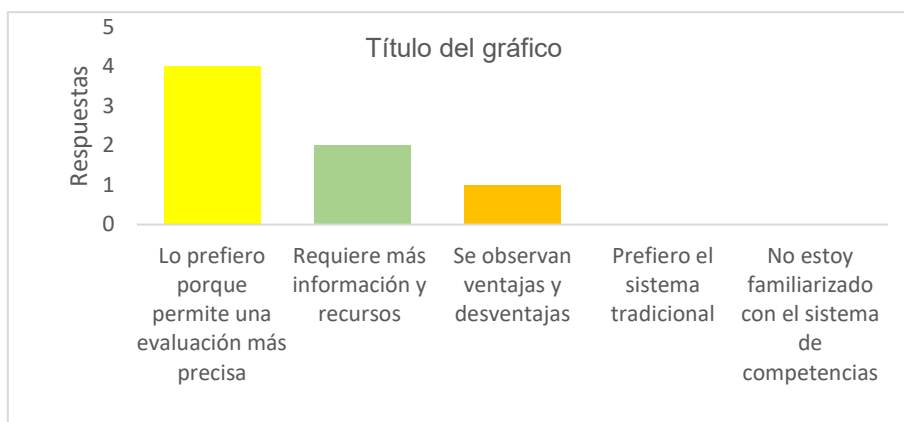


Interpretación de datos: En este ítem los docentes del anexo El Guabal podían seleccionar más de una respuesta dada la complejidad de los procesos evaluativos en el contexto geográfico en que se encuentran laborando. Se puede apreciar que, mantener la objetividad al momento del desarrollo de la evaluación en el aula de clases es una de las tareas más desafiantes que tienen los docentes, pues el 100% considera que es una de las tareas más apremiantes.

Por otro lado, para el 85.7% de los encuestados (6 docentes), considera que el elemento más desafiante es evaluar habilidades no cognitivas; mientras que para el 71.4% (5 docentes) consideran que la adaptación a las necesidades individuales, promover realimentación de los aprendizajes y emplear las TIC's en la evaluación son también desafíos para el programa anexo.

Gráfico 9

¿Está de acuerdo en usar el sistema de evaluación basado en competencias en lugar del sistema de evaluación por calificaciones



Interpretación de datos: De los 7 docentes encuestados, el 57.2% (4 docentes), manifestó que está de acuerdo con la implementación de un sistema de evaluación basado en competencias, indicando que para ellos representa un tipo de evaluación más precisa cuando de evaluar habilidades y competencias se refiere, por encima de prácticas que buscan la memorización y reproducción del conocimiento.

Por otro lado, para el 28.5% de los encuestados (2 docentes), el enfoque basado en competencias, a pesar de ser interesante, requiere más información para saber cómo y en qué etapas del acto docente implementarlo de manera correcta, lo cual deja en claro que la universidad de Panamá necesita desarrollar todo un proceso de realimentación entre su planta docente para adaptarse a los cambios que implica la implementación de nuevas formas de evaluación de los aprendizajes. Del mismo modo, el 14.3% de los profesores (1 docente), admite que existen ventajas y desventajas al momento de emplear el sistema de evaluación basada en competencias, lo que da a indicar que, en efecto, la Universidad de Panamá tiene que reforzar el conocimiento que sobre este sistema de evaluación se tiene. De acuerdo con Morales, Hersberger y Acosta (2019), la evaluación señala que:

implica el manejo de información cualitativa y cuantitativa que permite juzgar los avances, logros o deficiencias de los planes de estudios, en lo general, y del proceso enseñanza-aprendizaje, en lo particular, a fin de fundamentar la toma de decisiones para reencausar y mejorar el proceso mismo. (p. 47)

DISCUSIÓN

Para Ley y Espinoza (2021), es importante que en las universidades se tome en consideración la evaluación formativa que es definida como: “un proceso de constatación, valoración y toma de decisiones cuya finalidad es mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje que tiene lugar, desde una perspectiva humanizadora y no únicamente con un fin calificador” (p. 365).

Desde esta perspectiva, sugieren que la evaluación debe ser llevada a cabo también por el alumnado universitario, lo cual supondría un desafío al profesorado si se desea la mejora en el proceso de enseñanza-aprendizaje, por lo que argumentan que la evaluación ha de ser participativa.

En esa línea de pensamientos, la investigación de Hernández, Vargas y Almuiñas (2020), sugieren que la evaluación puede brindar información para contribuir a la mejora de la gestión de

los programas universitarios, por lo que: “La evaluación de los procesos de aprendizaje suele identificarse frecuentemente con la denominada evaluación formativa, cuyo propósito se vincula con el mejoramiento de la enseñanza y del aprendizaje” (p. 5).

Al examinar los resultados de este estudio, se constata que las decisiones y acciones educativas implementadas por los docentes de primer año de la Licenciatura en Educación Primaria constituye un elemento fundamental dentro del proceso de mediación de los aprendizajes en la educación superior, debido a que trasciende la función tradicional de asignar una calificación y se convierte en una herramienta para comprender, orientar y fortalecer el aprendizaje de los estudiantes. En este sentido, los resultados obtenidos en el Anexo Universitario El Guabal de Santa Fe evidencian que la aplicación de procesos evaluativos como la heteroevaluación, coevaluación y autoevaluación favorece una relación más participativa entre docentes y estudiantes, donde la evaluación adquiere un carácter formativo y reflexivo fomentando una cultura de aprendizajes motivadora.

Esta perspectiva aspira a impactar de manera integral en el proceso de enseñanza-aprendizaje mediante la revisión constante de la práctica de aula, orientada a fortalecer el pensamiento crítico y reflexivo, promoviendo así una comunicación bidireccional entre docente y estudiante dentro del contexto del Anexo Universitario El Guabal de Santa Fe.

Estos resultados son concordantes con lo expuesto por Romero et al. (2024), quienes sostienen que la evaluación debe concebirse como una herramienta para el aprendizaje que trascienda la asignación de calificaciones cualitativas o cuantitativas. Al igual que en la presente investigación, se enfatiza que la evaluación formativa retroalimenta activamente el proceso pedagógico, convirtiendo el aula en un espacio de reflexión continua sobre la práctica educativa.

Asimismo, la integración reflexiva de la autoevaluación y la coevaluación en las aulas del Anexo Universitario El Guabal coincide con los planteamientos de Peinado y Valencia (2024). Estos autores destacan que los procesos de autoevaluación actúan como un instrumento clave para fomentar la autonomía y autorregulación en los estudiantes. Mientras que Peinado y Valencia centran su análisis en el nivel de posgrado, los hallazgos de este estudio demuestran que, al aplicar estrategias autoevaluativas en los primeros años de la educación superior —especialmente en contextos rurales o anexos universitarios—, los estudiantes de Licenciatura en Educación Primaria desarrollan desde el inicio de su carrera un alto compromiso con su propio proceso de aprendizaje.

Al igual como lo manifiesta, Martínez et al. (2025) al plantear que la autorregulación y la metacognición son procesos estrechamente relacionados con la capacidad del estudiante para reconocer sus fortalezas y limitaciones durante el aprendizaje. Esta perspectiva complementa los resultados de la presente investigación, al evidenciar que una evaluación correctamente orientada puede contribuir al desarrollo de habilidades reflexivas y favorecer procesos de mejora continua en los futuros docentes.

En consecuencia, la articulación entre las prácticas evaluativas y el uso de herramientas tecnológicas o metodológicas innovadoras se corresponde con lo expuesto por Carbonell et al. (2023), quienes enfatizan que la mediación pedagógica contemporánea requiere adaptar los procesos formativos y evaluativos a las nuevas realidades del contexto educativo actual. La alineación con estos autores refuerza la necesidad de articular de forma coherente el diseño curricular del nivel superior, la labor docente y las expectativas de los estudiantes del Anexo El Guabal para impulsar la mejora constante de la calidad educativa.

Por tal motivo, los resultados obtenidos permiten afirmar que la evaluación en educación superior requiere una visión integral donde converjan las estrategias docentes, los objetivos de los programas académicos y las características particulares de los estudiantes. Más que un mecanismo de control representa un proceso dinámico de acompañamiento que facilita la toma de decisiones pedagógicas y fortalece la calidad educativa dentro de los espacios universitarios y en especial en el Anexo Universitario el Guabal.

CONCLUSIÓN

Los procesos evaluativos que desarrollan los docentes de los sitios anexos, han de estar directamente correlacionados con las dimensiones básicas de la evaluación educativa. Es decir: con el objeto que se evalúa, para qué se evalúa, quién evalúa, qué se evalúa, cuándo se evalúa y qué se evalúa.

Queda claro que la evaluación ha de servirse primeramente desde la planeación de la clase, considerando que debe cumplir con las etapas o momentos correspondientes. Se hace necesario elegir adecuadamente los instrumentos que el docente emplea para evaluar, buscando siempre responder a las necesidades de la población estudiantil y, de este modo, evidenciar los resultados.

También, se hace indispensable que la universidad de Panamá desarrolle seminarios de actualización en técnicas de evaluación aplicadas a los nuevos contextos de la educación superior, ya que la evaluación por competencias requiere del trabajo de todo el cuerpo docente para obtener mejores rendimientos en los procesos educativos del programa anexo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a los docentes de la Universidad de Panamá, especialmente a los que laboran en el primer año de la licenciatura en educación primaria del anexo El Guabal por haber hecho posible este trabajo de investigación.

A la Universidad de Panamá, especialmente a la profesora Serena Pérez, de la Vicerrectoría de investigación y postgrado por permitir que se presenten investigaciones de carácter humanista en nuestra casa de estudios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carbonell, C., Burgos, S., Calderón, D., y Paredes, O. (2023). La Inteligencia Artificial en el contexto de la formación educativa. *Episteme Koinonia*, 6(12), 152–166.
<https://doi.org/10.35381/e.k.v6i12.2547>
- Hernández, D.; Vargas, A. y Almuiñas, J. (2020). Importancia de la evaluación de la eficiencia académica de las universidades. *Revista cubana de educación superior.*, 1-12.
- Ley, N., y Espinoza, E. (2021). Características de la evaluación educativa en el proceso de aprendizaje. *Universidad y Sociedad*, 13(6), 363–370.
<https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2400>
- Martínez, L., Linares, E., y García, A. (2025). La importancia de la autorregulación y la metacognición en los estudiantes de biotecnología. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo (RIDE)*, 15(30), 1–24.
<https://doi.org/10.23913/ride.v15i30.2201>
- Moreno, T. (2009). La evaluación del aprendizaje en la universidad: tensiones, contradicciones y desafíos. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 14(41), 563–591.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-66662009000200010
- Morales, S., Hersberger, R., y Acosta, E. (2019). La evaluación por competencias: ¿cómo se hace? *Educación Médica*, 20(Supl. 2), 46–56.
<https://doi.org/10.1016/j.edumed.2018.04.020>

- Peinado, J., y Valencia, L. (2024). La autoevaluación como instrumento para desarrollar el aprendizaje autónomo en los alumnos de posgrado. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo (RIDE)*, 14(28), 1–23. <https://doi.org/10.23913/ride.v14i28.1812>
- Rodríguez, A., y Pérez, A. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista EAN*, (82), 179–200. <https://doi.org/10.21158/01208160.n82.2017.1647>
- Romero, W., Chulca, J., Imbaquingo, G., Pineda, S., Aules, E., Tipán, G., Minango, S., y Aules, R. (2024). Evaluación para el aprendizaje: más allá de las calificaciones. *Revista IVECOM*, 3(2), 1–13. <https://doi.org/10.59868/ivecom.v3i2.215>

Estimación de un índice de riesgo para ciguatera para el Golfo de Chiriquí y el Golfo de Panamá

Estimation of a ciguatera risk index for the Gulf of Chiriqui and the Gulf of Panama

Luis Yepes

Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de Veraguas. Panamá
y3pes31@hotmail.com <https://orcid.org/0009-0003-4594-6852>

Carlos Seixas

Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de Veraguas. Panamá
carlos.seixas@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-3430-3793>

Cecibeth Aparicio

Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de Veraguas. Panamá
cecibethdelcarmenaparicio@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0008-1007-1976>

Artículo recibido: 24 de agosto de 2026

Artículo aceptado: 29 de septiembre de 2026

DOI <https://doi.org/10.48204/j.colegiada.v8n1.a11466>

RESUMEN

La ciguatera constituye una intoxicación alimentaria asociada al consumo de peces que han acumulado ciguatoxinas producidas principalmente por dinoflagelados bentónicos de los géneros *Gambierdiscus* y *Fukuyoa*. El objetivo de este estudio fue estimar el riesgo potencial de ciguatera en dos zonas del Pacífico panameño: el Golfo de Chiriquí (PTY-3) y el Golfo de Panamá (PTY-4). Se examinó toda la información disponible en relación con el tema, así como también la existencia de reportes de países cercanos que pudieran incrementar el riesgo de Ciguatera en el país. Se aplicó un índice de riesgo basado en siete criterios: presencia de dinoflagelados bentónicos asociados con ciguatera, disponibilidad de sustratos, especies potencialmente vectores, reportes epidemiológicos, actividades productivas costeras, regulación ambiental y patrones de circulación oceánica. Cada criterio fue ponderado de acuerdo con su importancia relativa y posteriormente integrado mediante el índice IRC (Índice de Riesgo para Ciguatera). El estudio es una continuación del estudio anterior donde se calculó el índice de riesgo para el Caribe oriental y el Caribe occidental de Panamá. El Golfo de Chiriquí obtuvo un valor de 3.20, superior al registrado para PTY-4 (2.20). En PTY-3, los principales aportes al índice correspondieron a la evidencia regional de dinoflagelados asociados con ciguatera, la elevada representación de peces potencialmente vectores y los patrones intrusivos y retentivos que se presentan en la zona, mientras que en PTY-4 destacó la mayor presión de actividades productivas costeras, aunque los patrones de circulación del golfo reciben la influencia de zonas donde la ciguatera no es actualmente un problema. La limitada información epidemiológica y la ausencia de confirmación local de *Gambierdiscus*/*Fukuyoa* constituyen las principales fuentes de incertidumbre. Los resultados indican que PTY-3 presenta un riesgo relativo mayor que PTY-4 y debería considerarse prioritaria para programas de vigilancia que incluyan muestreo de dinoflagelados bentónicos, identificación molecular y detección de ciguatoxinas en peces de importancia pesquera.

PALABRAS CLAVE: Ecosistema marino; recursos pesqueros; vigilancia ambiental; contaminación marina; pesca marina.



ABSTRACT

Ciguatera is a foodborne intoxication associated with the consumption of fish that have accumulated ciguatoxins produced mainly by benthic dinoflagellates of the genera *Gambierdiscus* and *Fukuyoa*. This study aimed to estimate the potential risk of ciguatera in two areas of the Panamanian Pacific: The Gulf of Chiriquí (PTY-3) and the Gulf of Panamá (PTY-4). All available information regarding the subject was examined, as well as the existence of reports from neighboring countries that could increase the risk of ciguatera in the country. A risk index based on seven criteria was applied: occurrence of ciguatera-associated benthic dinoflagellates, availability of suitable substrates, presence of potential vector species, epidemiological reports, coastal productive activities, environmental regulations, and ocean circulation patterns. Each criterion was weighted according to its relative importance and integrated into the CRI risk index. The study is a continuation of the previous study, in which the risk index for the Eastern Caribbean and the Western Caribbean of Panama was calculated. The Gulf of Chiriquí reached a value of 3.20, higher than that obtained for PTY-4 (2.20). At PTY-3, the main contributions to the index stemmed from regional evidence of ciguatera-associated dinoflagellates, the high representation of potential vector fish, and the zone's characteristic intrusive and retentive patterns meanwhile PTY-4 was notable for the greater pressure from coastal productive activities, although the gulf's circulation patterns are influenced by areas where ciguatera is not currently a problem. Limited epidemiological information and the lack of local confirmation of *Gambierdiscus/Fukuyoa* remain the main sources of uncertainty. The results indicate that PTY-3 presents a higher relative risk than PTY-4 and should be prioritized for surveillance programs including benthic dinoflagellate sampling, molecular identification, and ciguatoxin detection in commercially important fish.

KEYWORDS: Marine ecosystems; fishery resources; environmental monitoring; marine pollution; marine fishing.

INTRODUCCIÓN

La ciguatera es una intoxicación alimentaria que ocurre con relativa frecuencia y que se asocia al consumo de peces de vida arrecifal de las regiones tropicales y subtropicales del planeta (Chinain et al., 2021; Friedman et al., 2017). La ingesta regular de peces que han acumulado ciguatoxinas, un grupo muy potente de neurotoxinas producidas por dinoflagelados bentónicos del género *Gambierdiscus* y *Fukuyoa*, ocasiona el padecimiento de la enfermedad. Estos microorganismos crecen sobre macroalgas, corales muertos, escombros coralinos y otros sustratos bentónicos desde donde las toxinas ingresan a la cadena trófica, utilizando como vehículo peces herbívoros e invertebrados. Mediante el proceso de biomagnificación las toxinas se concentran en peces depredadores de gran tamaño como los meros (*Epinephelus* spp.), pargos (*Lutjanus* spp.), jureles (*Caranx* spp.) y barracudas (*Sphyræna* spp.), los cuales representan el principal riesgo para el consumo humano (Friedman et al., 2017; Chinain et al., 2021). Aunque tradicionalmente la ciguatera ha sido considerada una enfermedad endémica de las islas del Pacífico y del mar Caribe, durante las últimas dos décadas se ha acumulado evidencia científica que demuestra una expansión de su distribución geográfica hacia nuevas regiones tropicales, incluyendo el Pacífico Oriental Tropical (Chinain et al., 2021). Durante muchos años se asumió que el riesgo de ciguatera en el Pacífico neotropical era relativamente bajo debido al reducido número de casos clínicos documentados y a la limitada información sobre la distribución de *Gambierdiscus*. Sin embargo, investigaciones recientes sugieren que esta percepción estuvo influenciada principalmente por la escasez de programas de vigilancia epidemiológica, la falta de monitoreo de dinoflagelados bentónicos y las dificultades analíticas para confirmar la presencia de ciguatoxinas en peces y pacientes afectados (Friedman et al., 2017; Chinain et al., 2021). Actualmente se reconoce que la enfermedad probablemente ha estado subdiagnosticada durante décadas.

Un hallazgo muy importante ocurrió cuando Vargas-Montero, Morales y Cortés (2012), documentaron por primera vez el género *Gambierdiscus* en el parque Nacional Isla Cocos en

Costa Rica. Con este hallazgo se confirmó que los arrecifes coralinos del Pacífico Oriental tropical poseen condiciones ecológicas adecuadas para el establecimiento de dinoflagelados productores de ciguatoxinas, además de otros dinoflagelados bentónicos potencialmente tóxicos.

En Panamá, el conocimiento sobre la ciguatera ha experimentado un notable desarrollo en años recientes. Tradicionalmente, la mayor parte de los casos clínicos documentados se concentraban en la costa Caribe; sin embargo, investigaciones recientes indican que el Pacífico panameño también presenta condiciones favorables para el desarrollo del fenómeno. A pesar del creciente conocimiento científico, la epidemiología de la ciguatera en el Pacífico neotropical continúa siendo incompleta. Muchos países carecen de sistemas obligatorios de notificación, los casos suelen confundirse con otras enfermedades gastrointestinales o neurológicas y la confirmación mediante métodos analíticos continúa siendo técnicamente compleja y costosa (Chinain et al., 2021). Como consecuencia, la incidencia real probablemente permanece subestimada. Esta situación pone de manifiesto la necesidad de fortalecer los programas nacionales de vigilancia epidemiológica, implementar monitoreos permanentes de dinoflagelados bentónicos, desarrollar capacidades analíticas para la detección de ciguatoxinas y promover programas de educación dirigidos a pescadores, comercializadores, personal sanitario y comunidades costeras. El presente trabajo es una continuación de un trabajo previo que calculó índices de riesgos para el Caribe de Panamá. En esta ocasión se presentan los índices de riesgos para dos áreas importantes del Pacífico panameño: El Golfo de Chiriquí y el Golfo de Panamá.

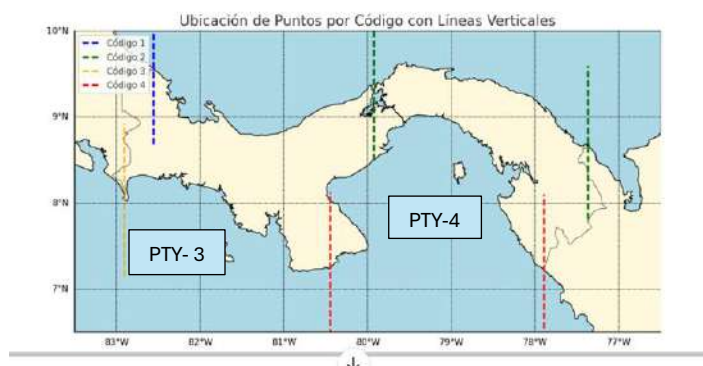
MATERIALES Y MÉTODOS

1. Área de estudio

Para delimitar las áreas de estudio en el Pacífico de Panamá se utilizaron los códigos propuestos por Panamá para la base de datos HAEDAT que es un componente del Sistema de Información sobre Algas Nocivas de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO (<https://haedat.iode.org/>). La Figura 1 muestra las áreas estudiadas en el Pacífico de Panamá (PTY-3 y PTY-4). Las zonas descritas se examinaron de manera global, recopilando los reportes de ciguatera, tanto dentro de ellas como en zonas aledañas, con las cuales exista un factor de vinculación oceanográfica. Los datos obtenidos, en su mayoría proceden de publicaciones en revistas indexadas, estudios recientes verificables, información que ha sido almacenada en la forma de informes técnicos por parte de instituciones que se dedican a la administración y protección del ambiente. Los valores de ponderación y los puntajes para cada criterio se obtuvieron previa discusión con un panel de expertos relacionados con el tema.

Figura 1.

Coordenadas geográficas de las zonas estudiadas en el Pacífico Panameño.



Nota. **PTY-3:** Punta Burica (08° 02' 18.0" LN; 82° 54' 12.5" LW), Punta Morro de Puerco (07° 14' 27" LN; 80° 26' 27" LW) **PTY-4:** Punta Morro de Puerco (07° 14' 27" LN; 80° 26' 27" LW), Punta Del Pacífico (07° 12' 39.3" LN; 77° 53' 20.9" LW). Adaptado de Estimación de un índice de Riesgo de Ciguatera para el Pacífico y el Caribe de Panamá, p.12 por Luis Yepes, 2025. Tesis de maestría, Universidad de Panamá.

2. Criterios y Escala de Ponderación

Tabla 1.

Criterios propuestos por el Grupo IOCARIBE (HAB-ANCA), 2018, adaptados al pacífico de Panamá.

CRITERIO	ESCALA DE PONDERACIÓN
1. Reportes de la presencia de dinoflagelados bentónicos asociados con la Ciguatera.	1=No existen reportes 2=Hay reportes de la presencia de bentónicos no relacionados con ciguatera 3=Reportes de bentónicos asociados a la ciguatera, pero no <i>Gambierdiscus-Fukuyoa</i> , 4= Reportes ocasionales de la presencia de <i>Gambierdiscus-Fukuyoa</i> 5=Reportes frecuentes de la presencia de <i>Gambierdiscus-Fukuyoa</i> ,
2. Cobertura y abundancia de sustratos tales como hierbas marinas, algas y arrecifes de coral (especialmente muertos) que pudieran albergar algas bénticas asociadas con la ciguatera.	1=Cobertura mínima de sustratos adecuados, generalmente dispersos, 2=Cobertura moderada, generalmente corales vivos lejos de la costa 3=Hasta el 10% de las plataformas coralinas están muertas y tienen proliferación de algas y hierbas marinas 4=50% o más de las plataformas de corales están muertas con alta proliferación de algas. 5=Cobertura extensa con evidentes signos de contaminación antrópica y predominio visible de algas verdes filamentosas.
3. Presencia y abundancia de especies vectores de toxicidad, principalmente invertebrados y peces de arrecife potencialmente portadores de la ciguatóxina.	1=Menos del 1% de los vectores reportados para el área. 2=Del 1% al 10% de los vectores reportados para el área, 3=Del 10% al 50% de los vectores reportados para el área 4=Más del 50% de los vectores reportados para el área.
4. Reportes epidemiológicos de poblaciones costeras, particularmente registros de intoxicaciones alimentarias que podrían ser causadas por ciguatera.	1=Reportes aislados menores, 2=Múltiples casos documentados, 3=Brotes frecuentes, 4=Crisis sanitaria activa.
5. Actividades productivas asociadas a la zona costera (Agricultura, pesca, acuicultura, turismo y otras) con la capacidad de contaminar el medio costero	1=Actividad mínima, más bien de tipo artesanal y de subsistencia, 2=Al menos 10% de actividades productivas no de tipo artesanal o de subsistencia 3=Del 10% al 50% de actividad productiva. 4=Más del 50% de actividad productiva. 5. Actividad productiva intensiva y a gran escala que ocupa casi toda la zona costera.
6. Existencia de regulaciones y normativa para proteger la costa de la contaminación antrópica.	1=No hay regulación. 2. Hay buena regulación, pero grandes problemas de implementación y de fiscalización 3=Hay buena regulación y pocos problemas de implementación, pero limitada capacidad de fiscalización, 4= Hay

7. Patrones de circulación oceánica que favorecen la migración de bentónicos de ciguatera desde países cercanos donde la ciguatera es endémica.	buena regulación, pocos problemas de implementación y una fiscalización eficiente. 1=Los patrones de circulación dispersan las floraciones, 2=Patrones de circulación neutros, 3=Circulación muy favorable para la retención, 4=Patrones de circulación concentran y retienen floraciones
---	--

Nota. Se utilizaron los mismos criterios que se presentaron en el trabajo sobre zonas de Riesgo para el Caribe de Panamá.

Tabla 2.

Ponderación de criterios para el cálculo de un índice de riesgo en el Caribe de Panamá.

CRITERIO
1. Presencia de dinoflagelados bentónicos asociadas al síndrome de la ciguatera (Porcentaje de ponderación= 0.25). Es el factor más crítico, ya que determina directamente la toxicidad potencial
2. Cobertura y abundancia de sustratos tales como hierbas marinas, algas y arrecifes de coral (especialmente muertos). (Porcentaje de ponderación=0.10). Favorece establecimiento de algas tóxicas bentónicas al haber más sustratos disponibles para la fijación.
3. Presencia y abundancia de especies vectores de toxicidad (principalmente peces). (Porcentaje de ponderación=0.15). Amplifica el riesgo al concentrar toxinas en la cadena alimentaria
4. Reportes epidemiológicos de poblaciones costeras, particularmente registros de intoxicaciones, muerte de organismos acuáticos, vedas preventivas y cualquier otra alerta relacionada con el tema. (Porcentaje de ponderación=0.20). Evidencia directa del impacto en salud pública y ecosistemas
5. Actividades productivas asociadas a la zona costera o descarga de desechos urbanos (Agricultura, pesca, acuicultura, turismo y otras. (Porcentaje de ponderación=0.10). Contribuyen indirectamente a la eutrofización y proliferación de microalgas. Aumenta la exposición humana y puede aportar nutrientes
6. Existencia de regulaciones y normativa. (Porcentaje de ponderación=0.05). Influye en la prevención y respuesta, pero no en la ocurrencia biológica. Factor mitigador del riesgo, no generador
7. Patrones de circulación oceánica que favorecen la migración de floraciones nocivas. (Porcentaje de ponderación=0.15). Determina la dispersión, acumulación y llegada de floraciones de algas nocivas a nuevas zonas.
Ponderación total: 100%

Nota. Se utilizaron los mismos criterios que se presentaron en el trabajo sobre zonas de Riesgo para el Caribe de Panamá.

3. Ecuación para el cálculo del índice CRI y escala de valoración

$$\text{CRI} = (0.25 \times C1) + (0.20 \times C4) + (0.15 \times C3) + (0.15 \times C7) + (0.10 \times C2) + (0.10 \times C5) + (0.05 \times C6)$$

Donde:

- C1 = Presencia de microalgas tóxicas (1-5)
- C2 = Cobertura de sustratos (1-5)

- C3 = Especies vectores (1-4)
- C4 = Reportes epidemiológicos (1-4)
- C5 = Actividades productivas (1-5)
- C6 = Regulaciones (1-4)
- C7 = Patrones de circulación (1-4)

Escala de referencia:

- **0.0 – 1.5 → Riesgo bajo:** Condiciones poco favorables para la proliferación de ciguatera o con baja incidencia reportada.
- **1.6 – 3.0 → Riesgo medio:** Existen factores ecológicos y antrópicos que favorecen el riesgo, aunque sin evidencia contundente de brotes frecuentes.
- **3.1 – 5.0 → Riesgo alto:** Ecosistemas y actividades humanas claramente propicias para eventos de ciguatera, con necesidad de vigilancia y medidas preventivas más estrictas.

Nota. Se utilizaron los mismos valores de ponderación y la ecuación que se presentaron en el trabajo sobre zonas de Riesgo para el Caribe de Panamá.

RESULTADOS

Golfo de Chiriquí (PTY-3)

1. Reportes de dinoflagelados bentónicos (*Gambierdiscus*/*Fukuyoa*) asociados a ciguatera. Puntaje: 4

Existen reportes confirmados de *Gambierdiscus* en el Pacífico Oriental Tropical, particularmente en Costa Rica (Isla del Coco) y otras localidades cercanas, además de registros regionales que indican la presencia del género en ambientes arrecifales del Pacífico tropical. Aunque para el Golfo de Chiriquí aún existen pocos estudios específicos publicados, la cercanía biogeográfica con Isla del Coco y la continuidad ecológica del Pacífico Oriental Tropical hacen muy probable su presencia. El valor no solo se le asigna por el reporte de Vargas-Montero (2012), sino porque existe evidencia de reportes en el Pacífico sur de México y en otros Países de la Región.

2. Cobertura/abundancia de sustratos (praderas de hierbas marinas, macroalgas y arrecifes degradados). Puntaje: 3

Aunque las praderas de fanerógamas marinas son escasas y aparecen principalmente como parches dispersos en el Golfo de Chiriquí, la región posee una importante disponibilidad de otros sustratos adecuados para el establecimiento de *Gambierdiscus*, incluyendo arrecifes coralinos, escombros coralinos, fondos rocosos y abundantes macroalgas bentónicas. Sin embargo, la evidencia disponible no indica que el 50 % o más de las plataformas coralinas estén muertas ni que exista una proliferación generalizada de macroalgas asociada a degradación arrecifal. En consecuencia, el área se ajusta mejor al puntaje 3 de la escala.

3. Presencia y abundancia de especies vectores. Puntaje: 4

El Pacífico occidental de Panamá alberga una de las comunidades de peces arrecifales más diversas del Pacífico Oriental Tropical, particularmente en el Parque Nacional Coiba, el Golfo de Chiriquí y los archipiélagos de las Secas y Paridas. En estos ecosistemas se encuentra una elevada representación de familias reconocidas internacionalmente como vectores potenciales de ciguatoxinas, entre ellas Lutjanidae (pargos), Serranidae (meros y cabrillas), Carangidae (jureles), Balistidae (peces ballesta), Muraenidae (morenas) y Sphyrnidae (barracudas), además de otras familias como Haemulidae, Labridae y Scaridae, cuyos integrantes participan en distintos niveles de la red trófica arrecifal.

La elevada diversidad íctica del Golfo de Chiriquí ha sido ampliamente documentada en inventarios realizados en el Parque Nacional Coiba y otras áreas marinas protegidas del Pacífico panameño, donde se registran ensamblajes de peces arrecifales comparables con los de otras regiones del Pacífico Oriental Tropical. La continuidad ecológica entre Panamá, Costa Rica, Colombia y Ecuador favorece además el intercambio biogeográfico de especies y la presencia de un elevado número de los peces considerados vectores de ciguatera en la región.

4. Reportes epidemiológicos de ciguatera. Puntaje: 2

A diferencia del Caribe panameño, donde la ciguatera presenta un mayor respaldo epidemiológico, en el Pacífico occidental de Panamá la información disponible es limitada y no existen series publicadas que documenten brotes recurrentes. No obstante, la presencia de condiciones ecológicas favorables para el desarrollo de *Gambierdiscus* en el Pacífico Oriental Tropical y la confirmación de este género en áreas biogeográficamente próximas, como la Isla del Coco (Costa Rica), sugieren que la enfermedad podría estar subdiagnosticada en la región. La escasa vigilancia epidemiológica, la ausencia de confirmación toxicológica rutinaria y la probable subnotificación dificultan establecer la verdadera incidencia de la ciguatera. En consecuencia, se considera apropiado asignar un puntaje de 2, ya que existe evidencia compatible con la ocurrencia de casos esporádicos en el Pacífico Oriental Tropical, aunque no se dispone de registros suficientes que demuestren brotes frecuentes o una situación epidemiológica activa.

5. Actividades productivas costeras con potencial contaminante. Puntaje: 3

El Pacífico occidental de Panamá alberga una importante actividad económica vinculada al aprovechamiento de los recursos marino-costeros, incluyendo pesca artesanal y comercial, turismo, acuicultura de pequeña y mediana escala, actividades portuarias locales y producción agropecuaria en las cuencas que drenan hacia el Golfo de Chiriquí. Aunque la intensidad de estas actividades es considerablemente menor que la observada en zonas altamente urbanizadas e industrializadas del Caribe panameño, constituyen fuentes potenciales de aporte de nutrientes, sedimentos y otros contaminantes hacia los ecosistemas costeros. No obstante, una parte importante del área de estudio se encuentra bajo algún régimen de protección, destacándose el Parque Nacional Coiba y otras áreas marinas protegidas que limitan el desarrollo de actividades de alto impacto ambiental. En consecuencia, la presión antrópica se considera moderada en comparación con otras regiones costeras de Panamá, lo que justifica la asignación de un puntaje de 3.

6. Existencia de regulación/normativa ambiental Puntaje:3

El Pacífico occidental de Panamá cuenta con uno de los marcos de protección ambiental más robustos del país, sustentado por la Ley 41 de 1998 (Ley General de Ambiente), la Ley 304 de 2022, que establece la protección integral de los sistemas arrecifales y los ecosistemas asociados, la legislación pesquera administrada por la Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá (ARAP) y diversas normas relacionadas con la conservación de la biodiversidad marina. En esta región se localizan importantes áreas protegidas, entre ellas el Parque Nacional Coiba, declarado Patrimonio Mundial por la UNESCO, el Parque Nacional Marino Golfo de Chiriquí y varias zonas de manejo especial que restringen actividades potencialmente impactantes sobre los ecosistemas coralinos y costeros. Estas figuras de protección contribuyen a reducir las presiones antrópicas y favorecen la conservación de los hábitats donde se desarrollan las comunidades arrecifales. No obstante, al igual que en otras regiones del país, persisten limitaciones relacionadas con la disponibilidad de recursos para la vigilancia, el monitoreo ambiental y la fiscalización del cumplimiento de la normativa, particularmente en áreas marinas de difícil acceso y amplia extensión. En consecuencia, se considera que el área dispone de un marco regulatorio sólido, aunque con limitaciones en su capacidad de implementación y fiscalización, lo que justifica la asignación de un puntaje de 3.

7. Patrones de circulación que favorecen retención/migración desde zonas endémicas Puntaje: 3

El Golfo de Chiriquí es una cuenca semiabierto con intercambio directo con el Pacífico Oriental Tropical. Su circulación está influida por las mareas, los vientos, las precipitaciones, las descargas continentales y la variabilidad asociada a El Niño–Oscilación del Sur. La configuración insular y costera puede generar recirculaciones y retención localizada en bahías y canales protegidos, no existen estudios que demuestren una retención persistente y generalizada en todo PTY-3 ni un transporte regular de *Gambierdiscus* o *Fukuyoa* desde otras áreas del Pacífico Oriental Tropical. En consecuencia, la circulación puede favorecer la acumulación local o la dispersión según el sitio y la época, por lo que se asigna un puntaje de 3.

Considerando que el porcentaje de ponderación por criterio es: criterio 1= 0.25; criterio 2 = 0.10; criterio 3= 0.15; criterio 4 = 0.20; criterio 5 =0.10; criterio 6 = 0.05 y criterio 7= 0.15. Se calculó el índice CRI según la siguiente ecuación: (Criterio 1*0.25) + (criterio 2*0.10) +(criterio 3*0.15) +(criterio 4*0.20) +(criterio 5*0.10) +(criterio 6*0.05) +(criterio 7*0.15).

Cálculo del índice CRI utilizando los puntajes de ponderación asignados previamente:

- Criterio 1 (microalgas bentónicas asociadas): $4 \times 0.25 = 1.0$
- Criterio 2 (substratos): $3 \times 0.10 = 0.30$
- Criterio 3 (especies vectores): $4 \times 0.15 = 0.60$
- Criterio 4 (reportes epidemiológicos): $2 \times 0.20 = 0.40$
- Criterio 5 (actividades productivas costeras): $3 \times 0.10 = 0.30$
- Criterio 6 (regulación/normativa): $3 \times 0.05 = 0.15$
- Criterio 7 (circulación oceánica): $3 \times 0.15 = 0.45$

Suma total:

$$1.0+0.30+0.60+0.40+0.30+0.15+0.45= 3.2$$

Interpretación

- **3.1 – 5.0 → Riesgo alto:** Ecosistemas y actividades humanas claramente propicias para eventos de ciguatera, con necesidad de vigilancia y medidas preventivas más estrictas

PTY-4. Pacífico Este (Punta Morro de Puerco-Punta del Pacífico, Darién)

1. Reportes de dinoflagelados bentónicos (*Gambierdiscus*/*Fukuyoa*) asociados a la ciguatera. Puntaje: 2

Hasta la fecha no existen publicaciones que documenten la presencia de *Gambierdiscus* o *Fukuyoa* en el Golfo de Panamá o en la costa del Darién. Aunque se ha confirmado la presencia de estos dinoflagelados en áreas como la Isla del Coco (Costa Rica), los patrones de circulación intrusivos afectan principalmente al Golfo de Chiriquí y no el golfo de Panamá donde la circulación es dominada por un giro ciclónico que nos expone a los eventos que ocurren en el pacífico de Suramérica y que llegan al golfo de Panamá a través de la corriente de Humbolt y otros patrones de circulación costera de la zona como son la corriente de Colombia. Por otra parte, las condiciones oceanográficas del golfo de Panamá son radicalmente diferentes a las del golfo de Chiriquí. En la estación seca de Panamá la temperatura del agua puede caer hasta los 19 °C y las salinidades son más variables que en el golfo de Chiriquí, todo esto unido a la elevada turbidez de las aguas y los amplios rangos de mareas, limitan el desarrollo de corales y de algas,

sustratos ideales para el establecimiento de bentónicos de ciguatera. En consecuencia y siguiendo un criterio conservador, se asigna un puntaje de 2.

2. Cobertura y abundancia de sustratos adecuados. Puntaje: 2

A diferencia del Golfo de Chiriquí, el Pacífico oriental de Panamá presenta una menor cobertura de arrecifes coralinos y una mayor predominancia de costas fangosas, estuarios y extensos manglares influenciados por grandes descargas fluviales. Los arrecifes existentes son relativamente pequeños, discontinuos y se localizan principalmente alrededor de islas y sectores rocosos del archipiélago de Las Perlas y algunos puntos del Darién. Las praderas de fanerógamas marinas son escasas y aparecen de forma aislada, mientras que la disponibilidad de macroalgas bentónicas también es inferior a la observada en el Pacífico occidental. Aunque existen sustratos adecuados para el establecimiento de dinoflagelados bentónicos, su extensión y continuidad son considerablemente menores que en el Golfo de Chiriquí, por lo que corresponde asignar un puntaje de 2.

3. Presencia y abundancia de especies vectores de ciguatoxinas. Puntaje: 3

La región alberga una importante comunidad de peces costeros y arrecifales, incluyendo representantes de las familias Lutjanidae, Serranidae, Carangidae, Sphyraenidae, Balistidae y Muraenidae, reconocidas internacionalmente como vectores potenciales de ciguatoxinas. Sin embargo, debido a la menor extensión de arrecifes coralinos y a la mayor influencia de ambientes estuarinos y fondos blandos, la diversidad y abundancia de peces estrictamente arrecifales es inferior a la registrada en el Golfo de Chiriquí. Aun así, el área mantiene poblaciones importantes de peces depredadores de interés pesquero que podrían participar en la biomagnificación de ciguatoxinas cuando estas se encuentren presentes en el ecosistema. En consecuencia, se considera apropiado asignar un puntaje de 3.

4. Reportes epidemiológicos de ciguatera. Puntaje: 1

No existen publicaciones científicas que documenten brotes recurrentes de ciguatera en el Golfo de Panamá o el Darién, ni series epidemiológicas comparables a las disponibles para el Caribe. La escasa información disponible sugiere que la enfermedad permanece subdiagnosticada y probablemente subnotificada, situación común en gran parte del Pacífico Oriental Tropical. Aunque la presencia potencial de *Gambierdiscus* en la región hace biológicamente plausible la ocurrencia de casos esporádicos, actualmente no existe evidencia suficiente para sustentar una incidencia epidemiológica elevada. Por esta razón se asigna un puntaje de 1.

5. Actividades productivas asociadas a la zona costera. Puntaje: 4

El Pacífico oriental concentra algunas de las actividades económicas más importantes del litoral panameño, incluyendo el complejo portuario asociado al Canal de Panamá, navegación internacional, pesca industrial y artesanal, desarrollo urbano, turismo, acuicultura localizada y actividades agropecuarias en las cuencas hidrográficas que desembocan en el Golfo de Panamá. Estas actividades incrementan el aporte de sedimentos, nutrientes y otros contaminantes hacia los ecosistemas costeros, modificando las condiciones ambientales y favoreciendo procesos de eutrofización en sectores específicos. Aunque buena parte del Darién mantiene un bajo grado de intervención, la elevada presión antrópica existente en el Golfo de Panamá justifica considerar una presión regional alta y asignar un puntaje de 4.

6. Existencia de regulaciones y normativa ambiental. Puntaje: 3

El área cuenta con un sólido marco jurídico sustentado por la Ley General de Ambiente, la Ley 304 de protección de arrecifes coralinos, la legislación pesquera nacional y diversas áreas protegidas, entre ellas el Refugio de Vida Silvestre Isla Taboga, el Archipiélago de Las Perlas y el Parque Nacional Darién, declarado Patrimonio Mundial por la UNESCO. No obstante, la amplitud del territorio marino, la intensidad de las actividades económicas y las limitaciones de

vigilancia dificultan una fiscalización completamente efectiva. En consecuencia, se considera apropiado asignar un puntaje de 3.

7. Patrones de circulación oceánica que favorecen la migración o retención de organismos asociados a la ciguatera. Puntaje: 2

La oceanografía del Golfo de Panamá está fuertemente influenciada por la surgencia estacional inducida por los vientos alisios, las mareas de gran amplitud y una intensa mezcla vertical, condiciones que favorecen una elevada renovación de las masas de agua durante la estación seca. Estas características contrastan con la circulación más estable del Golfo de Chiriquí y reducen la probabilidad de retención prolongada de organismos bentónicos o de propágulos asociados a *Gambierdiscus*. Aunque existen bahías e islas que pueden generar recirculaciones locales, la evidencia disponible indica que, a escala regional, predominan procesos de dispersión y renovación del agua más que de acumulación persistente. Por otra parte, el giro ciclónico que domina la circulación en el golfo de Panamá trae aguas de Suramérica donde la ciguatera hasta el momento no es un problema. En consecuencia, la probabilidad de que se establezcan poblaciones de dinoflagelados bentónicos asociados a la ciguatera es relativamente baja y justifica un puntaje de 2.

Considerando que el porcentaje de ponderación por criterio es: criterio 1 = 0.25; criterio 2 = 0.10; criterio 3 = 0.15; criterio 4 = 0.20; criterio 5 = 0.10; criterio 6 = 0.05 y criterio 7 = 0.15. Se calculó el índice IRFAN según la siguiente ecuación: $(\text{Criterio } 1 \times 0.25) + (\text{criterio } 2 \times 0.10) + (\text{criterio } 3 \times 0.15) + (\text{criterio } 4 \times 0.20) + (\text{criterio } 5 \times 0.10) + (\text{criterio } 6 \times 0.05) + (\text{criterio } 7 \times 0.15)$.

Cálculo del índice CRI usando los puntajes de ponderación asignados previamente:

- Criterio 1 (microalgas bentónicas asociadas): $2 \times 0.25 = 0.50$
- Criterio 2 (substratos): $2 \times 0.10 = 0.20$
- Criterio 3 (especies vectores): $3 \times 0.15 = 0.45$
- Criterio 4 (reportes epidemiológicos): $1 \times 0.20 = 0.20$
- Criterio 5 (actividades productivas costeras): $4 \times 0.10 = 0.40$
- Criterio 6 (regulación/normativa): $3 \times 0.05 = 0.15$
- Criterio 7 (circulación oceánica): $2 \times 0.15 = 0.30$

Suma total:

$$0.50 + 0.20 + 0.45 + 0.20 + 0.40 + 0.15 + 0.30 = 2.20$$

Interpretación

- **1.6 – 3.0 → Riesgo medio:** Existen factores ecológicos y antrópicos que favorecen el riesgo, aunque sin evidencia contundente de brotes frecuentes.

DISCUSIÓN

La estimación del índice de riesgo de ciguatera mostró diferencias entre las dos zonas evaluadas del Pacífico panameño. El Golfo de Chiriquí (PTY-3) presentó un CRI de 3.20, muy superior al valor de 2.20 registrado para el Pacífico Este (PTY-4). Esta diferencia sugiere una mayor coincidencia de factores ecológicos y biológicos favorables para la ocurrencia potencial de ciguatera en PTY-3, principalmente por la evidencia regional de la presencia de dinoflagelados asociados con el síndrome, la disponibilidad de sustratos bentónicos y la elevada representación de especies de peces potencialmente vectores. Por otra parte, aunque PTY-4 mostró una mayor

presión de actividades productivas costeras, la menor disponibilidad de hábitats apropiados, el afloramiento estacional y los patrones de circulación dominantes, reducen la probabilidad de que se establezcan asentamientos de bentónicos de ciguatera.

La interpretación de los valores de riesgo debe considerar que la ciguatera es un fenómeno complejo, determinado no solo por la presencia de *Gambierdiscus* y *Fukuyoa*, sino también por la composición específica de sus comunidades, la toxicidad de las cepas, la disponibilidad de sustratos, los patrones de circulación y retención y los mecanismos de transferencia de ciguatoxinas a través de la red trófica. Diversos estudios han demostrado diferencias importantes en toxicidad entre especies y cepas, por lo que una mayor abundancia de *Gambierdiscus* no implica necesariamente un mayor riesgo toxicológico (Litaker et al., 2010, 2017; Perkins et al., 2024). Más recientemente, Smith et al. (2026) demostraron que, para explicar la presencia de ciguatoxinas en peces, puede ser más importante la composición específica de la comunidad que la abundancia total del género.

Para PTY-3, resulta especialmente relevante el registro de *Gambierdiscus* en Isla del Coco, Costa Rica, que confirma la presencia del género en el Pacífico Tropical Oriental (Vargas-Montero et al., 2012). Asimismo, la documentación de casos de ciguatera y especies de *Gambierdiscus* potencialmente tóxicas en México amplía la evidencia de que el fenómeno puede presentarse en el Pacífico oriental (Núñez-Vázquez et al., 2019; Fernández-Herrera et al., 2024). Sin embargo, estos antecedentes regionales no demuestran directamente la presencia de *Gambierdiscus* en el Golfo de Chiriquí o en el Golfo de Panamá, por lo que el índice debe interpretarse como una evaluación del riesgo potencial y no como confirmación de la ocurrencia local de ciguatera.

La mayor disponibilidad de arrecifes, fondos rocosos, escombros coralinos y macroalgas en PTY-3 también contribuye a explicar el mayor valor del índice, debido a que estos organismos son epibentónicos y utilizan diversos sustratos para su establecimiento. En PTY-4 predominan ambientes estuarinos, manglares y fondos blandos, con arrecifes más discontinuos, lo que reduce la disponibilidad relativa de hábitats adecuados. De manera similar, PTY-3 presentó una elevada representación de familias de peces potencialmente vectores, entre ellas Lutjanidae, Serranidae, Carangidae, Sphyrnidae, Balistidae y Muraenidae. La importancia de algunos de estos grupos ha sido confirmada en casos de ciguatera del Pacífico mexicano, particularmente en pargos y meros (Núñez-Vázquez et al., 2019).

La ausencia de brotes documentados en ambas zonas del Pacífico no necesariamente indica ausencia de riesgo, ya que la ciguatera puede estar sub diagnosticada y sub notificada no solo debido a la amplia variabilidad de los síntomas sino también por la limitada disponibilidad de métodos analíticos para confirmar los casos (Friedman et al., 2017; Perkins et al., 2024). Por esta razón, valores epidemiológicos bajos deben interpretarse como insuficiencia de información y no como demostración de la ausencia del fenómeno.

Las diferencias oceanográficas entre ambos golfos también pueden influir en el riesgo. El Golfo de Panamá presenta una intensa surgencia estacional, mientras que el Golfo de Chiriquí mantiene condiciones relativamente más cálidas y estables, características que pueden generar respuestas ecológicas distintas en las comunidades bentónicas (Randall et al., 2020; Rodríguez-Ruano et al., 2023). No obstante, todavía no existe evidencia suficiente para demostrar transporte regular o retención persistente de *Gambierdiscus* entre localidades del Pacífico Oriental Tropical.

Los resultados indican que PTY-3 debería ser considerada una región prioritaria para el monitoreo de ciguatera en el Pacífico panameño. El índice de riesgo para ciguatera debe utilizarse como una herramienta de identificación y priorización de áreas potencialmente vulnerables, que posteriormente debe validarse mediante muestreos periódicos de bentónicos de ciguatera como *Gambierdiscus*, *Fukuyoa* y ahora *Ostreopsis*, identificación molecular de especies y análisis de ciguatoxinas en peces de importancia pesquera.

CONCLUSIÓN

La aplicación del índice de riesgo de ciguatera (CRI) mostró diferencias entre las dos zonas evaluadas del Pacífico panameño. El Golfo de Chiriquí (PTY-3) obtuvo un IRC de 3.20, mientras que para el Pacífico Este (PTY-4) fue de 2.20, con una diferencia de 1.0 unidades entre ambas zonas. En PTY-3, los mayores puntajes correspondieron a la presencia de dinoflagelados bentónicos asociados con ciguatera en áreas cercanas y a la presencia de especies que puedan actuar como potenciales vectores de la intoxicación. Aunque los patrones de circulación pueden favorecer la migración de organismos desde zonas cercanas, no hay evidencia que indique estos patrones ocurren de manera regular y consistente. Por otra parte, las condiciones en PTY-4 no son favorables al establecimiento de bentónicos de ciguatera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chinain, M., Gatti, C. M. i., Darius, H. T., Quod, J. P., & Tester, P. A. (2021). Ciguatera poisonings: A global review of occurrences and trends. *Harmful Algae*, 102, 101873. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2020.101873>
- Fernández-Herrera, L. J., Núñez-Vázquez, E. J., Hernández-Sandoval, F. E., Ceseña-Ojeda, D. O., García-Davis, S., Teles, A., Virgen-Félix, M., & Tovar-Ramírez, D. (2024). Morphological, toxicological, and biochemical characterization of two species of *Gambierdiscus* from Bahía de La Paz, Gulf of California. *Marine Drugs*, 22(9), 422. <https://doi.org/10.3390/md22090422>
- Friedman, M. A., Fernandez, M., Backer, L. C., Dickey, R. W., Bernstein, J., Schrank, K., Kibler, S., Stephan, W., Gribble, M. O., Bienfang, P., Bowen, R. E., & Degrasse, S. (2017). An updated review of ciguatera fish poisoning: Clinical, epidemiological, environmental, and public health management. *Marine Drugs*, 15(3), 72. <https://doi.org/10.3390/md15030072>
- Litaker, R. W., Vandersea, M. W., Faust, M. A., Kibler, S. R., Nau, A. W., Holland, W. C., Chinain, M., Holmes, M. J., & Tester, P. A. (2010). Global distribution of ciguatera causing dinoflagellates in the genus *Gambierdiscus*. *Toxicon*, 56(5), 711–730. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2010.05.017>
- Litaker, R. W., Holland, W. C., Hardison, D. R., Pisapia, F., Hess, P., Kibler, S. R., & Tester, P. A. (2017). Ciguatoxicity of *Gambierdiscus* and *Fukuyoa* species from the Caribbean and Gulf of Mexico. *PLOS ONE*, 12(10), e0185776. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185776>
- Núñez-Vázquez, E. J., Almazán-Becerril, A., López-Cortés, D. J., Heredia-Tapia, A., Hernández-Sandoval, F. E., Band-Schmidt, C. J., Bustillos-Guzmán, J. J., Gárate-Lizárraga, I., García-Mendoza, E., Salinas-Zavala, C. A., & Cordero-Tapia, A. (2019). Ciguatera in Mexico (1984–2013). *Marine Drugs*, 17(1), 13. <https://doi.org/10.3390/md17010013>
- Perkins, J. C., Zenger, K. R., Liu, Y., & Strugnell, J. M. (2024). Ciguatera poisoning: A review of the ecology and detection methods for *Gambierdiscus* and *Fukuyoa* species. *Harmful Algae*, 139, 102735. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2024.102735>

Revista Colegiada de Ciencia. Vol.8, N°1, octubre 2026 – marzo 2027, ISSN 2710-7434

- Randall, C. J., Toth, L. T., Leichter, J. J., Maté, J. L., & Aronson, R. B. (2020). Upwelling buffers climate change impacts on coral reefs of the eastern tropical Pacific. *Ecology*, 101(2), e02918. <https://doi.org/10.1002/ecy.2918>
- Rodriguez-Ruano, V., Toth, L. T., Enochs, I. C., Randall, C. J., & Aronson, R. B. (2023). Upwelling, climate change, and the shifting geography of coral reef development. *Scientific Reports*, 13, 1770. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-28489-0>
- Smith, K. F., Rhodes, L. L., Curley, B., Verma, A., Kohli, G., Harwood, D. T., Murray, J. S., Viallon, J., Darius, H. T., Chinain, M., Rongo, T., Hosking, J., Argyle, P. A., Stuart, J., & Murray, S. A. (2026). Risk of ciguatoxins is shaped by *Gambierdiscus* community structure. *PLOS ONE*, 21(1), e0341899. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0341899>
- Vargas-Montero, M., Morales, A., & Cortés, J. (2012). Primer informe del género *Gambierdiscus* (Dinophyceae) y otros dinoflagelados bentónicos en el Parque Nacional Isla del Coco, Costa Rica, Pacífico Tropical Oriental. *Revista de Biología Tropical*, 60(Suppl. 3), 187–199. <https://doi.org/10.15517/rbt.v60i3.28361>
- Yepes, L. (2025). *Estimación de un índice de riesgo de ciguatera para el Pacífico y el Caribe de Panamá* [Tesis de maestría, Universidad de Panamá]. Repositorio Institucional de la Universidad de Panamá. <https://up-rid.up.ac.pa/11045/>