Innovaciones en Contextos Emergentes:

Economía, Inteligencia Artificial, Educación y



gaia Grupo Editorial
ingeedit EDITORIAL
Facultad de Ciencias Básicas
Red Riet
Red Interuniversitaria para la Investigación, Emprendimiento, Innovación y la Transferencia de Conocimiento

Innovaciones en Contextos Emergentes:

Economía, Inteligencia Artificial, Educación y Desarrollo Sostenible

Editora

Sandra Patricia Rodríguez Lamus

gaia Grupo Editorial | ingeedit EDITORIAL

Facultad de Ciencias Básicas

Red Riet
Red Interuniversitaria para la Investigación, Emprendimiento, Innovación y la Transferencia de Conocimiento

Innovaciones en Contextos Emergentes:

Economía, Inteligencia Artificial, Educación y Desarrollo Sostenible

ISBN Digital: 978-628-02-4818-9

Primera edición: Bogotá, julio de 2026

Editora: Sandra Patricia Rodríguez Lamus

Grupo Editorial Gaia – IngeEdit Editorial
ingeeditorial@gmail.com

Red RIET Red Interuniversitaria para la Investigación, Emprendimiento, Innovación y la Transferencia de Conocimiento

Dirección editorial y producción

Grupo Editorial Gaia – IngeEdit Editorial

Editora: Sandra Patricia Rodríguez Lamus

ingeeditorial@gmail.com

Esta obra fue dictaminada por el sistema de Pares a «Doble Ciego», por un comité científico Interinstitucional integrado por evaluadores de diferentes instituciones.

Todos los derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida total ni parcialmente o trasmitida por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sin el permiso previo de la editorial.

Para citar como, sistema APA 7.0:
Rodríguez Lamus, S. P. (Ed.). (2026). *Innovaciones en contextos emergentes: Economía, inteligencia artificial, educación y desarrollo sostenible*. Grupo Editorial Gaia – IngeEdit Editorial.

Para citar como, sistema MLA 9.0:
Rodríguez Lamus, Sandra Patricia, editora. *Innovaciones en Contextos Emergentes: Economía, Inteligencia Artificial, Educación y Desarrollo Sostenible*. Grupo Editorial Gaia – IngeEdit Editorial, 2026.

Para citar como, sistema Chicago (17.ª ed., estilo autor-fecha):
Rodríguez Lamus, Sandra Patricia, ed. 2026. *Innovaciones en Contextos Emergentes: Economía, Inteligencia Artificial, Educación y Desarrollo Sostenible*. Bogotá: Grupo Editorial Gaia – IngeEdit Editorial.

Para citar como, sistema IEEE:
S. P. Rodríguez Lamus, Ed., *Innovaciones en Contextos Emergentes: Economía, Inteligencia Artificial, Educación y Desarrollo Sostenible*. Bogotá, Colombia: Grupo Editorial Gaia – IngeEdit Editorial, 2026.

JUNTA DIRECTIVA

Dra. Bertha Alicia Arce Castro

Presidenta

Red Interuniversitaria para la Investigación, Emprendimiento, Innovación y la Transferencia de Conocimiento

Dra. Nora María Bonilla Hernández

Directora Ejecutiva

Capítulo México

Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz México

Dra. Ana María Casnatti

Directora Ejecutiva

Capítulo Uruguay

Universidad de la República, República Oriental de Uruguay

Dr. Oscar René Martínez Mesa

Director Ejecutivo

Capítulo Colombia

Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Colombia

Lista de autores y capítulos

Autor	Capítulo
Aguilar-Arias Jaime	4
Alonso Ramírez Karina	1, 19
Alonso Ramírez Lorena	19
Alonso Ramírez Óscar	19
Altamar Consuegra Astrid	4
Álvarez Martínez José Luis	24
Amezcua García Eva Leticia	1
Aponte Vargas Daniela	13
Azouri Miranda José Eduardo	2
Barbosa Guerrero Lugo Manuel	27
Bastidas Suárez Astrid	17
Beltrán Guerra León Felipe	2, 15
Bohórquez Barbosa Kelly Maritza	34
Bohórquez Barbosa Yenny Carolina	34
Bonilla Hernández Nora María	32
Bretón Arredondo José Luis	2, 15
Bustos Castañeda Henry Yecid	31
Camargo Torres Luis Hernando	34
Campo Espinosa César	12
Carrillo Cruz Carlos Enrique	8
Casnati Guberna Ana María	20
Castro Molina Susan Lorena	31
Caycedo Lozano Liliana	29
Chama Beristáin Gloria Leticia	24, 33
Cruz Bastidas John Pablo	3
Díaz Pulido José Martin	6, 11, 15, 22

Diego Tamayo Yeisson	22
Dueñas Peña Alex	12
Duque Gaitán Mario	18
Espitia-Zambrano Pedro Enrique	14
Estupiñán Torres Sandra Mónica	31
García Quintero Nataly Carolina	9
García Rodríguez Leidy Beatriz	28
Gómez Galindo Nohora Beatriz	31
Gutiérrez Cuervo Manuel Alejandro	28
Gutiérrez Huertas Heidy Tatiana	17
Guzmán Ramos Helber Ferney	13
Heredia Viveros Nohora Ligia	16
Herrera Bernal Dayan	26
Jaimes Cáceres Eulalia	13
Jiménez Carlos	23
Karachas Diego	6, 22
Lagos Bayona Francisco Javier	31
Lira Hernández Liliana	1
López Ordóñez Diego Alejandro	18
Lozano Ramiro A.	25
Martínez Amado Wilson Enrique	18
Martínez de la Peña Marisol	7
Martínez Ladino Oscar Orlando	27
Martínez Mesa Oscar René	7, 10
Méndez Hincapié Néstor Fernando	30
Morales Torres Germán Ignacio	12
Osorio López Carolina	31
Palacios Rozo Jairo Jamith	3, 10, 13
Pérez Amezcua Milagros	1

Pineda Suárez Jairo Andrés	7
Pinzón Rueda Wilson Alexander	4, 11
Quintero Martínez Steven Felipe	6
Ramírez Valencia Astrid	8
Redondo Johan Manuel	21
Rey-González Rafael Ramón	5
Rivera Bonilla Emiliano	32
Rivera Velázquez Juan Eloy	32
Rodríguez Colmenares Claudia Marleny	17
Rodríguez Mejía Yordan Daniel	31
Rodríguez Parra Elías	9
Rodríguez-Lamus Sandra Patricia	14
Romero Garibello Julián Ricardo	3, 10
Rueda Prieto John Alexander	27
Sampieri Croda Maité María Teresa	33
Sanabria Escamilla Diana Rocío	13
Sánchez Moreno Florinda	31
Suárez Pinilla Jorge Giovany	9
Torres López Martha Cecilia	28
Trujillo Suárez Diana Marcela	29

Tabla de contenido

Presentación.....10

Introducción.....12

Capítulo 1.....14
Narrativas digitales de sostenibilidad: análisis de estrategias comunicativas en organizaciones mexicanas

Capítulo 2.....33
¿Homo sapiens? Ensayo sobre la inteligencia humana y sus implicaciones en la investigación educativa y la sostenibilidad

Capítulo 3.....50
Percepción de la ética empresarial en el comportamiento de compensación a los empleados un contraste bayesiano Binomial

Capítulo 4.....67
Bioplásticos de residuos cítricos: desarrollo y enfoque sostenible

Capítulo 5.....87
Mecánica cuántica: 100 años de mitos, leyendas y tecnologías

Capítulo 6.....103
Uso de la inteligencia artificial generativa como herramienta de estudio en estudiantes universitarios en la ciudad de Bogotá D.C.: Análisis de su impacto académico

Capítulo 7.....122
Inteligencia artificial en el sector público de América Latina y el Caribe: lecciones aprendidas y hoja de ruta para la acción gubernamental

Capítulo 8.....149
Incidencia de la Inteligencia Artificial en la Formación de los Docentes de Inglés para el Futuro

Capítulo 9.....166

Juego de roles como estrategia pedagógica en cursos de contratación pública: guía bilingüe para educación superior

Capítulo 10 186
Contraste T bayesiano para una Muestra en la cultura organizacional de Hofstede

Capítulo 11 198
Modelado de Procesos y su Articulación con Logística e Inteligencia Artificial en el sector de la manufactura en Colombia

Capítulo 12 223
Relación entre la adquisición del conocimiento del cliente y la gestión estratégica de la cadena de valor en las organizaciones Bogotanas

Capítulo 13 246
Propuesta de dimensiones de sostenibilidad turística en el contexto colombiano

Capítulo 14 258
Patrimonio de Paz y Dividendos Económicos en territorios de postconflicto: Análisis Comparativo en la Creación de Empleo y Multiplicadores Turísticos en Colombia y Bosnia-Herzegovina

Capítulo 15 280
Modelos de Inteligencia Artificial para la gestión de procesos logísticos en redes de valor

Capítulo 16 313
De la resistencia a la co-creación: integración de la Inteligencia Artificial en la educación media desde la EDS en la Sabana de Occidente

Capítulo 17..... 333
Competencias digitales para la educación superior en Colombia: una plataforma ecosistémica por áreas OCDE frente a la automatización

Capítulo 18 343
Influencia de las Tecnologías Digitales en el Comportamiento de Compra en Tiendas de Bogotá

Capítulo 19 358
Incorporación de la Inteligencia Artificial al Proceso de Reclutamiento

Capítulo 20..... 376
Cartografías de la interactividad en Ambientes Multirreferenciales de Aprendizaje

Capítulo 21 395
Cinco Pilares de las Ciudades Inteligentes

Capítulo 22 407

Proyecto de modelos analógicos de marketing digital aplicados con inteligencia artificial

Capítulo 23 437
Excitones oscuros en la interacción radiación materia

Capítulo 24 448
Humanismo vs mercantilismo: la batalla por los valores en la era digital

Capítulo 25 463
La cobertura vegetal en las ciudades

Capítulo 26 475
La realidad aumentada como mediación emergente en los procesos de investigación científica en la educación superior

Capítulo 27 484
Cultura del emprendimiento en la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca

Capítulo 28 495
LATI 4.0 - Herramientas de la industria 4.0 para la innovación y la Investigación en la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca

Capítulo 29 505
Educar para transformar: La alfabetización ambiental en la primera infancia, como pilar del futuro planetario

Capítulo 30 517
Revisión sistemática sobre la enseñanza a nivel introductorio del concepto de dualidad onda-partícula

Capítulo 31 569
Relación entre patologías estructurales y hongos en viviendas patrimoniales de Bogotá: efectos en la habitabilidad, salud y conservación en el marco del cambio climático

Capítulo 32 578
FIDECOAGUA, modelo de gestión hídrica sustentable y pionero en el pago por servicios ambientales

Capítulo 33 591
Orientación pedagógica para el fomento del aprendizaje en estudiantes universitarios

Capítulo 34 613
Documento de Diseño Estratégico de un Modelo de Negocio Financiero Innovador para Instituciones de Educación Superior (IES)

Presentación

La transformación acelerada de la sociedad contemporánea exige nuevas formas de comprender y responder a los desafíos que plantean la inteligencia artificial, la sostenibilidad, la economía digital y la innovación educativa. En este escenario, Innovaciones en Contextos Emergentes: Economía, Inteligencia Artificial, Educación y Desarrollo Sostenible constituye una obra colectiva que reúne aportes de investigadores nacionales e internacionales comprometidos con la generación de conocimiento pertinente para enfrentar los retos del siglo XXI.

A lo largo de treinta y cuatro capítulos, el libro presenta investigaciones, estudios de caso, desarrollos metodológicos y reflexiones teóricas que evidencian la riqueza del trabajo interdisciplinario y la capacidad de la investigación científica para ofrecer soluciones innovadoras a problemas complejos. Los textos abarcan áreas tan diversas como la educación superior, la transformación digital, la inteligencia artificial, la sostenibilidad ambiental, la gestión organizacional, el emprendimiento, las ciudades inteligentes, el marketing, la logística, las ciencias básicas y las políticas públicas, demostrando que la innovación surge del diálogo entre disciplinas y del trabajo colaborativo.

La diversidad temática y metodológica de esta publicación refleja el compromiso de las instituciones y autores participantes con una investigación de alto impacto, orientada no solo a la producción académica, sino también a la transformación social, el fortalecimiento institucional y el desarrollo sostenible. Cada capítulo aporta evidencias, modelos, herramientas y experiencias que pueden servir de referencia para investigadores, docentes, estudiantes, directivos, empresarios y responsables de la formulación de políticas públicas.

Esta obra también evidencia el creciente papel de la inteligencia artificial y de las tecnologías emergentes como catalizadores de nuevos modelos educativos, económicos y científicos, al tiempo que invita a reflexionar sobre sus implicaciones éticas, sociales y humanísticas. De esta manera, el libro

promueve una visión equilibrada en la que el avance tecnológico se articula con los principios de sostenibilidad, inclusión, innovación responsable y generación de valor para la sociedad.

Esperamos que esta publicación se convierta en un referente para la comunidad académica iberoamericana y contribuya a fortalecer redes de cooperación científica, estimular nuevas investigaciones interdisciplinarias y promover iniciativas que permitan construir organizaciones, territorios y sistemas educativos más inteligentes, sostenibles y resilientes. Cada uno de los capítulos constituye una invitación a comprender los desafíos del presente y a participar activamente en la construcción de soluciones innovadoras para el futuro “

Dra Bertha Alicia Arce Castro

Presidenta

Red RIET Red Interuniversitaria para la Investigación, Emprendimiento, Innovación y la Transferencia de Conocimiento

Introducción

La acelerada transformación tecnológica, los retos ambientales y las nuevas dinámicas sociales están redefiniendo la manera en que comprendemos el desarrollo, la educación, la economía y la innovación. En este contexto, la inteligencia artificial, la digitalización y la sostenibilidad han dejado de ser conceptos independientes para convertirse en ejes estratégicos del progreso científico, empresarial y gubernamental.

Innovaciones en Contextos Emergentes: Economía, Inteligencia Artificial, Educación y Desarrollo Sostenible reúne investigaciones que analizan estas transformaciones desde una perspectiva interdisciplinaria. A través de estudios teóricos, aplicaciones prácticas y casos de investigación, esta obra explora cómo las tecnologías emergentes están impactando la gestión organizacional, la educación, las políticas públicas, el marketing, la logística, el turismo, la sostenibilidad ambiental y el desarrollo territorial.

Los capítulos presentan reflexiones sobre temas de gran relevancia, como la comunicación digital para la sostenibilidad, la ética empresarial, la economía circular mediante el aprovechamiento de residuos, la mecánica cuántica y sus aplicaciones, así como el creciente papel de la inteligencia artificial en la educación, la administración pública, la manufactura, la logística, el reclutamiento y la gestión del conocimiento. Del mismo modo, se examinan los desafíos que enfrentan las instituciones educativas para desarrollar competencias digitales, promover metodologías innovadoras de aprendizaje y formar ciudadanos capaces de responder a un entorno cada vez más automatizado.

La obra también incorpora investigaciones relacionadas con el turismo sostenible, el desarrollo de territorios de posconflicto, las ciudades inteligentes, el marketing digital, la realidad aumentada y la conservación ambiental, evidenciando que la innovación solo adquiere verdadero sentido

cuando contribuye al bienestar social, la competitividad y el desarrollo sostenible.

Más que una recopilación de investigaciones, este libro constituye un espacio de diálogo entre distintas disciplinas y enfoques metodológicos. Su propósito es ofrecer a investigadores, docentes, estudiantes, empresarios y responsables de la formulación de políticas públicas herramientas conceptuales y prácticas para comprender los desafíos de los contextos emergentes y aprovechar las oportunidades que ofrecen las nuevas tecnologías con responsabilidad, ética y visión de futuro.

Esperamos que estas contribuciones fomenten nuevas líneas de investigación, impulsen la colaboración interdisciplinaria y sirvan como referente para quienes buscan construir soluciones innovadoras orientadas al desarrollo sostenible y a la transformación de nuestras sociedades.

Los Editores

Capítulo 1

Narrativas digitales de sostenibilidad: análisis de estrategias comunicativas en organizaciones mexicanas

Milagros Pérez Amezcua [1]
Eva Leticia Amezcua García [2]
Karina Alonso Ramírez [3]
Liliana Lira Hernández [4]

Resumen

En el contexto contemporáneo, la sostenibilidad se ha posicionado como un elemento central de la comunicación organizacional, los entornos digitales son espacios en donde las organizaciones construyen narrativas públicas sobre su responsabilidad ambiental y social. Las redes sociales como plataformas institucionales se han convertido en espacios estratégicos para transmitir mensajes que difundan compromisos, logros e iniciativas relacionadas con el desarrollo sostenible, contribuyendo a la construcción de la reputación y legitimidad organizacional. Sin embargo, la visibilidad creciente de estos mensajes y discursos ha producido cuestionamientos sobre la autenticidad y nivel de profundidad de las acciones comunicadas, así como el uso indiscriminado de la sostenibilidad como estrategia de reputación.

La presente investigación tiene como objetivo analizar las narrativas digitales de sostenibilidad que son construidas por organizaciones mexicanas, con el

[1] Universidad Veracruzana, Técnico Académico de Tiempo Completo, milperez@uv.mx
[2] Universidad Veracruzana, Profesor de Tiempo Completo, eamezcua@uv.mx
[3] Universidad Veracruzana, Profesor de Tiempo Completo, kalonso@uv.mx
[4] Universidad EuroHispanoamericana, Catedrática, lira.liliana158@ueh.edu.mx

propósito de identificar las estrategias comunicativas utilizadas para posicionar su compromiso ambiental y social en las plataformas digitales. El estudio se desarrolla mediante un enfoque cualitativo basado en el análisis de contenido y análisis de discurso de publicaciones digitales realizadas por organizaciones mexicanas pertenecientes a sectores con alto impacto ambiental y social.

La contribución de este trabajo radica en ofrecer una aproximación crítica a las estrategias comunicativas sobre sostenibilidad en el contexto mexicano, aportando elementos teóricos y metodológicos que permitan fortalecer el análisis de la comunicación organizacional digital y sus implicaciones en la construcción de la reputación y legitimidad institucional.

Palabras clave: Redes sociales, Sostenibilidad, Narrativas digitales, Estrategias comunicativas, Organizaciones mexicanas

Introducción

La sostenibilidad en el contexto contemporáneo es uno de los ejes centrales en la gestión estratégica de las organizaciones, no es únicamente un conjunto de acciones que se orientan al cuidado del medio ambiente o al bienestar social; la sostenibilidad como eje organizacional se ha transformado en un elemento fundamental para la comunicación organizacional. En este sentido el entorno digital es el más aprovechado y en donde las organizaciones construyen narrativas públicas que pretenden legitimar su actuación frente a sus públicos.

Tanto el desarrollo de las tecnologías en el entorno digital como el crecimiento en el uso de las redes sociales por parte de las organizaciones han modificado la forma en que estas se comunican y exponen mensajes de sus compromisos y acciones. Las plataformas como X, antes Twitter, o Facebook, se han convertido en espacios estratégicos que difunden mensajes relacionados con iniciativas ambientales, políticas corporativas sostenibles y programas sociales. Es mediante estos medios que las organizaciones pretenden construir significados simbólicos que contribuyan a la formación de su identidad institucional y a la consolidación de su reputación.

Esta creciente publicación de discursos vinculados con la sostenibilidad también ha generado cuestionamientos, sobre todo si la sostenibilidad, como

discurso es utilizada como un recurso comunicativo orientado a fortalecer la reputación organizacional, sin que exista en ocasiones, una correspondencia entre el discurso y las acciones, dando lugar a debates en torno a la autenticidad, profundidad y coherencia de las narrativas digitales de sostenibilidad

Este escenario permite analizar críticamente las estrategias comunicativas que las organizaciones utilizan para posicionar su compromiso ambiental y social en plataformas digitales, y el contexto mexicano constituye un ámbito en el que aún existe una limitada sistematización académica sobre este tipo de discursos.

Por lo tanto, se identifica la necesidad de desarrollar estudios que permitan comprender cómo se configuran las narrativas y qué estrategias comunicativas se están utilizando y cuáles son los significados institucionales que se perciben en la construcción de los discursos digitales.

Marco teórico-metodológico

A partir del problema planteado, se formula la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo construyen las organizaciones mexicanas sus narrativas digitales de sostenibilidad y qué estrategias comunicativas utilizan para posicionar su compromiso ambiental y social en plataformas digitales?

Esta pregunta orienta el análisis hacia la identificación de elementos discursivos, recursos visuales y estrategias narrativas que permiten comprender la manera en que la sostenibilidad es representada en los entornos digitales.

Por ende, el objetivo general de esta investigación consiste en:

Analizar las narrativas digitales de sostenibilidad construidas por organizaciones mexicanas, con el propósito de identificar las estrategias comunicativas utilizadas para posicionar su compromiso ambiental y social en plataformas digitales.

Este objetivo permite abordar la sostenibilidad desde una perspectiva comunicativa, reconociendo que los discursos organizacionales no solo son la transmisión de información, sino que también construyen significados sociales y reputacionales.

El estudio de las narrativas digitales de sostenibilidad resulta pertinente tanto desde una perspectiva académica como social.

En el ámbito académico, este trabajo contribuye al fortalecimiento del campo de la comunicación organizacional, particularmente en el entorno digital, integrando enfoques teóricos relacionados con el análisis del discurso, la reputación institucional y la comunicación estratégica.

Por otro lado, desde la perspectiva social, el análisis de los discursos permite comprender cómo las organizaciones representan su compromiso con el entorno y la sociedad, así como identificar posibles tensiones entre la comunicación institucional y las expectativas sociales en materia de sostenibilidad.

De la misma forma, en México, el estudio adquiere relevancia, porque las organizaciones desempeñan un papel fundamental en el desarrollo económico y social, y también enfrentan desafíos relacionados con la gestión ambiental y la responsabilidad social.

Comunicación organizacional digital

La comunicación organizacional ha experimentado transformaciones significativas derivadas de la digitalización y la emergencia de entornos comunicativos interconectados. La noción de ecosistemas digitales, propuesta por Manuel Castells resulta fundamental para comprender la dinámica comunicativa contemporánea. Manuel Castells (2009) sostiene que la sociedad en red redefine las formas de interacción institucional, desplazando los modelos unidireccionales hacia estructuras comunicativas distribuidas y multidireccionales. En estos entornos, las organizaciones dejan de ser emisores únicos para convertirse en nodos activos dentro de redes digitales complejas.

En este escenario, la digitalización ha dado lugar a lo que Henry Jenkins (2008) denomina cultura participativa, caracterizada por la intervención activa de las audiencias en la producción, reinterpretación y circulación de contenidos. Esta participación transforma la relación entre organizaciones y públicos, permitiendo la construcción colectiva de significados y fortaleciendo la interacción simbólica en plataformas digitales.

Por su parte Carlos Scolari (2019) propone el concepto de ecología de medios, entendida como la coexistencia y articulación de múltiples plataformas

digitales que generan nuevas dinámicas comunicativas. En este contexto, la comunicación institucional digital se convierte en una estrategia fundamental para posicionar mensajes organizacionales en entornos híbridos donde convergen diversos formatos y diversas narrativas.

Con todo esto la comunicación organizacional digital puede entenderse como un proceso estratégico que integra tecnología, narrativas y participación social para fortalecer la identidad institucional y consolidar relaciones con públicos diversos.

Narrativas digitales

Las narrativas digitales constituyen un elemento central en la comunicación contemporánea, sobre todo en contextos organizacionales donde la construcción simbólica del discurso adquiere relevancia estratégica.

Desde la perspectiva de Marie-Laure Ryan (2019) quien propone una perspectiva narratológica se plantea que las narrativas digitales amplían las posibilidades expresivas tradicionales al incorporar elementos multimedia, interactividad y estructuras que no son lineales. Con estas características, las organizaciones pueden generar relatos dinámicos los cuales facilitan la comprensión y apropiación de sus valores institucionales en sus públicos.

Asimismo, Walter Fisher (1997) introduce el paradigma narrativo, el cual sostiene que las personas interpretan la realidad mediante historias coherentes y verosímiles. Desde esta perspectiva, el storytelling corporativo se convierte en una herramienta estratégica para transmitir identidad organizacional y construir vínculos emocionales con los públicos.

En el ámbito organizacional, Carlos Scolari (2013) destaca la relevancia de las narrativas transmedia, las cuales permiten la expansión de relatos institucionales a través de múltiples plataformas digitales. Estas narrativas facilitan la construcción de una narrativa organizacional/institucional que sea coherente y adaptable a diferentes formatos, fortaleciendo la visibilidad organizacional y la construcción simbólica del discurso corporativo.

Con estos aportes se puede decir que las narrativas digitales se convierten en una herramienta fundamental para la representación institucional, ya que permiten articular mensajes complejos mediante recursos visuales, audiovisuales y textuales que potencian la comprensión y la interacción con los públicos.

Sostenibilidad y comunicación estratégica

En la gestión organizacional, la sostenibilidad es un eje estratégico consolidado. El concepto de triple resultado desarrollado por John Elkington (2018), establece que las organizaciones deben equilibrar tres dimensiones fundamentales: económica, social y ambiental. Este es uno de los enfoques que ha impulsado la integración de la responsabilidad social corporativa (RSC) como parte central de la gestión institucional.

Por otra parte, en el campo de la comunicación estratégica, James E. Grunig (2003) propone un modelo de comunicación bidireccional simétrica, el cual enfatiza la importancia del diálogo y la retroalimentación entre organizaciones y públicos. Este modelo resulta especialmente relevante en la comunicación de sostenibilidad, donde la transparencia y la participación son elementos clave para fortalecer la confianza institucional.

Coombs (2010) destaca la importancia de la comunicación estratégica en la gestión de la reputación organizacional, particularmente en contextos donde las organizaciones deben responder a demandas sociales relacionadas con la sostenibilidad. Es por esto que la comunicación de sostenibilidad implica no solo informar sobre acciones responsables, sino también construir narrativas que evidencien compromiso institucional y coherencia ética.

Con todo esto, la sostenibilidad se convierte en un componente comunicativo que trasciende la dimensión operativa para integrarse en el discurso organizacional como un elemento identitario y reputacional.

Reputación y legitimidad institucional

La reputación organizacional en la actualidad es un activo intangible necesario en entornos competitivos. Desde esta perspectiva Charles Fombrun (2019) define la reputación como una percepción colectiva que los públicos construyen a partir de acciones y comunicaciones organizacionales; esta percepción se consolida en procesos continuos de interacción simbólica y comunicación estratégica.

Por su parte Mark Suchman (2020) introduce el concepto de legitimidad social, entendida como la percepción generalizada de que las acciones organizacionales son apropiadas dentro de un sistema social de normas y valores. La legitimidad institucional se construye a través de la coherencia entre discurso y práctica aunada a la transparencia informativa.

Tanto la transparencia como la confianza institucional son elementos fundamentales en la construcción de la reputación. Se dice que las organizaciones que comunican de manera clara y verificable sus acciones de sostenibilidad, fortalecen su credibilidad y reducen riesgos reputacionales.

En consecuencia, tanto la reputación como la legitimidad institucional se configuran como resultados estratégicos de la comunicación organizacional, particularmente en entornos digitales donde la visibilidad y la interacción con los públicos son constantes.

Facebook y X como espacios discursivos institucionales

Las redes sociales se han consolidado como espacios estratégicos para la comunicación organizacional contemporánea, plataformas como Facebook y X funcionan como espacios discursivos institucionales, en los cuales las organizaciones producen, distribuyen y negocian significados con sus públicos en tiempo real.

Facebook se caracteriza por facilitar la difusión de contenidos multimedia extensos, como imágenes, videos y textos narrativos, que permiten el desarrollo de relatos institucionales complejos. Por su parte X, se distingue por su naturaleza sintética y su capacidad para generar conversaciones inmediatas, posicionando temas mediante etiquetas, menciones y tendencias discursivas; por esto, ambas plataformas permiten observar cómo las organizaciones configuran discursos sobre sostenibilidad en distintos formatos comunicativos.

En el contexto latinoamericano y mexicano, estas plataformas han adquirido relevancia como espacios donde las organizaciones comunican sus acciones de responsabilidad social corporativa y sostenibilidad ambiental, generando dinámicas de interacción que influyen en la percepción pública y en la legitimidad institucional.

La comunicación organizacional en redes sociales implica la adaptación de estrategias institucionales a entornos digitales caracterizados por la interacción constante y la multiplicidad de formatos comunicativos.

El modelo de comunicación bidireccional simétrica, propuesto por James Grunig, adquiere particular relevancia en plataformas digitales, donde la retroalimentación inmediata permite evaluar la recepción de los mensajes institucionales.

Asimismo, la comunicación organizacional digital incorpora elementos visuales, narrativos y simbólicos que permiten representar acciones institucionales relacionadas con sostenibilidad.

Narrativas digitales de sostenibilidad

Las narrativas digitales de sostenibilidad emergen como resultado de la convergencia entre comunicación organizacional digital, construcción narrativa y estrategias institucionales orientadas a la sostenibilidad.

Desde la perspectiva narrativa propuesta por Walter Fisher, las organizaciones comunican sus valores mediante historias que buscan generar coherencia y credibilidad ante los públicos.

Para efectos del presente estudio, las narrativas digitales de sostenibilidad se definen como:

Conjuntos discursivos multimodales producidos por organizaciones en plataformas digitales, mediante los cuales se representan acciones, valores y compromisos relacionados con sostenibilidad, integrando elementos narrativos, simbólicos y estratégicos orientados a fortalecer la reputación y la legitimidad institucional ante sus públicos.

Para su análisis, las narrativas digitales de sostenibilidad se estructuran en los siguientes componentes:

Dimensión temática: corresponde al contenido principal del mensaje institucional e incluye acciones ambientales, programas sociales, innovación sostenible, responsabilidad económica o compromiso comunitario; esta dimensión permite identificar la orientación temática de las narrativas.

Dimensión narrativa: se refiere a la estructura discursiva del mensaje, incluye la presencia de storytelling, uso de testimonios, representación de actores sociales, uso de secuencia narrativa o elementos simbólicos; esto permite analizar cómo se construyen los relatos institucionales.

Dimensión comunicativa: corresponde a los recursos digitales utilizados, incluye uso de imágenes, videos institucionales, infografías, textos narrativos, hashtags institucionales; esta dimensión permite identificar la forma en que se materializan los discursos institucionales.

Dimensión reputacional: se refiere al posicionamiento institucional asociado a la sostenibilidad, incluye mensajes de transparencia, certificaciones o

reconocimientos, evidencias verificables, declaraciones institucionales o resultados cuantificables; esta dimensión permite analizar la relación entre comunicación y legitimidad organizacional.

El modelo teórico integrador del presente estudio plantea que las narrativas digitales de sostenibilidad emergen de la interacción entre la comunicación organizacional digital, las estructuras narrativas institucionales y las estrategias de comunicación de sostenibilidad. Estas narrativas funcionan como mecanismos simbólicos que influyen en la construcción de la reputación organizacional y en la legitimidad institucional. En este sentido, las plataformas digitales actúan como espacios mediadores donde se configuran discursos que articulan identidad institucional, compromiso social y percepción pública.

Operación teórica y relación con la matriz de codificación

El presente estudio establece una relación directa entre los fundamentos teóricos y las categorías analíticas utilizadas en la matriz de codificación, con el propósito de garantizar la coherencia conceptual y la validez interpretativa del análisis de contenido digital. Cada dimensión teórica se traduce en variables observables que permiten identificar patrones discursivos en las narrativas digitales de sostenibilidad publicadas por las organizaciones analizadas.

A partir de los aportes de Castells, Scolari y Jenkins, se definió la dimensión de comunicación organizacional digital, la cual permite analizar la forma en que las organizaciones utilizan plataformas digitales para construir mensajes institucionales y fomentar la interacción con sus públicos. Esta dimensión se operacionaliza mediante indicadores relacionados con el uso de recursos multimedia, la interacción con audiencias y la circulación de mensajes institucionales en entornos digitales.

Desde la perspectiva narratológica de Ryan, Fisher y Scolari, se estableció la dimensión de narrativas digitales, enfocada en la identificación de estructuras narrativas, recursos simbólicos y estrategias de storytelling corporativo. Esta dimensión permite analizar la construcción discursiva de los mensajes organizacionales y su capacidad para transmitir valores institucionales.

Mediante los aportes de Elkington, Grunig y Coombs se sustenta la dimensión de sostenibilidad y comunicación estratégica orientada al análisis de

contenidos relacionados con responsabilidad social corporativa, acciones ambientales y compromiso institucional; esta dimensión permite identificar la presencia y frecuencia de temas vinculados con sostenibilidad organizacional.

Finalmente, a partir de los planteamientos de Fombrun y Suchman, se definió la dimensión de reputación y legitimidad institucional, la cual permite analizar elementos discursivos asociados con transparencia, confianza institucional y posicionamiento reputacional (Véase tabla 1).

Tabla 1. Traducción teórica a variables observables

Categoría matriz	Concepto teórico	Qué se codifica
Tipo de contenido	Comunicación institucional digital	Imagen, video, texto
Tema principal	Responsabilidad social	Ambiental, social, económica
Estrategia narrativa	Storytelling corporativo	Historia, testimonio, datos
Actor representado	Cultura participativa	Comunidad, empleados
Valor institucional	Construcción simbólica	Compromiso, innovación
Evidencia de transparencia	Legitimidad institucional	Datos, cifras, informes
Elementos reputacionales	Reputación organizacional	Premios, certificaciones
Nivel de interacción	Cultura participativa	Likes, comentarios, compartidos

Marco metodológico

La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque cualitativo, el cual permite comprender de manera profunda los significados simbólicos presentes en los discursos institucionales.

El método principal utilizado es del análisis de contenido, complementado con el análisis de discurso, lo que permite examinar tanto los elementos temáticos como las estructuras narrativas presentes en las publicaciones digitales.

Las unidades de análisis están conformadas por publicaciones digitales institucionales difundidas en plataformas sociales

Las plataformas sociales seleccionadas son X y Facebook; estas plataformas fueron elegidas debido a su uso frecuente en la comunicación institucional y su relevancia en la difusión de contenidos organizacionales.

Facebook constituye una de las plataformas digitales con mayor número de usuarios activos, lo que la posiciona como un espacio estratégico para la difusión de contenidos institucionales dirigidos a audiencias amplias y heterogéneas. Esta plataforma permite la integración de diversos formatos comunicativos, tales como texto, imagen, video e infografía, lo que favorece la construcción de narrativas digitales complejas relacionadas con la sostenibilidad.

Por su parte, X se caracteriza por su naturaleza inmediata y su capacidad para difundir mensajes breves en tiempo real, lo que la convierte en un espacio clave para la comunicación institucional orientada a la actualización constante de información, posicionamientos públicos y respuesta a situaciones emergentes. Asimismo, esta plataforma facilita la interacción directa con los públicos mediante comentarios, menciones y hashtags, lo que permite analizar dinámicas discursivas vinculadas con la reputación organizacional.

El estudio considera publicaciones realizadas durante el periodo comprendido entre los años 2022 y 2024 ya que este intervalo permite observar tendencias recientes en la comunicación digital organizacional.

El estudio se centra en el análisis de cinco organizaciones mexicanas pertenecientes a sectores con alto impacto ambiental y social: Grupo Bimbo, Grupo Herdez, FEMSA, CEMEX y Grupo México, la selección de estas organizaciones se realizó con base en los siguientes criterios: alta presencia digital, comunicación activa sobre sostenibilidad, pertenencia a sectores estratégicos, visibilidad institucional; estas características permiten tener datos representativos para el análisis de narrativas digitales de sostenibilidad.

El sector de alimentos y bebidas se representó con Grupo Bimbo debido a su amplio discurso público sobre sostenibilidad, programas visibles sobre energías renovables y empaques, alta presencia en redes sociales y la frecuente comunicación sobre responsabilidad ambiental.

Grupo Herdez también se consideró en este sector debido al uso de narrativas sobre producción responsable, comunicación sobre impacto ambiental y el uso estratégico de storytelling corporativo.

Por último, en este sector se incluyó a FEMSA debido a que presenta un discurso fuerte sobre sostenibilidad, programas de responsabilidad social y amplia comunicación digital.

El otro sector representativo es el industrial/energético, representado por CEMEX, ya que es una industria con alto impacto ambiental, narrativas públicas sobre reducción de emisiones y amplia documentación digital.

La última organización analizada es Grupo México ya que es un sector con alta sensibilidad social, que presenta narrativas sobre sostenibilidad y responsabilidad social y por ello es interesante para análisis crítico.

El tamaño de muestra por organización es de 20 a 40 publicaciones relacionadas con sostenibilidad, lo que brinda un total entre 100 a 200 publicaciones.

Se utilizaron dos técnicas de análisis principales:

La de análisis de contenido cualitativo que permite identificar temas recurrentes y patrones comunicativos presentes en los mensajes institucionales, centrándose en temáticas, estratégicas y recursos comunicativos.

Y por otro lado la de análisis del discurso la cual permite interpretar significados simbólicos, construcción narrativa y representación institucional.

Matriz de codificación

La matriz de codificación constituye el instrumento central de análisis, se estructura en seis dimensiones analíticas (Véase tablas de la 2 a la 6):

Tabla 2. Dimensión 1 - Temática de sostenibilidad

Categoría	Subcategoría	Definición operacional
Medio ambiente	Energía	Uso eficiente de energía
Medio ambiente	Agua	Gestión responsable del agua
Medio ambiente	Emisiones	Reducción de contaminantes
Responsabilidad social	Comunidad	Apoyo social o comunitario
Innovación sostenible	Tecnología verde	Uso de innovación ambiental
Producción responsable	Cadena productiva	Procesos sostenibles

Fuente: elaboración propia

Tabla 3. Dimensión 2 - Estrategias comunicativas

Categoría	Subcategoría	Definición operacional
Narrativa institucional	Informativa	Comunicación descriptiva
Storytelling	Narrativa emocional	Uso de historias
Comunicación persuasiva	Llamado a la acción	Mensajes que promueven conducta
Comunicación educativa	Sensibilización	Contenido formativo

Fuente: elaboración propia

Tabla 4. Dimensión 3 – Recursos discursivos

Categoría	Subcategoría	Definición operacional
Datos	Cifras	Información cuantitativa
Testimonios	Voces humanas	Declaraciones personales
Lenguaje técnico	Terminología	Uso de conceptos especializados
Lenguaje emocional	Expresividad	Uso de emociones
Promesas	Compromisos	Declaraciones institucionales

Fuente: elaboración propia

Tabla 5. Dimensión 4 – Recursos visuales

Categoría	Subcategoría	Definición operacional
Imagen	Fotografía	Imagen institucional
Gráfico	Infografía	Visualización de datos
Audiovisual	Video	Contenido multimedia
Iconografía	Símbolos	Representaciones visuales
Naturaleza	Elementos naturales	Representación ambiental

Fuente: elaboración propia

Tabla 6. Dimensión 5 – Enfoque reputacional

Categoría	Subcategoría	Definición operacional
Legitimidad	Reconocimiento	Validación institucional
Transparencia	Rendición	Comunicación abierta
Responsabilidad	Compromiso	Responsabilidad social
Posicionamiento	Imagen	Proyección institucional

Fuente: elaboración propia

Tabla 7. Dimensión 6 – Nivel de profundidad comunicativa

Categoría	Definición operacional
Declarativo	Solo menciona intención
Informativo	Describe acción
Evidencial	Presenta datos verificables
Transformacional	Evidencia impacto

Fuente: elaboración propia

El instrumento utilizado consiste en una ficha de análisis estructurada, diseñada para registrar información sistemática en cada publicación.

Resultados

Se analizaron 250 publicaciones digitales correspondientes a cinco organizaciones mexicanas pertenecientes a sectores con alto impacto ambiental y social, cada organización aportó un total de 50 publicaciones, recopiladas en las plataformas de X y Facebook durante el periodo 2022-2024.

Del total de publicaciones analizadas, 38% correspondieron a X y 62% a Facebook, reflejando la preferencia de las organizaciones por plataformas visuales para comunicar iniciativas relacionadas con sostenibilidad.

Los resultados en la temática de sostenibilidad muestran que el enfoque ambiental constituye la temática predominante, particularmente en mensajes relacionados con: reducción de emisiones, uso eficiente de recursos, reciclaje y energías renovables.

Sin embargo, la presencia de contenidos relacionados con educación ambiental fue considerablemente menos, lo que sugiere una tendencia hacia la comunicación de logros institucionales más que hacia procesos educativos dirigidos a los públicos.

Analizando las estrategias comunicativas se identificaron distintas estrategias narrativas utilizadas por las organizaciones. La narrativa institucional fue la predominante, caracterizada por mensajes formales que destacan logros organizacionales y compromisos corporativos; el uso de storytelling corporativo evidenció la incorporación de narrativas humanas, particularmente mediante personas o comunidades beneficiadas.

No obstante, la comunicación educativa presentó baja frecuencia, lo que sugiere una limitada orientación hacia la sensibilización social.

Para la categoría de recursos discursivos se identificaron diversos elementos lingüísticos utilizados para fortalecer los mensajes institucionales, el uso frecuente de datos y cifras indica una estrategia orientada a generar credibilidad institucional.

Sin embargo, el uso limitado de testimonios sugiere una menor incorporación de voces humanas en la construcción narrativa.

Los recursos visuales constituyeron un componente central en las narrativas digitales, las fotografías institucionales fueron el recurso visual más frecuente, particularmente aquellas que muestran instalaciones, procesos productivos, colaboradores, el uso de video evidenció una tendencia creciente hacia formatos audiovisuales que permiten narrativas más complejas.

Por otra parte, se identificaron patrones claros en la construcción reputacional, la responsabilidad corporativa fue el enfoque predominante, evidenciando una intención clara de posicionar a las organizaciones como actores responsables.

Sin embargo, la transparencia presentó menor frecuencia, lo que podría indicar una limitada divulgación de información detallada sobre procesos y resultados.

La dimensión que refiere al nivel de profundidad comunicativa permitió evaluar la calidad informativa de las narrativas, con un predominio del nivel declarativo que sugiere que muchas publicaciones se centran en declaraciones institucionales que no cuentan con evidencia verificable.

El bajo porcentaje de contenidos transformacionales indica una limitada comunicación de impactos medibles.

A partir del análisis integral se identificaron cinco hallazgos principales:

I. Predominio de narrativas institucionales centradas en logros organizacionales
II. Uso estratégico de datos como mecanismo de legitimación
III. Limitada presencia de contenidos educativos
IV. Alta dependencia de recursos visuales institucionales
V. Predominio de discursos declarativos sobre evidencias

Discusión

Los resultados obtenidos permiten reflexionar sobre el papel de las narrativas digitales en la construcción de la reputación organizacional y la legitimidad.

En primer lugar, el predominio de temáticas ambientales, confirma que el papel estratégico de la sostenibilidad en la comunicación corporativa es predominante. Las organizaciones utilizan estos discursos como herramientas para proyectar compromiso social y fortalecer su posicionamiento institucional.

Así mismo, el uso recurrente de datos y cifras coincide con lo planteado por Fombrun y Van Riel (2004) sobre la importancia de la credibilidad informativa en la construcción reputacional. La incorporación de evidencia cuantitativa permite generar confianza y fortalecer la percepción de transparencia.

Sin embargo, la presencia significativa de contenidos declarativos sugiere la posible existencia de prácticas comunicativas simbólicas, lo que se relaciona con el concepto de greenwashing. Esta situación plantea la necesidad de fortalecer mecanismos de verificación y rendición de cuentas en la comunicación institucional.

Por otra parte, la limitada presencia de contenidos educativos evidencia una oportunidad para desarrollar estrategias comunicativas más orientadas a la sensibilización social.

Finalmente, los resultados confirman que las narrativas digitales constituyen herramientas fundamentales para la construcción de legitimidad institucional desde la perspectiva del análisis del discurso.

Conclusiones

El estudio permitió identificar patrones narrativos relevantes en la comunicación digital de sostenibilidad desarrollada por organizaciones mexicanas.

Se evidenció que las narrativas digitales están orientadas principalmente a destacar logros institucionales, lo que contribuye a la construcción de una imagen organizacional positiva.

También se observó que las estrategias comunicativas se apoyan ampliamente en recursos visuales y en el uso de datos cuantitativos, lo que fortalece la credibilidad institucional

Sin embargo, el predominio de discursos declarativos evidencia la necesidad de fortalecer prácticas comunicativas basadas en evidencia verificable.

Asimismo, los resultados sugieren que la comunicación organizacional sobre sostenibilidad debe evolucionar hacia modelos más participativos y educativos que permitan involucrar activamente a los públicos.

En este sentido, el análisis de narrativas digitales constituye una herramienta valiosa para comprender la relación entre comunicación institucional y legitimidad social.

Entre las principales limitaciones del estudio, se identificaron tres, un enfoque cuantitativo limitado a dos plataformas digitales, un número restringido de organizaciones analizadas y la dependencia de información pública disponible.

El análisis de las narrativas digitales de sostenibilidad en organizaciones mexicanas constituye una línea de investigación pertinente y necesaria para comprender las transformaciones actuales en la comunicación organizacional y su impacto en la construcción de legitimidad social.

Referencias bibliográficas

Álvarez, J. T. (2012). Manejo de la comunicación organizacional. Madrid: Díaz de Santos.

Bardin, L. (2002). Análisis de contenido. Akal

Capriotti, P. (2009). Branding corporativo: Fundamentos para la gestión estratégica de la identidad corporativa. Colección Libros de la Empresa.

Capriotti, P. (2013). Planificación estratégica de la imagen corporativa. Ariel.

Carroll, A. B. (1991). The pyramid of corporate social responsibility: Toward the moral management of organizational stakeholders. Business Horizons, 34(4), 39–48. https://doi.org/10.1016/0007-6813(91)90005-G

Carroll, A. B., & Shabana, K. M. (2010). The business case for corporate social responsibility. International Journal of Management Reviews, 12(1), 85–105. https://doi.org/10.1111/j.1468-2370.2009.00275.x

Castells, M. (2009). Comunicación y poder. Alianza Editorial.

Castells, M. (2005). La era de la información: Economía, sociedad y cultura. Vol. 1: La sociedad red (2.ª ed.). Madrid: Alianza Editorial.

Castells, M. (2012). Redes de indignación y esperanza: Los movimientos sociales en la era de Internet. Alianza Editorial.

Coombs, W. T., & Holladay, S. J. (2010). Comunicación de crisis y gestión de la reputación. Barcelona: Editorial UOC.

Correa-García, J. A. (2016). Responsabilidad social empresarial en América Latina. Revista Latinoamericana de Administración, 53(2), 1–15.

Costa, J. (2013). El DirCom hoy: Dirección y gestión de la comunicación en la nueva economía. Costa Punto Com Editor.

Du, S., Bhattacharya, C. B., & Sen, S. (2020). Comunicación de la responsabilidad social corporativa. Madrid: Pirámide.

Eccles, R. G., Ioannou, I., & Serafeim, G. (2014). The impact of corporate sustainability on organizational processes and performance. Management Science, 60(11), 2835–2857. https://doi.org/10.1287/mnsc.2014.1984

Elkington, J. (2018). Caníbales con tenedor: El triple resultado del siglo XXI. Barcelona: Ediciones Deusto.

Fisher, W. R. (1997). Narración, razón y acción humana. Barcelona: Paidós.

Fombrun, C. J., & Van Riel, C. B. M. (2019). La reputación corporativa: Cómo gestionarla y protegerla. Madrid: Pearson.

Freeman, R. E. (2010). Strategic management: A stakeholder approach. Cambridge University Press.

García-Marzá, D. (2017). Ética empresarial: Del diálogo a la confianza. Trotta.

Garrido, F. J. (2022). Fundamentos de comunicación organizacional. Madrid: Editorial UOC.

Global Reporting Initiative (GRI). (2021). Estándares GRI para la elaboración de informes de sostenibilidad. https://www.globalreporting.org

Grunig, J. E., & Hunt, T. (2003). Dirección de relaciones públicas. Barcelona: Gestión 2000.

Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación (6ª ed.). McGraw-Hill.

Igartua, J. J. (2006). Métodos cuantitativos de investigación en comunicación. Bosch.

Jenkins, H. (2008). Convergence culture: La cultura de la convergencia de los medios de comunicación. Paidós.

Jenkins, H., Ford, S., & Green, J. (2015). Cultura transmedia: La creación de contenido y valor en una cultura en red. Barcelona: Gedisa.

Kent, M. L., & Taylor, M. (2002). Toward a dialogic theory of public relations. Public Relations Review, 28(1), 21–37. https://doi.org/10.1016/S0363-8111(02)00108-X

Kim, S., & Ferguson, M. T. (2021). Comunicación estratégica y sostenibilidad organizacional. Madrid: Pirámide.

KPMG. (2022). Encuesta global de informes de sostenibilidad. https://home.kpmg

Krippendorff, K. (2018). Content analysis: An introduction to its methodology (4th ed.). Sage.

Kunsch, M. M. K. (2020). Comunicación organizacional estratégica en la era digital. Bogotá: Universidad Externado.

Liu, B. F., Austin, L., & Jin, Y. (2022). Gestión de la comunicación en redes sociales organizacionales. Madrid: Pirámide.

Moreno, Á., & Capriotti, P. (2018). Strategic communication management in organizations. Corporate Communications, 23(4), 529–545.

Morsing, M., & Schultz, M. (2021). Comunicación de la sostenibilidad organizacional. Barcelona: Editorial UOC.

Neuendorf, K. A. (2017). The content analysis guidebook. Sage.

Ongallo, C. (2013). Manual de comunicación: Guía para gestionar el conocimiento, la información y las relaciones humanas en empresas y organizaciones. Madrid: Dykinson.

Page, R. (2020). Narrativas digitales: Historias compartidas en redes sociales. Barcelona: Gedisa.

Pérez, A., & Rodríguez del Bosque, I. (2015). Corporate social responsibility and customer loyalty. Journal of Business Ethics, 127(2), 425–442.

Polo, D., Navarro, J., & Rodríguez, A. (2020). Comunicación para la sostenibilidad: Estrategias y modelos organizacionales. Madrid: Pirámide.

Porter, M. E., & Kramer, M. R. (2011). Creating shared value. Harvard Business Review, 89(1–2), 62–77.

Ryan, M.-L. (2019). Narrativa transmedia y mundos narrativos digitales. Barcelona: Editorial UOC.

Saxton, G. D., & Waters, R. D. (2021). Comunicación organizacional en redes sociales digitales. Barcelona: Editorial UOC.

Scolari, C. A., & Rapa, F. (2019). Media evolution: Sobre el origen de las especies mediáticas. Ediciones Uniandes.

Scolari, C. A. (2013). Narrativas transmedia: Cuando todos los medios cuentan. Barcelona: Deusto.

Scolari, C. A. (2024). Sobre la evolución de los medios: Emergencia, adaptación y supervivencia. Ampersand.

Suchman, M. C. (2020). Gestión de la legitimidad organizacional en entornos institucionales. Madrid: Routledge

United Nations. (2015). Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development. Naciones Unidas.

Villafañe, J. (2004). La buena reputación: Claves del valor intangible de las empresas. Pirámide.

Villafañe, J. (2013). La gestión profesional de la reputación corporativa. Pirámide.

Vives, A., & Peinado-Vara, E. (2011). La responsabilidad social de la empresa en América Latina. Banco Interamericano de Desarrollo.

Zerfass, A., Verčič, D., & Wiesenberg, M. (2016). Managing CEO communication and positioning. Corporate Communications, 21(4), 389–40

Capítulo 2

¿Homo sapiens? Ensayo sobre la inteligencia humana y sus implicaciones en la investigación educativa y la sostenibilidad

José Eduardo Azouri Miranda [1]
José Luis Bretón Arredondo [2]
León Felipe Beltrán Guerra [3]

Resumen

Una de las discusiones más nucleares en diversos autores sobre la generación de conocimiento y las diferentes, no sólo epistemologías, sino filosofías del saber denominado científico, es sobre los límites y alcances de la inteligencia humana: hasta dónde nuestras habilidades cognitivas nos permiten saber y conocer lo que denominamos a veces mundo, a veces universo, a veces cosmos, a veces simplemente realidad. Uno de los puntos centrales del debate es si en realidad la auto calificación de Homo Sapiens, es correcta y no un tremendo exceso que raya en el chauvinismo narcisista. ¿Somos realmente sabios? ¿Lo hemos demostrado a lo largo de nuestra historia evolutiva? La respuesta - más allá de que pudiera generarse un amplio debate- evidentemente se inclina más hacia un no que a un sí. En este ensayo reflexionaremos sobre en realidad qué tipo de inteligencia tenemos y qué implicaciones tiene por una parte el reconocimiento de nuestras limitaciones en el uso de diversos paradigmas epistemológicos, específicamente cuando

[1] eazouri@uv.mx
[2] lbreton@uv.mx
[3] lebeltran@uv.mx

de aplicarlos a la investigación educativa se trata y por el otro en la sostenibilidad planetaria en la que va implícita nuestra propia sobrevivencia.

Introducción

Evolución y tipos de inteligencia

Uno de los puntos centrales para la discusión es, ya que nos llamamos sapiens, entender qué tipo de inteligencia tenemos, y si en verdad sólo nosotros merecemos ser denominados como inteligentes en el planeta, y más aún en el cosmos.

Como punto de partida será útil precisar qué entendemos o se entiende por inteligencia. La Real academia de la lengua la define como:

"Capacidad de entender y comprender, capacidad de resolver problemas" (RAE 2024)

Concepto que peca de ambiguo, ya que no define o aclara qué es entender y qué es comprender y cuál es la diferencia entre ambos. Además, se enfoca en que inteligencia es la capacidad de resolver problemas, y no en aprovechar oportunidades, crear e inventar y mucho menos de aspectos cognitivos implicados. A todas luces el concepto, aunque no lo hace abiertamente, es un planteamiento acomodado para intentar describir la inteligencia humana, qué es la que puede entender, es decir, tiene capacidad de analizar la realidad para conocerla, y además comprenderla, que tiene que ver con interpretarla; la palabra comprender, tienen una raíz latina en el verbo comprehendere que significa, abrazar, abarcar; el que comprende, abraza, abarca un objeto o sujeto de conocimiento, lo que tienen implicaciones más que racionales de cierta capacidad de inteligencia emocional e intuitiva.

Si bien en la inteligencia humana habría que reconocer aspectos evolutivos avanzados que la diferencian de otras inteligencias del planeta, el asumir que nuestra inteligencia es superior y por eso nos consideramos "sabios" es uno de los errores más grandes cometidos por la especie humana. Concepción que ha alimentado cierta soberbia del pensamiento y saber científico que ha derivado en el desprecio de otro tipo de saberes, como el popular-tradicional, el religioso-espiritual, el místico-metafísico e incluso el artístico y el intuitivo, que son vistos con desdén desde el olimpo de los científicos tal y como lo señala en su libro "¿En qué puede contribuir la filosofía de la ciencia a la ética

de la ciencia y la tecnología?" Márcio Rojas da Cruz, Gabriele Cornelli (Rojas da Cruz, Cornelli, 2016)

Frente a ese concepto de inteligencia, contraponemos el elaborado por el físico México-Estadounidense John David García, en su obra Transformación Creativa, analizada por Guillermo Sánchez Rivera (García, 1986), en la que con una visión que descarta el antropocentrismo dominante, afirma que todo en el cosmos es inteligente, y que precisamente esta es una de las características que hacen posible que el efecto de la entropía, la tendencia al caos, al desorden, se contrarreste y puedan darse procesos de evolución.

El concepto que John David establece para definir la inteligencia es, además de sencillo, claro y facilita la comprensión de los diferentes tipos de inteligencias existentes: "Inteligencia es la capacidad de predecir y controlar" (Sánchez, 1986), y con base a ese concepto traza la conceptualización de los diferentes tipos de inteligencia:

Primer nivel de Inteligencia: atómica o de la materia: "Un átomo es capaz de predecir y controlar su propia estructura" (Sánchez, 1986), y esto es clave para dar estabilidad a las micropartículas que lo componen y hacer posible que los átomos se unan generando moléculas y de ahí ADN además de la consecuente cadena evolutiva. Si no existiera este nivel de inteligencia el muro que miro frente a mí en este momento estaría volando en una nube de caos y desorden; no estarían ahí, ni el piso, ni yo mismo, ni nada.

Segundo nivel de Inteligencia: inteligencia animal o de los seres vivos: "Un ser vivo además de predecir y controlar su propia estructura, predice y controla el medio ambiente con el que interactúa" (Sánchez, 1986). De hecho, este tipo de inteligencia en los animales les permite sobrevivir en el medio ambiente con mucha más facilidad que la nuestra, lo que la hace superior a la nuestra en este aspecto. Como ejemplo es común ver cómo las aves anticipan cambios climáticos y emigran e incluso se habla que hay perros que detectan con el oído- mucho más avanzado que el nuestro- sonido de las ondas sísmicas a distancia y se anticipan a los temblores o terremotos. Tan más y mejor están los animales adaptados al medio ambiente que no necesitan usar ropa o calzado para sobrevivir ya que su piel, pelaje y en algunos, jadeo, regulan su temperatura corporal.

Tercer nivel de inteligencia: Inteligencia humana: "los seres humanos somos los únicos que tenemos una inteligencia que predice y controla nuestra propia capacidad de predecir y controlar" (Sánchez, 1986). Es decir: tenemos inteligencia sobre nuestra inteligencia, por lo tanto, la podemos modificar e

incluso decidir el rumbo que puede tomar. Esta inteligencia sobre la inteligencia es lo que muchos denominan como consciencia, sólo el ser humano se observa a sí mismo, reflexiona sobre sus capacidades cognitivas, trabaja en desarrollar unas más que otras, además tiene el potencial de modelar su inteligencia, algo que ahora las neurociencias aceptan y es común hablar de la "neuroplasticidad de nuestros cerebros".

No obstante, nuestra capacidad de mirarnos y analizarnos a nosotros mismos, no ha sido algo dominante en la especie, ya que es común que dominen acciones y decisiones que causan daño, o se hacen de forma muy poco consciente de sus implicaciones. Lo anterior se deriva de que precisamente esta capacidad de tener inteligencia sobre nuestra inteligencia no siempre resulta en acciones positivas, sino más bien produce una capacidad dual: en la media que somos potencialmente creativos, somos destructivos. Tal y cómo lo ha definido en su obra el ganador del premio Pulitzer Tom Phillips "Humanos una breve historia de cómo lo jodimos todo" (Phillips, 2019) somos capaces de las más grandes genialidades, así como de las peores estupideces.

¿Por qué no tenemos inteligencia sobre nuestra inteligencia negativa, es decir consciencia de nuestra tremenda capacidad de destruir además de dañar a los demás? La explicación más clara se encuentra precisamente es la definición soberbia que tenemos como "Homo Sapiens", ya que si nos definimos como sabios creemos que no nos equivocamos jamás, cuando deberíamos entender que la verdadera sabiduría es precisamente esa consciencia sobre nuestra verdadera naturaleza dual y cómo estar alerta sobre nuestra capacidad destructiva, lo que implica un gran esfuerzo para precisamente desarrollar ese potencial de ser sabios y consecuentemente sustentables además de sostenibles en nuestra co existencia planetaria.

Los alcances de nuestra inteligencia para conocer

Una vez definido el tipo de inteligencia que tenemos, que podemos analizarla con la misma inteligencia que poseemos, la gran pregunta es hasta dónde podemos conocer en realidad con esta inteligencia, y qué es lo que en realidad podemos conocer.

Habría que partir del concepto de conocimiento entendido como lo plantea Marín Ríos en su texto, citando a la RAE: "La Real Academia de la Lengua Española define conocer como el proceso de averiguar por el ejercicio de las

facultades intelectuales la naturaleza, cualidades y relaciones de las cosas" (Marín, Ríos, 2006. pág.2)

En si la Rae, limita el conocimiento a las facultades intelectuales, y habría que preguntarse cuáles son estas en realidad, y si la intuición, la imaginación, e incluso la revelación no son parte de ellas, o solo se limitan a procesos lógico-racionales.

El mismo Marín Ríos da una visión más amplia del conocimiento cuando afirma que: "…el conocimiento puede ser entendido de diversas formas: como una contemplación porque conocer es ver; como una asimilación porque es nutrirse y como una creación porque conocer es engendrar." (Marín, Ríos, 2006. pág.2)

Si analizamos el concepto podemos desmembrar diferentes formas o dimensiones de lo que denominamos conocimiento: una contemplativa en la que a través de la observación, que puede implicar diversos niveles de experimentación, el conocimiento se revela (como el Eureka de Arquímedes), otra que implica estudio, asimilación de ideas, perspectivas, modelos y quizá también nutrirse de datos a través de la investigación de campo, que implica comprobación, medición, probar hipótesis para aceptarlas o rechazarlas. Y una última forma de conocer que parece referirse a la capacidad de crear modelos e ideas que no requieren necesariamente una comprobación física, concepciones que nacen de la imaginación basada en modelos, teorías o simplemente el dar explicaciones a aquello que percibimos, aceptando que esta percepción puede ser parcial o incompleta.

Esta visión da pie a que se planteen diferentes epistemologías, que hoy en día vale la pena revisar justo a la luz de hasta dónde son útiles, además de confiables para generar conocimiento no sólo teórico, sino aplicable para mejorar las condiciones de vida del ser humano idealmente en cohabitación sostenible con el planeta: la epistemología fenomenológica, la epistemología empírica y la epistemología hermenéutica o interpretativa. Cada una de ellas respaldadas por diversos filósofos y autores a lo largo de la historia de la ciencia y el pensamiento.

Epistemología Fenomenológica

Desde el punto de vista de la fenomenología, corriente respaldada principalmente por pensadores como Kant, Heidegger y Husserl la dificultad para conocer en realidad está en que el observador se vuelve parte del objeto estudiado, y con esto afecta las posibilidades de conocerlo. Es decir, cuando

veo una puerta no puedo desprenderme de mi preconcepto de puerta, por ello lo que yo percibo es un fenómeno mental "nuestra conciencia es siempre conciencia de un fenómeno" decía Husserl, por eso también Kant decía que sólo nuestros sentidos perciben fenómenos, algo así como fantasmas creados por nosotros de la realidad.

¿La realidad desde la perspectiva fenomenológica es insondable? No necesariamente pero quizá sí sea imposible observar sin influencia del observador, la Mecánica Cuántica va más allá cuando afirma que precisamente la realidad en gran medida es creada por la conciencia del observador, que es también consciencia de uno mismo, el Dasein de Heidegger.

No obstante, Hans Georg Gadamer ofrece una posibilidad para conocer desde la perspectiva fenomenológica: anular el yo a través del reconocimiento pleno del otro, de la otredad: "Sin embargo, yo opinaba que al final era únicamente el refuerzo del otro en contra de uno mismo lo que ofrecía en realidad la posibilidad de comprensión. Darle al otro validez, frente a uno mismo". (Gadamer. P.22)

Y para ello Gadamer apuesta por el lenguaje o los lenguajes como creación objetiva que puede permitir situarnos más allá de la subjetividad y construir algo que no sólo sea influencia de yo sobre aquello que observamos.

Finalmente, lo que podríamos concluir es que en la perspectiva fenomenológica deberíamos aceptar que la realidad pura no existe para el ser humano, que nosotros habitamos en el mundo y este es una construcción de valor y significado, solo los animales y los seres vivos viven en la realidad nosotros vivimos en el mundo. Y ese valor y significado que le damos a los seres y cosas, son las que definen nuestra realidad y lo que es útil como conocimiento y ciencia aplicados a nuestro mundo. Como veremos más adelante, cuando vemos al mundo y sobre todo al planeta con un valor inferior al que nos damos a nosotros mismos, al considerarnos superiores, no contribuimos de fondo a la sostenibilidad de los recursos, mucho menos a la construcción de sociedades conscientes.

Epistemología Empírico-racional

Esta epistemología se basa en que el conocimiento se obtiene a partir de aquello que se puede comprobar en la realidad a través de un proceso que comienza en los sentidos, pasa por parámetros de medición-comprobación, los pensadores que dan fundamento a esta, además filosofía científica, van

desde Platón, pero sobre todo René Descartes, considerado el padre del racionalismo, Espinoza y Auguste Comte. De entre las principales críticas que se le hacen a esta epistemología se pueden señalar dos principalmente:

La primera que cuestiona si el conocimiento sólo puede proceder de la comprobación empírica, y no de ejercicios cognitivos que configuran hipótesis sin necesidad de tener contacto con la realidad física, como la imaginación creadora. El mismo Albert Einstein configuró sus teorías- la relatividad especial, por ejemplo- de forma acertada sólo usando ejercicios mentales de imaginación, que fueron comprobadas años después de su muerte sin necesidad de comprobación empírica.

La segunda crítica es precisamente derivada de la idea del "Homo Sapiens" todo poderoso, que cree que nuestro tipo de inteligencia todo lo puede conocer, algo así como una mente infinita todopoderosa. De hecho la crítica parte desde nuestra capacidad de percibir, ya que quizá esta esté limitada por condicionamientos de sobrevivencia de la evolución que impiden que percibamos en realidad todo lo que existe (cuando salíamos a cazar nuestros sentidos se condicionaron a no ser aplastados por un mamut o comidos por un tigre antes de percibir otras dimensiones). Nuestra percepción está, literalmente atrapada en una escala dimensional, así como las hormigas ven un mundo sólo bidimensional, nosotros sólo percibimos uno tridimensional, cuando hoy en la teoría de cuerdas se establece la existencia probable de hasta 7 dimensiones.

Einstein y Chomsky se oponen al demostrar que hay objetos que se pueden conocer sólo con pensarlos, incluso con imaginarlos, como las teorías del tiempo y la gravedad. Lo que dio pie a la revolución cognitiva en la que todavía estamos.

Por último, se critica del racionalismo empirista que, si bien este tipo de obtención de conocimiento ha propiciado gran parte del desarrollo científico-tecnológico del mundo moderno, también se le responsabiliza de ser soberbio y desapegado de las consecuencias de los avances sobre el planeta:

Lo anterior constituye de facto una realidad conveniente a una civilización capitalista que hace culto a la tecnología que sire a un pseudo progreso basado en la producción y el consumo. Entonces la gran "ciencia objetiva y verdadera" pasa más bien a ser una "superstición cientificista" (Thuiller. P.20)

Epistemología Hermenéutica

Para esta corriente espistemológica representada principalmente por Dilthey y Gadamer (considerado el padre de la hermenéutica filosófica contemporánea) se plantea que el conocimiento está sujeto siempre a la interpretación y esta a su vez está condicionada por un paradigma dominante producto del contexto. Es decir, toda elaboración de conocimiento está sujeto a una concepción de la realidad y a veces para interpretar adecuadamente hay que salirse del paradigma dominante (reforzado comúnmente por los intereses institucionales, de grupos de científicos e incluso económico-científicos).

Bajo este enfoque no es lo mismo interpretar el universo bajo el paradigma newtoniano que plantea que la gravedad es una fuerza de atracción ejercida por la masa de los objetos masivos del universo, a interpretarla bajo el paradigma de Einstein que plantea que la gravedad es una deformación en el espacio tiempo más que una fuerza. ¿Cuál de los dos tiene razón? La respuesta desde el punto de vista de la hermenéutica, por más que parezca extraño, los dos tendrían razón, pero la aplicación de uno u otro paradigma para crear conocimiento, tecnología o ciencia, dependería del contexto: en una realidad como la de la tierra sometida a la atracción de un cuerpo de gran masa, es necesario interpretar la realidad a través del paradigma y las leyes de Newton, ejemplo: para diseñar la fuerza que debe tener un motor de un auto de la fórmula 1 para tener menos resistencia a las fuerzas G o gravitacionales en un tiempo lineal y determinado (kilómetros por hora). En el espacio exterior, fuera de la atracción directa de un cuerpo celeste, la gravedad funciona diferente y el espacio tiempo se curva, deja de ser recto como en la tierra, cambia y ya no es medible de forma lineal, por ello el calcular la fuerza de navegación de una nave en el espacio exterior sería diferente porque el tiempo se contrae: una hora en el espacio exterior viajando a gran velocidad equivale a más de 100 terrestres, la famosa paradoja del astronauta planteada en la genial película de Christopher Nolan, Interestelar (2014).

El error en la forma de conocer de esta epistemología es que es muy frecuente que se quiera interpretar toda realidad con un mismo paradigma, lo que genera dogmas científicos y ortodoxias que además de llevar a errores de interpretación cancelan la posibilidad de diálogo de la intersubjetividad a la que apela Gadamer, lo cual trae severas consecuencias de inclusión, uno de los elementos que definen la sostenibilidad en términos de construcción de verdaderas comunidades, las científicas incluidas.

Implicaciones para la Investigación educativa de las epistemologías

Reconociendo que sin importar cuál epistemología utilícenos, nuestra pretensión de "Homo Sapiens" nos puede llevar al error, la soberbia, la falta de reconocimiento de los límites y alcances de nuestra inteligencia, es pertinente reflexionar sobre qué tipo de investigaciones educativas son más propicias de abordar con cada uno de los paradigmas enunciados.

Investigación educativa desde una perspectiva fenomenológica

Dadas las premisas expuestas algunos de los objetos de estudio abordables desde esta perspectiva pudieran ser:

Semiótica y construcción de significado en el aprendizaje: ya que desde una perspectiva fenomenológica la realidad se interpreta por concepciones previas de significado, lo que en semiótica son los significantes, pueden analizarse estos analizando las connotaciones (asociaciones de significado) y denotaciones (asociación consensuada del significado, el significante) que los estudiantes tienen de las palabras que configuran un tema o concepto a estudiar. Por ejemplo, al estudiar la Historia de la Conquista de México se puede partir de todas las denotaciones y connotaciones de la palabra Conquista.

Intersubjetividad en mi relación con la otredad para el aprendizaje: De acuerdo a los planteamientos de la Fenomenología, se pueden plantear estudios de que tanto se es capaz de escuchar las opiniones, ideas y aportaciones de los demás miembros de un grupo sin prejuicios o ideas preconcebidas influenciadas por creencias, estereotipos e incluso patrones culturales como el machismo. Por ejemplo, una pregunta de investigación válida puede ser: ¿se valida y valora igual la misma opinión expresada por un hombre, una mujer, o un miembro de la comunidad LGTB? Este análisis puede hacerse de forma horizontal: entre los estudiantes de un grupo o clase, y vertical: analizar los prejuicios que consciente o inconscientemente influyen en la valoración y validación que los maestros hacen de sus estudiantes.

El efecto Pigmalión en el aula: Este análisis se refiere a uno de los efectos que se han tipificado en la educación y pedagogía, tomando su nombre de la obra de teatro de George Bernard Shaw (Shaw, 2016), basada en el mito griego de un escultor que fascinado por una escultura que creó se enamora de ella, y esta cobra vida. En el aula se refiere a que los docentes tienden a favoreces a

los estudiantes que les agradan o se parecen a ellos, aunque no necesariamente sean los más competentes, un sesgo netamente fenomenológico que sólo puede combatirse con un ejercicio de consciencia y de objetivación como el que hemos referido que propone Gadamer, al darle a todos los estudiantes, a los otros sobre todo los más diferentes a nosotros, similar validez, además de valor, ejerciendo una verdadera inclusión consciente.

Investigación educativa desde una perspectiva empírica

Esta epistemología implica la comprobación con mediciones sobre la realidad, por lo que implica saber claramente qué queremos vivir, lo que se conoce en la investigación como definición y operativización de variables, muchas veces comprendidas en hipótesis que se comprueban o desechan a la luz de las mediciones e incluso de establecer, o no correlaciones entre ellas. Veamos un ejemplo de posibles estudios de investigación educativa bajo esta perspectiva:

Comprobación de aportes de la meditación en el rendimiento de los estudiantes: bajo un diseño experimental – modelo comúnmente usado en esta epistemología- se establecen dos grupos similares (mismo semestre, materia, carrera y rendimientos) además que sea el mismo maestro el que imparte la clase para evitar sesgo por diferenciación de esta- que de hecho lo es- variable. En un mismo periodo de estudio, en un grupo se realizarían meditaciones sencillas, de conteo de la respiración, por ejemplo, breves (5 minutos) antes de comenzar la clase, en el otro no. Después del periodo, un mes, por ejemplo, se contrastaría el resultado de rendimiento y aprovechamiento bajo las variables de medición establecidas: comprensión de temas, participación en clase, calidad y cumplimiento de tareas e incluso percepción de calidad de la clase y de los conocimientos adquiridos. Bajo estos resultados se podrá medir si en realidad la meditación tiene algún tipo de influencia- positiva o negativa- en los estudiantes.

Claro que lo ideal para comprobar los resultados será realizar el experimento varias veces y con diferentes materias para ver si hay una tendencia clara o los resultados dependen de variantes en las características de los grupos.

Múltiples diseños experimentales: y como este ejemplo podrán diseñarse una gran cantidad de experimentos en los que se introduzca siempre una variable en un grupo (Conocido como grupo experimental) y en otro no (Conocido como grupo de control) para determinar sus efectos; siempre y cuando se

cumpla con el requisito de un buen planteamiento de las variables de medición y de los métodos, instrumentos e indicadores para medirlas, y que un deficiente diseño instrumental puede echar a perder la mejor idea o hipótesis de experimento.

Investigación educativa desde una perspectiva hermenéutica

Quizá bajo esta epistemología se pueden realizar las investigaciones educativas más disruptivas e innovadoras, ya que implican romper o trascender paradigmas educativos y ortodoxias que en muchos casos han dominado en las instituciones educativas solapadas por burocracias que están cómodas con ellos. Veamos algunos ejemplos de posibles investigaciones:

Exploración de inteligencias múltiples en aulas alternativas: Romper el paradigma del aula convencional, generado para la era pre e industrial que limita el aprendizaje a aspectos racionales dejando fuera al resto de los componentes psicofísicos-emocionales es uno de los grandes retos en el futuro de la educación. Rediseñar el aula – especialmente en la educación media-superior que es quizá donde se da menos innovación- y ver los efectos sobre el aprendizaje sería una forma de experimento (que no requiere un diseño convencional de grupo experimental y de control como el que hemos expuesto), que nos serviría para encontrar nuevas vías para entender las diversas formas en que se puede adquirir el conocimiento. Este rediseño puede aceptar el tener diversas áreas: unas de juego, otras de círculos de diálogo, otras para expresión libre (áreas para pintar dibujar, etc.) otras incluso para manejo de estrés y ansiedad- tan comunes en estos tiempos- serían algunas de las innovaciones a realizar buscando además que el aula sea dinámica en lugar de la estática actual para adaptarla según lo requiera cada materia. Que de esta manera sí se convertirían en auténticas experiencias educativas. Este modelo incluso debe incluir la posibilidad de salir del aula, a parques, plazas, patios de la misma institución, áreas naturales, por ejemplo, que rompen rutinas y estimulan de forma muy especial a los estudiantes.

Autonomía en la elección de los métodos y formas de aprendizaje: la autonomía en el aprendizaje, que suele estar en los discursos institucionales, pero no en la práctica en la que los maestros concentran todo el poder además de la autoridad, es uno de los campos más interesantes para realizar investigación desde esta perspectiva epistemológica. Un camino puede ser el experimentar probando que los maestros sólo se limiten a compartir conocimiento y los estudiantes a proponer la forma de procesarlo y

adquirirlo. Por ejemplo: para una lectura propuesta por el maestro en lugar de proponer sólo el típico resumen, puede dejar abierto a que los estudiantes elijan entre hacer un podcast, un vídeo, una infografía, un mapa mental hasta un collage o dibujo o lo que su creatividad e imaginación proponga. Otro aspecto que fomenta la autonomía además de la horizontalización de la clase es cambiar la denominación de estudiante por la de coaprendiente que mete al maestro al círculo de aprendizaje reconociendo que él también está aprendiendo, como lo planteó en el siglo XIX Joseph Jacotot relatado por Jaques Ranciére "El maestro ignorante" (2015), en la que socráticamente afirma que "sólo un ignorante puede enseñarle a otro aquello que el mismo no sabe". De esta manera el maestro es también un coaprendiente que participa en la aventura del conocimiento.

Modificar el paradigma de examen: así como existe el concepto de coaprendiente se puede establecer el de coevaluación anulando los exámenes que suelen ser más pruebas de memoria y adecuación a las ideas del docente, que verdaderas evaluaciones; (de hecho, sistemas educativos altamente desarrollados, como el noruego, ya no los hacen). El coaprendiente se evaluará ejerciendo su consciencia autocrítica sobre que conocimientos, habilidades y competencias considera haber adquirido y cuáles le falta para sentir que puede avanzar y aprobar la materia. Información que puede ser dialogada y contrastada para construir un acuerdo de coevaluación con el docente. Y como en toda investigación al final habría que contrastar resultados de asimilación y apropiación del conocimiento entre materias que usaron el paradigma tradicional de evaluación a través de exámenes, frente a las que no lo usaron.

Implicaciones para la sostenibilidad de la concepción de nuestra inteligencia

Una vez analizadas las implicaciones de la concepción de nuestra inteligencia y las posturas epistemológicas para la investigación educativa, vale la pena hacer una reflexión desde una perspectiva más amplia y analizar las implicaciones de esta, más bien autoconcepción para la denominada: sostenibilidad.

Comencemos por comentar que una definición-conceptualización generalizada sobre la sostenibilidad la encontramos en la página de la UNICEF y plantea que esta se basa en:

La sostenibilidad es la capacidad de satisfacer nuestras necesidades del presente sin comprometer los recursos y el bienestar de las generaciones futuras, según Naciones Unidas. Se basa en tres pilares fundamentales:

- El ambiental.
- El social.
- Y el económico.

Este enfoque plantea que la auténtica sostenibilidad es multidimensional, requiere por una parte asumir que se requiere asumir el cuidado y protección de los recursos naturales a la par que se combaten los efectos del cambio climático, por la otra- y desde una perspectiva social- que promueva la creación de sociedades justas, incluyentes además de equitativas en las cuales el acceso a las oportunidades sea equilibrado para sus integrantes y en lo económico que las acciones tanto en lo ambiental como en lo social consideren la viabilidad financiera y la correcta, además de justa, distribución de riqueza e ingreso.

Con una visión más amplia a esta concepción generalizada de sostenibilidad, podemos decir que esta debería plantearse más en términos de sobrevivencia de nuestra especie en el planeta, es decir: qué tan sostenibles somos para el planeta que habitamos, en términos de integración y coexistencia con todas las especies que lo habitan; como es nuestro actual comportamiento planetario quizá, lo que para La Tierra es realmente sostenible a mediano y largo plazos es nuestra extinción, ya que esta le ayudaría a preservar mejor su equilibrio ecológico, que implica una armonía entre todas las especies sin deterioro de los recursos disponibles.

Partiendo de esta conceptualización podemos decir que la concepción que tenemos de nuestra inteligencia contribuye muy poco, o nada a la sostenibilidad que requerimos en las tres dimensiones: ecológica, económica y social. Respecto a la primera, quizá este es el mayor problema ya que a nuestra idea equivocada de ser "Sapiens" habría que agregar los sistemas de creencias que conciben a la creación en su totalidad hecha por un supuesto creador que la puso en nuestras manos a nuestra entera disposición además de servicio. Desde esta concepción se justifica toda explotación de los recursos y seres del planeta, ya que están disponibles para eso, ya que somos los supuestos "reyes de la creación", reyes bastantes déspotas, abusivos que ejercemos tiranía sobre muchas especies del planeta, por cierto.

Lo más absurdo de esta concepción es que somos apenas unos recién llegados al planeta que hemos denominado Tierra, tal y como lo estableció con precisión el cosmólogo estadounidense Carl Sagan en su reconocida obra Cosmos, (Sagan 2024) en la que fundamenta que la edad de nuestro hogar planetario es cercana a unos 5,000 millones de años, (4,543 es la estimación que se acepta por consenso entre científicos basada en datos radiométricos de rocas y materiales) y nosotros como especie tenemos apenas 500 millones de habitarlo. De hecho, Sagan hace la metáfora o símil en su obra al establecer que si dichos cinco mil millones fueran un día nosotros apenas apareceríamos en el planeta en el último segundo de dicho día. Nuestra conducta, más que de sabios es -de nuevo dándole la razón a Tom Phillips- de bastante imbéciles se parece al de los pandilleros que apenas llegan a un barrio ya están cobrando derecho de piso, robando al que se atraviese, causando daños por doquier.

El panorama ante esta perspectiva de nuestro podríamos decir autoengaño sobre la realidad de nuestra inteligencia, aderezado por el sistema de creencias heredado por generaciones, es bastante desalentador y pareciera conducirnos a un callejón sin salida como especie, a llevarnos a lo que muchos especialistas, como el famoso astrónomo Neil Degrasse Tayson –heredero de los planteamientos de Carl Sagan- han denominado la Sexta Extinción, ya que ha habido cinco grandes extinciones en la historia de La Tierra, una de ellas la de los dinosaurios hace unos cuarenta millones de años.

La conclusión hasta este punto, sería que el cambiar nuestro paradigma de inteligencia sería uno de los aspectos clave para modificar nuestra relación con el planeta y propiciar una auténtica sostenibilidad. Dejar de reconocernos como "sapiens" para plantear que tenemos una inteligencia- como ya hemos expuesto- tanto potencialmente creativa como destructiva y que requiere de un proceso de evolución consciente. Quizá hablar de nosotros mismo como Homo Sensitivo o Evolutivo que sería algo así como ser humano sensible o consciente y/o en evolución nos ayudaría a hacer consciente que nuestra inteligencia está en proceso y que debemos incrementar sus áreas creativas a la par que disminuimos las destructivas, eso potencialmente nos llevaría a ser, quizá, sapiens. Por otra parte, asumir este cambio de paradigma implicaría no una modificación, quizá una revolución, del sistema educativo del planeta que forme desde la infancia en esa consciencia de los potenciales y limitaciones de nuestra inteligencia, formando individuos comprometidos-con auténtica humildad-con la evolución de esta.

Dicho cambio de paradigma sobre la inteligencia requiere de estar acompañado por un cambio de paradigma en la concepción de nuestro papel en la creación terrestre, dejar de asumir que somos los reyes de la creación y que, como tales, los recursos del planeta están a nuestra entera disposición y capricho. Concepción que, aunque proviene de sistemas religiosos, ha sido de total conveniencia para el sistema capitalista que se basa en la explotación indiscriminada de dichos recursos bajo pretexto de "incrementar la riqueza" el famoso Producto Interno Bruto (PIB) de las naciones que, en realidad, aunque- a riesgo de parecer sarcasmo- ha sido un acto permanente de brutalidad contra el planeta y contra nosotros mismos. Curiosamente este nuevo paradigma sería regresar para evolucionar a algunos planteamientos de civilizaciones antiguas –como la mexica, por ejemplo- que tenían más una visión cosmológica en la que el ser humano es sólo una parte de la gran ingeniería y diseño de la creación, contrapuesta a las antropocéntricas que lo ponen al centro de la misma.

No obstante, esta posibilidad, el panorama no resulta alentador, ya que lejos de plantearse la humanidad este cambio de paradigma al parecer todo apunta a que en la ruta de la soberbia de sentirnos sapiens aderezada con el desarrollo tecnológico, se plantea generar una especie de "súper humano" que vía modificación genética y robótica sea capaz de sobrevivir en un planeta incluso ausente de naturaleza, tal y como lo visualizaron las hermanas Wachowski en su gran película con visión cuasi profética "La Matrix" (1999).

Está posibilidad de crear un súper humano que además pueda vivir cual un moderno Matusalén, cientos de años, se planteó en la obra "La Singularidad está cerca" de Ray Kurzweil, (Kurzweil 2012) en la que lanza la hipótesis de que el ser humano se encuentra cerca de vencer con la ciencia las leyes de la naturaleza (concepto que en la ciencia se conoce como Singularidad) y aspirar así a la inmortalidad que visualizaron las religiones.

Tesis que corrobora Yuval Noah Harari en so obra Homo Deus en la que sostiene que ha surgido una corriente mundial en las cúpulas del poder político, económico y tecnológico denominado "Transhumanismo" que trabaja en crear un nuevo ser humano superior que sustituya al denominado "sapiens" el cual sería estudiado en los libros como lo hacemos nosotros con el Neandertal, capaz de sobrevivir en cualquier condición ambiental.

Al parecer optaremos no por la sostenibilidad ni la coexistencia con las especies del planeta sino con su extinción a cambio de nuestra sobrevivencia, el ego antropocéntrico sobre la consciencia cosmogónica.

Conclusión

A modo de conclusión podemos decir que para avanzar en la investigación en general y de la investigación educativa en particular con un enfoque auténticamente sostenible. Se debe partir en primer lugar de reconocer las limitaciones de nuestra inteligencia, reconociendo que no es la todopoderosa que habíamos creído y que tienen limitaciones tanto por capacidades de percepción, como de condicionamientos subjetivos además de condicionamientos del entorno para conocer la verdad de una manera ya no objetiva, sino total.

Por ello y tal como han propuesto algunos pensadores y líderes del mundo, entre ellos el Dalai Lama (Lama, 2018) en su obra "El universo en un solo átomo", deberíamos cambiar la denominación de Homo Sapiens por otra; él propone la de "Homo Sensitivo o Sensible" apelando más a nuestra característica de ser sensibles, por una parte, a los estímulos de la realidad a través de los sentidos, y al potencial- cuando en verdad lo desarrollamos- de compasión o empatía que tenemos. Perspectiva que está más en línea con una inteligencia que combina lo emocional y lo racional, más global e integrada, que con la racional dominante que ha demostrado ser insensible en cuanto a los efectos de los avances científico-tecnológicos sobre la naturaleza y sobre el propio ser humano, al grado de ponernos como especie en riesgo de no sobrevivencia de mediano o largo plazo en el planeta.

Por otra parte, hay que reconocer que una vez conscientes de nuestras limitaciones cognitivas los paradigmas epistemológicos son grandes herramientas si las utilizamos adecuadamente, lo que implica que según el objeto de estudio nuestra perspectiva pueda ser o bien fenomenológica, empírica o hermenéutica, sin ortodoxias que nos lleven a querer siempre imponer una epistemología sobre las demás como si fuera la única válida. Y, siguiendo en la línea de reconocer limitaciones, ya situados en un paradigma, será clave reconocer los posibles sesgos, subjetividades y contextos que pueden afectar nuestras conclusiones y límites de lo estudiado, para concluir siempre con una perspectiva de humildad e inclusión que permita el diálogo, la crítica y el debate, bases para conformar comunidades.

Finalmente podemos decir que es bueno que nuestra inteligencia esté limitada y que quizá nunca logremos conocer, ni comprender todo – ni siquiera todo sobre algo- y eso nos mantiene en permanente evolución, ya que, si eso ocurriera, la comprensión absoluta, sería el fin de la ciencia o de al

menos la ciencia específica que al fin logró develar los misterios de su particular universo.

Referencias bibliográficas

Bernard Shaw, George (Shaw 2016) Pigmalión. Editorial Cátedra. España.

Gadamer, Hans Georg. (1995) El Giro Hermenéutico. Ediciones Cátedra Madrid.

Harari, Yuval Noah (2015) Homo Deus. Una breve historia del mañana. Editorial Debate. México.

Kurzweil, Ray (2012) La Sigularidad que se acerca. Ediciones Lola. Madrid.

Martínez Marín, Andrés. Ríos Rosas, Francys (2006) Los conceptos de conocimiento, epistemología y paradigma, como base diferencial en la orientación metodológica del trabajo de grado. Revista de Epistemología de Ciencias Sociales.

Lama, Dalai (2018) El universo en un solo átomo. Editorial Debolsillo Clave. España.

Phillips, Tom (2019) Humanos una breve historia de cómo lo jodimos todo. Editorial Planeta. México.

Ranciére, Jaques (2015) El maestro ignorante. Editorial Laertes. Barcelona.

Rojas da Cruz, Márcio. Cornelli, Gabriele (2016) ¿En qué puede contribuir la filosofía de la ciencia a la ética de la ciencia y la tecnología?. Revista de Bioética.

Sagan, Carl (2024) Cosmos. Ediciones Culturales Paidós. España.

Sánchez Rivera, Guillermo (1991) Transformación Creativa. Resumen de la obra de John David García. Publicaciones WCA Guadalajara.

Thuillier, Pierre (1988) Las Pasiones del Conocimiento. Sobre las dimensiones culturales de la ciencia. Editorial Alianza. Madrid.

Capítulo 3

Percepción de la ética empresarial en el comportamiento de compensación a los empleados un contraste bayesiano Binomial

John Pablo Cruz Bastidas [1]
Jairo Jamith Palacios Rozo [2]
Julián Ricardo Romero Garibello [3]

Resumen

Actualmente se busca saberes sobre la religiosidad del creyente en la ética empresarial se tiene la necesidad de realizar un estudio empírico el cual confirma el efecto del mismos. El propósito del estudio es identificar la dimensión ética de la fe en el ejercicio empresarial se analizó por medio del factor bayesiano la percepción de los actores mediante la pregunta la ética empresarial ¿La Ética Empresarial incide en los comportamientos frente a la compensación a los empleados y decisiones al interior de una empresa u organización? Ellos dieron completitud a la encuesta "Canon de la fe en el ejercicio empresarial – Fase II". El análisis bayesiano binomial proporciona comparación de valor: (0,5), donde la forma de distribución previa bajo la hipótesis alternativa está especificada por Beta (1,1). Se evidencia que el primero – De acuerdo - con (35) tiene una proporción de (0.422) con un BF_{10} de (0.374); el segundo –En desacuerdo- con (3) tienen una proporción de (0.036) con un BF_{10} de (1.253e+18); el tercero -Ni de acuerdo ni en desacuerdo-

[1] Magíster en Informática Educativa – Universidad de la Sabana. Docente Ocasional de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. Bogotá, Colombia jpcruz@universidadmayor.edu.co. https://orcid.org/0000-0002-5598-863X

[2] Magister en Administración de Negocios – Universidad Autónoma. Docente de Planta de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. Bogotá, Colombia jjpalacios@universidadmayor.edu.co. https://orcid.org/0000-0002-1437-9838

[3] Magister en Administración de Negocios MBA. Docente Ocasional de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. Bogotá, Colombia jrromero@universidadmayor.edu.co; https://orcid.org/0000-0001-5873-1226

con (4) tiene una proporción (0.048) con un BF_{10} de (6.265e+16); el cuarto -Totalmente de acuerdo- con (34) tiene una proporción (0.410) con un BF_{10} de (0.524); y el quinto -Totalmente en desacuerdo- con (7) contiene una proporción de (0.084) con un BF_{10} de (2.773e+13). Se concluye frente a la evidencia por el Factor Bayesiano que para la primera respuesta se inclina de manera leve hacia la hipótesis nula indicando compatibilidad con la ausencia de un efecto fuerte; en la segunda respuesta estabilidad en la evidencia a favor de la hipótesis alternativa; para la tercera respuesta una proporción moderada no nula de individuos que se mantienen neutrales; respecto a la cuarta respuesta proporciona una evidencia moderada a favor de la hipótesis nula por último, frente a la quinta respuesta menor que cualquier hipótesis nula razonable afirma que la ética empresarial no influye desde el punto de vista estadístico.

Palabras clave: Percepción, compensación, ética empresarial, organización

Introducción

En el nuevo contexto empresarial existe una relación entre la ética empresarial y las creencias religiosas frente a la toma de decisión, para lo cual se busca una comprensión y orientación para los líderes y empresas para ver el impacto de las creencias religiosas. Según Ramírez (2008), la ética en los negocios es un movimiento mundial por el cual las corporaciones ofrecen autorregularse. Para Marsal-Llacunaet al. (2015) el papel fundamental de las tradiciones religiosas en la gestión. Donde Fontrodona-Felip et al., (2011) agregan que la virtud de los directivos debe ser el respeto por las reglas. Ahora hablar de ética en la sociedad de consumo plantea como lo plantea Cavalieri, (2002), y más en el mundo de los negocios. Según Rodríguez (2003) la ética kantiana afirma que: "las personas deben ser tratadas como fines y no solamente como medios" (p.3), se comprende que lo ético es el trato con los semejantes en una organización. Para Cortina (1994,1995) existe un pluralismo moral donde los ciudadanos de una sociedad tienen algún mínimo de valores consensuados en consecuencia si tienen alguna discrepancia tienen el aprecio que experimentan por otros. Donde Friedman (1962) afirma que la: "única responsabilidad social empresarial es el uso de sus recursos y la implicación en actividades diseñadas para incrementar sus utilidades siempre que permanezcan en las reglas del juego (p. 133). En el entorno empresarial

se está generando una creciente intersección entre las creencias religiosas y la ética empresarial para la toma de decisiones. En contextos organizacionales caracterizados por alta heterogeneidad estructural — como las micro, pequeñas y medianas empresas—, la ausencia de criterios éticos claros en los sistemas de compensación puede generar percepciones de inequidad, deterioro del clima organizacional y comportamientos laborales disfuncionales. Donaldson (1982) expresa que se debería de anexar otros objetivos en las organizaciones, como son los aspectos morales. Koys (2021) describió la introducción de principios religiosos de ética empresarial en un curso sobre gestión de recursos humanos.

Al tomar el referente metodológico comparativo bayesiano utilizado por Etemadi et al. (2025), pero trasladado al campo de la ética empresarial y la gestión del talento humano. El tema Canon de la fe en el ejercicio empresarial, fase II es de gran relevancia, ya que la filosofía se ocupa del análisis de la ética empresarial y, a su vez, las religiones ofrecen normas de conducta que orientan a las personas dedicadas a los negocios en la toma de decisiones empresariales. Según Martin (2000) la ética empresarial está enrutada a la problemática de la autorregulación de las organizaciones del ámbito económico. La relación entre ética y religión, entre los que se encuentran los debates desde la perspectiva ética del islam como Rice (1999); Al-Fawzaan (2003) y Weir (2004); El desarrollo moral ha sido ampliamente estudiado a partir de la teoría de Kohlberg (1992). Desde la perspectiva ética del judaísmo, destacan los aportes de autores como Green (1997), Pava (1998) y Friedman (2000). De acuerdo con De George (2011), el desarrollo ético de las personas se estructura en tres niveles: preconvencional, convencional y de principios o posconvencional.

Desde la perspectiva ética del cristianismo, sobresalen los trabajos de Stapleford (2000), Orwig (2002), Beed (2005) y Van Duzer et al. (2007). Según Plaisance (2014), la forma en que las personas toman decisiones en su vida profesional depende directamente de su nivel de desarrollo ético.

En el contexto organizacional, los administradores suelen guiar su conducta por la teoría del relativismo ético. Según Velásquez (2006), esta teoría sostiene que no existen estándares morales éticos absolutamente verdaderos y aplicables a todas las personas.

Para DeCosse, D. and Skeet, A. (2023), La relación entre religión y negocios en fallo de la Corte Suprema de los Estados Unidos, los empleadores deben tener en cuenta las preocupaciones religiosas de los empleados. Según Epstein

(2002). La introducción de ideas éticas extraídas de las tradiciones (religiones)… se deben presentar con fines de iluminación intelectual y no de adoctrinamiento. (Pág. 94). Tradicionalmente, el estudio de la percepción ética en la compensación laboral se ha abordado mediante enfoques descriptivos o inferenciales clásicos. Para Freeman y Evan, (1990) el poder entender que la teoría de los grupos de interés ayuda a predecir la sostenibilidad es decir un impacto positivo. Sin embargo, a pesar de esta convergencia, existe un déficit en la comprensión sistemática de cómo el canon de la fe incide en el ejercicio empresarial fase II. El hecho de que sólo a partir de los años setenta se comenzará a hablar de ética empresarial. Para Román (2000) se puede inducir que el contexto empresarial estaba surgiendo el nombre el cual existía la idea del comportamiento que debía seguirse en los negocios.

Siguiendo una lógica metodológica análoga a la empleada por Etemadi et al. (2025) en la comparación de herramientas de estratificación clínica mediante modelos beta-binomiales, el presente estudio propone un contraste bayesiano binomial para evaluar la percepción de la ética empresarial fase II en el comportamiento de compensación a los empleados. Para Melé (2014) esboza tres versiones de la ética empresarial la primera es el economicismo limitado, la segunda versión dualidad racionalista y tercera el realismo moderado descrito a continuación. Este enfoque permite comparar diferentes esquemas o prácticas de compensación ética, estimar probabilidades posteriores y realizar inferencias más precisas sobre cuál de ellas genera una percepción ética más favorable desde la perspectiva del trabajador, minimizando la variabilidad interpretativa y fortaleciendo la toma de decisiones gerenciales. Este estudio buscó identificar la dimensión ética de la fe en el ejercicio empresarial donde se analizó por medio del factor bayesiano la percepción de los actores mediante la pregunta ¿La Ética Empresarial incide en los comportamientos frente a la compensación a los empleados y decisiones al interior de una empresa u organización?

Metodología

Se empleó una aproximación bayesiana basada en la comparación de una distribución priori poco informativa con la distribución posterior obtenida tras la observación de los datos. Asimismo, se utilizó el Factor de Bayes (BF)

como criterio para contrastar la hipótesis alternativa (H_1) frente a la hipótesis nula (H_0). Complementando lo anterior, se efectuó un análisis secuencial del BF_{10} para examinar la estabilidad de la evidencia a medida que aumentaba el tamaño muestral.

Resultados

Participaron 83 microempresarios de la comunidad de la fe – Teusaquillo territorio de paz con personería jurídica especial de asuntos religiosos del ministerio del interior de Colombia. Los cuales completaron la encuesta "Canon de la fe en el ejercicio empresarial", desde la evidencia de los resultados por el proyecto dimensión ética de la fe en el entorno empresarial la cual genera una creciente intersección entre las creencias de religiones monoteístas (judaísmo, cristianismo e islam) y la ética empresarial para la toma de decisiones al analizar la encuesta aplicada mediante la estadística bayesiana la cual tiene como base la probabilidad subjetiva donde se labora con la actualización de la evidencia el cual considera los conocimientos adquiridos previos más la evidencia obtenida.

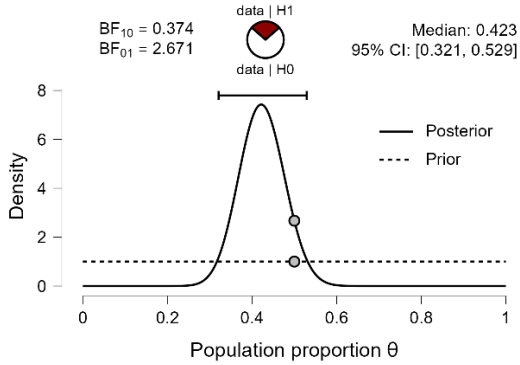
Dando una interpretación frente a los resultados y la especificación de la hipótesis La Ética Empresarial incide en los comportamientos frente a la compensación a los empleados y decisiones al interior de una empresa u organización la cual se contrasta y su probabilidad a priori antes del estudio. Para el análisis en el gráfico de densidad desarrollado con el software estadístico JASP, el cual es una representación de la distribución posterior de la proporción de la población encuestada representada en una línea sólida y la distribución a priori de la población es representada por una línea punteada.

Donde el eje (x) muestra la proporción de la población encuestada y varía entre un rango de 0 a 1, y el eje (y) vislumbra la densidad donde se describe la probabilidad relativa. El enfoque bayesiano permite cuantificar la probabilidad de diferentes valores poblacionales de la proporción θ, así como evaluar la evidencia relativa a favor de modelos alternativos mediante el cálculo del Bayes Factor (BF).

A continuación, el desarrollo de las gráficas de inferencia respecto a la pregunta ¿La Ética Empresarial incide en los comportamientos frente a la compensación a los empleados y decisiones al interior de una empresa u

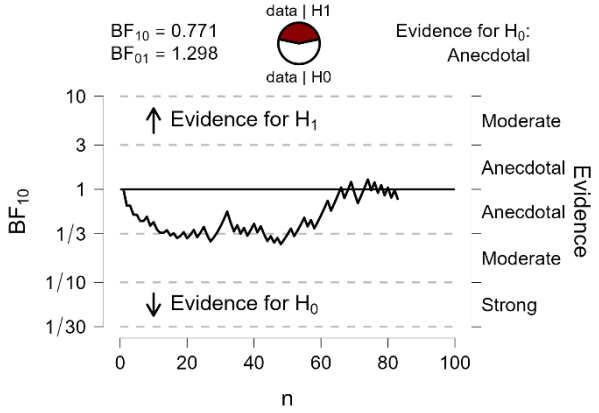
organización? y a la primera respuesta - De acuerdo, Los datos resumidos en la tabla de densidad y análisis secuencial presentan los siguientes resultados:

Figura 1. Gráfico de densidad -priori y posterior-



Nota. El gráfico de densidad, representa la distribución posterior de la proporción de la población encuestada con el software estadístico JASP (Versión 0.16.3) [Computer software].

Figura 2. Gráfico de análisis secuencial



Nota. El gráfico análisis secuencial, interpreta de acuerdo a la evidencia ser moderada, anecdotal o fuerte para H0 o H1 con el software estadístico JASP (Versión 0.16.3) [Computer software].

Según el análisis de la muestra y considerando creencias a priori neutras, la Mediana obtenida de la distribución posterior es de (0.423) y la probabilidad

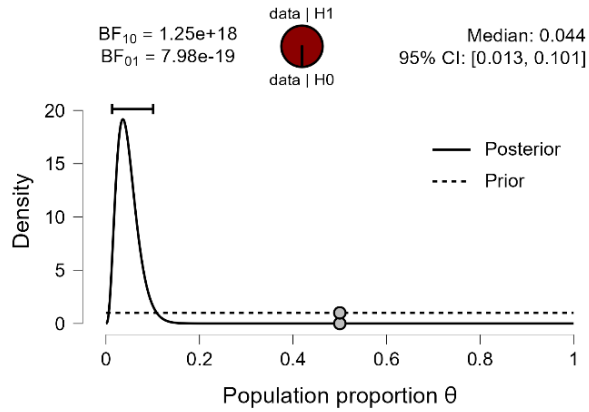
actualizada es de (95%) a favor de un efecto diferencial entre los tratamientos contra un (0.5%) a favor de ser iguales. Intervalo de Credibilidad (CI) del 95% varía entre [0.321, 0.529].

Esto significa que hay un 95% de probabilidad de que la proporción real de personas encuestada "De acuerdo" esté entre 32,1% y 52,9%. Este rango sugiere que, si bien existe un nivel moderado de acuerdo entre los participantes, dicho nivel no es lo suficientemente alto como para sostener que existe consenso en la población. Ahora al comparar las evidencias, los factores de Bayes obtenidos con un (BF_{10} = 0.374; BF_{01} = 2.671) indican que los datos son aproximadamente 2.67 veces más consistentes con la hipótesis nula (H_0) que con la hipótesis alternativa (H1); recordar que un (BF10 menor que 1) sugiere que los datos son más compatibles con H0 que con H1 De acuerdo con los criterios interpretativos estándar, esta magnitud corresponde a una evidencia anecdótica a favor de H_0, lo cual implica que los datos apoyan de manera ligera, pero no concluyente, la ausencia de un efecto fuerte de la Ética Empresarial en las dimensiones evaluadas.

La segunda gráfica muestra cómo evoluciona el Bayes Factor a medida que aumenta el tamaño muestral (n). El análisis secuencial del factor de Bayes permitió observar la evolución de la evidencia a medida que se incrementa el tamaño muestral. A lo largo de este proceso, el BF_{10} se mantuvo por debajo de 1, reflejando una inclinación persistente hacia la hipótesis nula (H_0). El valor final del análisis (BF_{10} = 0.771; BF_{01} = 1.298) reitera que la evidencia se mantiene en el rango anecdótico, con una ligera preferencia por la ausencia de incidencia clara de la Ética Empresarial en la categoría emergente estudiada.

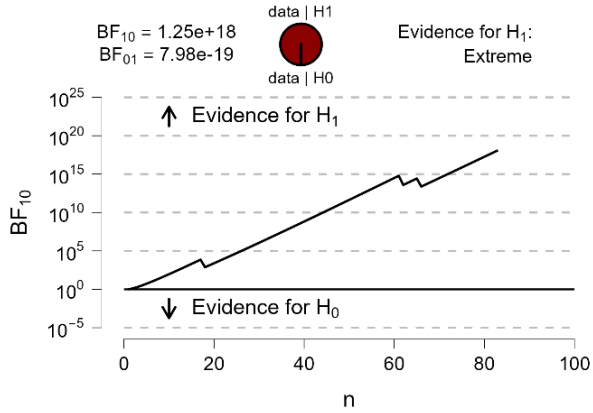
Respecto a la pregunta ¿La Ética Empresarial incide en los comportamientos frente a la compensación a los empleados y decisiones al interior de una empresa u organización?, y a la segunda respuesta En desacuerdo, Los datos resumidos en la tabla de densidad y análisis secuencial presentan los siguientes resultados:

Figura 3. Gráfico de densidad -priori y posterior-



Nota. El gráfico de densidad, representa la distribución posterior de la proporción de la población encuestada con el software estadístico JASP (Versión 0.16.3) [Computer software].

Figura 4. Gráfico de análisis secuencial



Nota. El gráfico análisis secuencial, interpreta de acuerdo a la evidencia ser moderada, anecdotal o fuerte para H0 o H1 con el software estadístico JASP (Versión 0.16.3) [Computer software].

Según el análisis de la muestra y considerando creencias a priori neutras, la Mediana obtenida de la distribución posterior es de (0.044) y la probabilidad actualizada es de (95%) a favor de un efecto diferencial entre los tratamientos contra un (0.5%) a favor de ser iguales. Intervalo de Credibilidad (CI) del 95% varía entre [0.013, 0.101]. Esto significa que hay un 95% de probabilidad de que

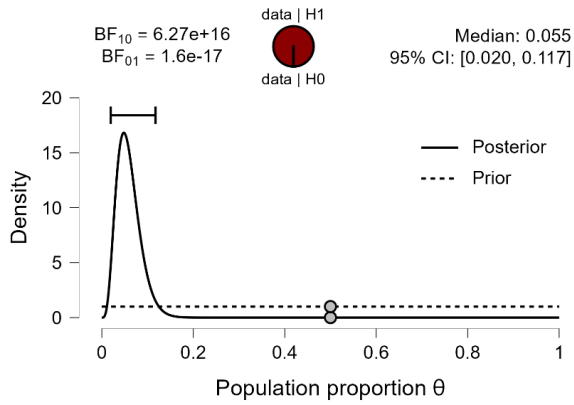
la proporción real de personas encuestada "En desacuerdo" esté entre 0,13% y 10,1%.

La comparación entre la distribución priori y posterior evidencia que los datos proporcionan información relevante, desplazando la masa de probabilidad hacia valores cercanos a cero. Respecto al factor de Bayes con un (BF_{10} = 1.25 × 10^{18}) indica evidencia extrema a favor la hipótesis alternativa (H1).

Por su lado el análisis secuencial corrobora esta tendencia, mostrando un incremento consistente del BF_{10} conforme aumentó el tamaño muestral, lo que indica estabilidad en la evidencia a favor de la hipótesis alternativa. En conjunto, los resultados sugieren que la proporción de individuos que están en desacuerdo con la influencia de la Ética Empresarial es mínima y que existe un consenso amplio sobre su importancia en la compensación y las decisiones internas de las organizaciones. La posición de desacuerdo frente a la incidencia de la Ética Empresarial es marginal dentro de la población analizada. Existe consenso amplio en que la ética sí desempeña un papel significativo.

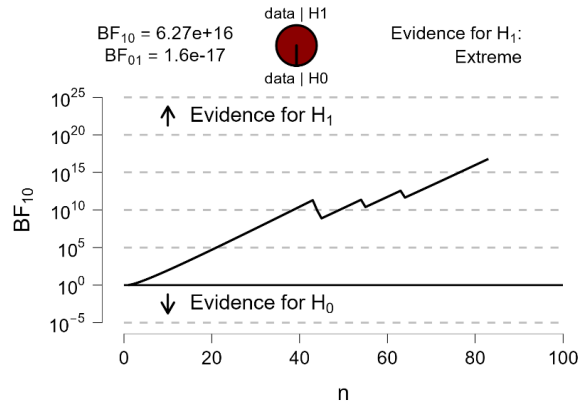
Respecto a la pregunta ¿La Ética Empresarial incide en los comportamientos frente a la compensación a los empleados y decisiones al interior de una empresa u organización?, y a la tercera respuesta Ni en acuerdo ni en desacuerdo, Los datos resumidos en la tabla de densidad y análisis secuencial presentan los siguientes resultados:

Figura 5. Gráfico de densidad -priori y posterior-



Nota. El gráfico de densidad, representa la distribución posterior de la proporción de la población encuestada con el software estadístico JASP (Versión 0.16.3) [Computer software].

Figura 6. Gráfico de análisis secuencial



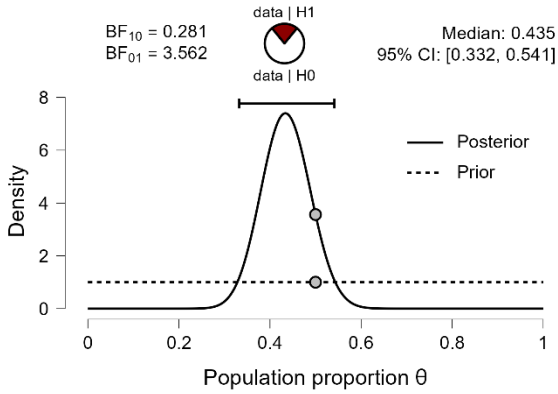
Nota. El gráfico análisis secuencial, interpreta de acuerdo a la evidencia ser moderada, anecdotal o fuerte para H0 o H1 con el software estadístico JASP (Versión 0.16.3) [Computer software].

Según el análisis de la muestra y considerando creencias a priori neutras, la Mediana obtenida de la distribución posterior es de (0.055) y la probabilidad actualizada es de (95%) a favor de un efecto diferencial entre los tratamientos contra un (0.5%) a favor de ser iguales. Intervalo de Credibilidad (CI) del 95% varía entre [0.020 y 0.117]. Esto significa que hay un 95% de probabilidad de que la proporción real de personas encuestada "Ni en acuerdo ni en desacuerdo" esté entre 2% y 11,7%. La comparación entre la distribución priori y posterior evidencia que los valores de Bayes obtenidos (BF_{10} = 1.6 × 10^17) indican que los datos más probables hacia una evidencia extrema a favor de la hipótesis alternativa (H1), que hacia la hipótesis nula H_0.

La segunda gráfica muestra la manera en que la evidencia a favor de H_1 va evolucionando conforme se realiza cada nueva observación, es decir que hay crecimiento sostenido del BF10 (Al igual que la respuesta anterior desde los primeros valores de n (aprox. 10), el Bayes Factor supera 102 y continúa aumentando sin caer); La línea crece con pendiente positiva constante (escalada logarítmica), alcanzando valores mayores de 10^{24}. Por otro lado, la gráfica no presenta oscilaciones importantes hacia H_0, lo que ratifica que la evidencia a favor de H_1 es robusta y consistente. La posición neutral no es representativa o marginal, estos individuos probablemente reflejen incertidumbre, falta de conocimiento, falta de claridad sobre el concepto, o posiciones intermedias.

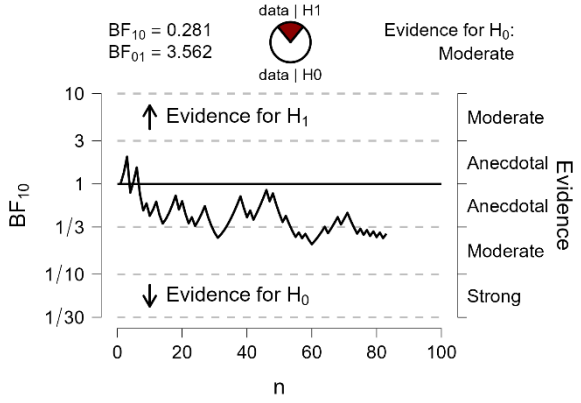
Frente a la pregunta ¿La Ética Empresarial incide en los comportamientos frente a la compensación a los empleados y decisiones al interior de una empresa u organización?, y a la cuarta respuesta Totalmente de acuerdo, Los datos resumidos en la tabla de densidad y análisis secuencial presentan los siguientes resultados:

Figura 7. Gráfico de densidad -priori y posterior-



Nota. El gráfico de densidad, representa la distribución posterior de la proporción de la población encuestada con el software estadístico JASP (Versión 0.16.3) [Computer software].

Figura 8. Gráfico de análisis secuencial



Nota. El gráfico análisis secuencial, interpreta de acuerdo a la evidencia ser moderada, anecdotal o fuerte para H0 o H1 con el software estadístico JASP (Versión 0.16.3) [Computer software].

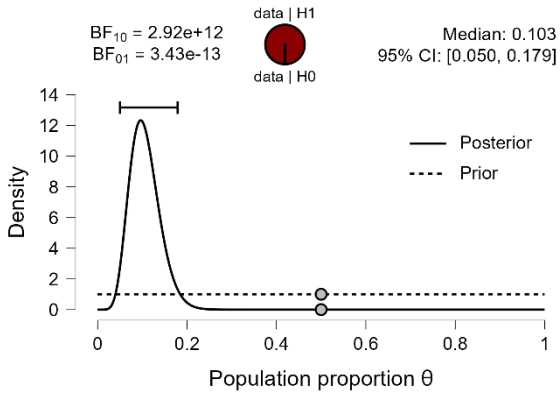
Según el análisis de la muestra y considerando creencias a priori neutras, la Mediana obtenida de la distribución posterior es de (0.435) y la probabilidad

actualizada es de (95%) a favor de un efecto diferencial entre los tratamientos contra un (0.5%) a favor de ser iguales. Intervalo de Credibilidad (CI) de 95% varía entre [0.332, 0.541]. Esto significa que hay un 95% de probabilidad de que la proporción real de las personas encuestada "Totalmente de acuerdo" esté entre 33.2% y 54.1%. Si bien este intervalo refleja un acuerdo considerable, no constituye una mayoría contundente. La comparación entre la distribución priori y posterior muestra que los valores de Bayes obtenidos según la escala comúnmente utilizada (Jeffreys, Kass & Raftery), con un $BF_{01} > 3$ indica una evidencia moderada a favor de la hipótesis nula (H_0) frente a la hipótesis alternativa (H_1), Es decir que los datos observados son más compatibles con un escenario en el cual la proporción de respuestas "Totalmente de acuerdo" no excede significativamente el valor planteado por H_0.

Por su lado el gráfico del análisis secuencial muestra que, desde las primeras observaciones, el BF_{10} presenta fluctuaciones muy pequeñas. Sin embargo, conforme avanza la observación de los datos, el BF_{10} se estabiliza alrededor de valores menores a 1, aproximadamente en el rango de 0.2 a 0.4. Esta tendencia refuerza consistente la evidencia a favor de H_0.

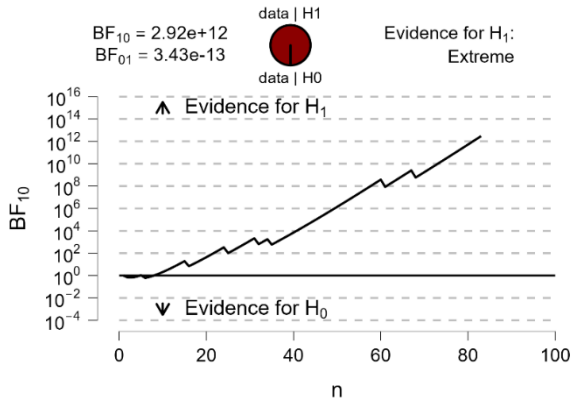
Respecto a la pregunta ¿La Ética Empresarial incide en los comportamientos frente a la compensación a los empleados y decisiones al interior de una empresa u organización?, y en quinta respuesta Totalmente en desacuerdo, Los datos resumidos en la tabla de densidad y análisis secuencial presentan los siguientes resultados:

Figura 9. Gráfico de densidad -priori y posterior-



Nota. El gráfico de densidad, representa la distribución posterior de la proporción de la población encuestada con el software estadístico JASP (Versión 0.16.3) [Computer software]

Figura 10. Gráfico de análisis secuencial



Nota. El gráfico análisis secuencial, interpreta de acuerdo a la evidencia ser moderada, anecdotal o fuerte para H0 o H1 con el software estadístico JASP (Versión 0.16.3) [Computer software].

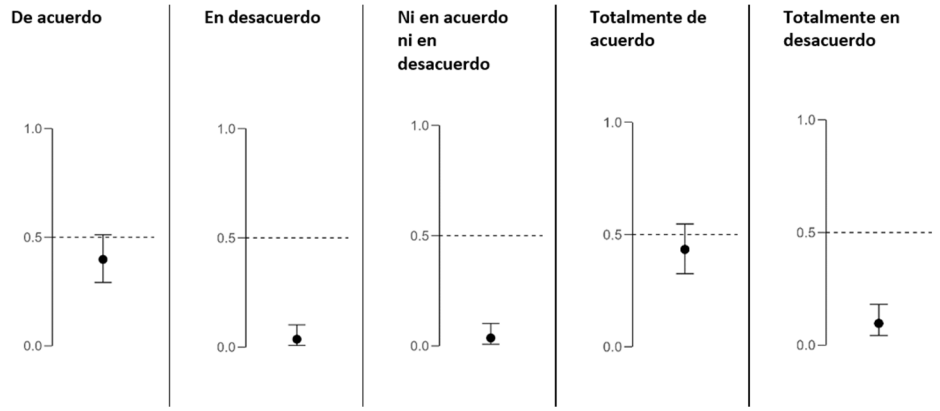
Según el análisis de la muestra y considerando creencias a priori neutras, la Mediana obtenida de la distribución posterior es de (0.103) y la probabilidad actualizada es de (95%) a favor de un efecto diferencial entre los tratamientos contra un (0.5%) a favor de ser iguales. Intervalo de Credibilidad (CI) del 95% varía entre [0.050, 0.179]. Esto significa que hay un 95% de probabilidad de que la proporción real de las personas encuestada "Totalmente de acuerdo" esté entre 5% y 517,0%, es decir que, después de ver los datos, la estimación más probable de la proporción de personas que respondieron "Totalmente en desacuerdo" es de aproximadamente 10.3%. La comparación entre la distribución priori y posterior muestra que con un ($BF10 = 2.92 \times 10^{12}$), el Factor de Bayes es extraordinariamente grande, ya que, de acuerdo con la escala de Jeffreys, un BF_{10} de billones significa que la evidencia de los datos es abrumadoramente más consistente con la hipótesis alternativa (H_1), que con la hipótesis nula (H_0).

La segunda gráfica muestra la manera en que el BF_{10} crece de manera continua y sostenida conforme aumenta el tamaño de la muestra (n). Lo anterior significa que: A medida que se registran más respuestas, la evidencia a favor de la hipótesis alternativa (H_1) se vuelve más fuerte. En términos Bayesianos, un $BF_{10} > 100$ ya se considera decisivo, en este caso el valor es billones de veces mayor, lo que indica una evidencia extraordinariamente fuerte. El análisis Bayesiano secuencial muestra evidencia extrema a favor de la hipótesis de que la ética empresarial sí incide en los comportamientos

relacionados con la compensación de empleados y las decisiones internas de una organización.

A continuación, el gráfico descriptivo frente a la pregunta ¿La Ética Empresarial incide en los comportamientos frente a la compensación a los empleados y decisiones al interior de una empresa u organización?, con todas las respuestas, donde se muestran gráficamente la distribución porcentual de las respuestas dadas por la población encuestada.

Figura 11. Gráfico descriptivo de percepción sobre la pregunta ¿La Ética Empresarial incide en los comportamientos frente al fraude y decisiones al interior de una empresa u organización?



Nota. El gráfico descriptivo con el software estadístico JASP (Versión 0.16.3) [Computer software].

El gráfico descriptivo muestra la distribución porcentual de las respuestas dadas por la población encuesta, la cual comprendió un número de 83 actores que están en el ejercicio empresarial de comunidades de la fe – Teusaquillo territorio de paz con personería jurídica especial de asuntos religiosos del ministerio del interior de Colombia. Los cuales completaron la encuesta "Canon de la fe en el ejercicio empresarial". Y comedidamente dieron su percepción mediante la pregunta La Ética Empresarial incide en los comportamientos frente al fraude y decisiones al interior de una empresa u organización, El gráfico muestra cinco categorías de respuesta tipo Likert (De acuerdo, En desacuerdo, Ni de acuerdo ni en desacuerdo, Totalmente de acuerdo, Totalmente en desacuerdo), cada una representada por un punto estimado con su intervalo de credibilidad bayesiano. El análisis en el gráfico utiliza estimaciones posteriores para cada categoría de respuesta junto con intervalos de credibilidad del 95%: 1) Los valores parecen estar expresados en una escala probabilística (0–1). 2) La línea punteada (0.5) funciona como un

punto de referencia neutral. 2.1) Cuando el punto estimado está significativamente por encima de 0.5, la categoría muestra mayor apoyo. 2.2) Cuando está por debajo de 0.5, indica baja probabilidad de que las respuestas se concentren allí. La distribución fue la siguiente: 1) Con respuesta De acuerdo (35), que representa una proporción de (0.422); 2) Con la respuesta En desacuerdo (3), que representa una proporción de (0.044); 3) Con la respuesta Ni en acuerdo ni en desacuerdo (4), que representa una proporción de (0.044); 4) Con la respuesta Totalmente de acuerdo (34), que representa una proporción de (0.435); 4) 5) Con la respuesta Totalmente de desacuerdo (7), que representa una proporción de (0.103).

Conclusiones

La aplicación de la prueba de hipótesis Bayesiana una herramienta intuitiva para la inferencia estadística. Frente a la pregunta ¿La Ética Empresarial incide en los comportamientos frente a la compensación a los empleados y decisiones al interior de una empresa u organización? Diseñada con la Escala de Likert y aplicada a la población que están en el ejercicio empresarial en la comunidad de la fe – Teusaquillo territorio de paz con personería jurídica especial de asuntos religiosos del ministerio del interior de Colombia. El análisis bayesiano sugieren que el porcentaje de participantes que manifiestan estar "De acuerdo" con la incidencia de la Ética Empresarial en la compensación y en la toma de decisiones no proporciona evidencia suficientemente sólida para confirmar un efecto o impacto sustantivo, aunque existe un grado moderado de acuerdo con la muestra la evidencia acumulada a través de los factores de Bayes tanto en el análisis de densidad como en el secuencial se inclina de manera leve hacia la hipótesis nula indicando que son más compatibles con la ausencia de un efecto fuerte.

La proporción de personas que están "En desacuerdo" es extremadamente baja donde el intervalo de credibilidad respalda que incluso en el mejor escenario, solo un poca proporción esta aproximado estaría en desacuerdo, donde el factor Bayesiano proporciona evidencia extrema a favor de que esta proporción es realmente baja y el análisis secuencial demuestra que esta evidencia es estable, robusta y acumulativa, donde el análisis secuencial corroboró esta tendencia al incrementar una consistente del BF_{10} conforme aumentó el tamaño muestral indicando estabilidad en la evidencia a favor de la hipótesis alternativa.

La distribución posterior indica una proporción moderada no nula de individuos que se mantienen neutrales donde existe un grupo moderado de personas que adopta una postura neutral este grupo constituye una fracción no despreciable de la población encuestada y puede representar áreas de oportunidad para clarificar procesos éticos dentro de las organizaciones donde el uso del enfoque bayesiano en el análisis secuencial confirma que la evidencia es fuerte, estable y robusta, reforzando la validez.

La interpretación Bayesiana de la Respuesta "Totalmente de desacuerdo" del factor de Bayes proporciona una evidencia moderada a favor de la hipótesis nula, lo que indica que la proporción no supera de forma significativa los valores esperados bajo esta hipótesis por lo cual el análisis secuencial confirma esta conclusión el cual refuerza la robustez aunque existe un nivel apreciable de acuerdo no existe una adhesión suficientemente fuerte como para afirmar categóricamente que la ética empresarial incide decisivamente en las categorías evaluadas.

La proporción de encuestados que está "Totalmente en desacuerdo" con que la ética empresarial incide en la compensación y decisiones internas es muy baja con límites creíbles estrechos donde el factor de Bayes decisivo muestra que se apoya fuertemente la proporción real donde es mucho menor que cualquier hipótesis nula razonable, donde el análisis bayesiano secuencial muestra que el patrón de respuestas respalda firmemente la relevancia de la ética Empresarial y la hipótesis nula afirma que la ética empresarial no influye, queda prácticamente descartada desde el punto de vista estadístico.

Referencias bibliográficas

Al-Fawzaan, S (2003). Transacciones comerciales prohibidas en el Islam. Conferencia transcrita y traducida por Abu Maryam Isma´eel Alarcón. Al-lbaanah E-Books. Disponible en: http://al-ibaanah.com/cms/pdf_files/12.pdf

Beed, C. (2005). Aplicación de principios judeocristianos a las cuestiones económicas contemporaneas. Revista de Mercados y Moralidad, 8 (1), 53-79. Disponible en: http://acton.org/files/8145677.pdf

Cavalieri, E. (2002): Economia ed etica aziendale, Torino, Giappichelli.

Cortina, A. (1994) La ética de la sociedad civil, Madrid, Amaya/Alauda, 1994.

Cortina, A (1995) Ética empresarial y opinión pública, Claves de Razón Práctica Vol. 56: 48-75

Donaldson, T. (1982): Corporations and Morality, New Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs.

Etemadi, A., Hosseini, M., Rafiee, H. et al. Comparative diagnostic accuracy of pre-test clinical probability scores for the risk stratification of patients with suspected pulmonary embolism: a systematic review and Bayesian network meta-analysis. BMC Pulm Med 25, 162 (2025). https://doi.org/10.1186/s12890-025-03637-6

Friedman, H. (2000). Fundamentos bíblicos de la ética empresarial. Revista de Mercados y Moralidad, 3(1), 43-57.

Friedman, M. (1962). Capitalism and freedom. Chicago: University of Chicago Press.

Fontrodona-Felip, J., Guillén-Parra, M., y Rodríguez-Sedano, A., Virtue: A Necessary Component of Ethical Administration, Educación y Educadores, ISSN: 0123-1294, 14(2), 413–423 (2011)

Green, R. (1997). Principios rectores de la ética empresarial judía. Ética empresarial trimestral,7(1), 21-30.

JASP Team (2022). JASP (Version 0.16.3) [Computer software].

Koys, D(2001) Integración de principios religiosos y actividades de gestión de recursos humanos. Enseñanza de la ética empresarial, 5 (2), 121-139.

Kholberg, L., Psicología del desarrollo moral, Desclee de Brouwer, ISBN: 9788433009326, Bilbao, España (1992)

Marsal-Llacuna, M., Colomer-Llinàs, J., y Joaquim, M. (2015). Lessons in urban monitoring taken from sustainable and livable cities to better address the Smart Cities initiative. Technological Forecasting and Social Change, 90, 611-622. DOI: https://doi.org/10.1016/j.techfore.2014.01.012

Martin (2000) Acuerdos y normas. Los códigos en la ética empresarial, Telos Vol. 2 (2): 278-283, 2000

Pava, M. (1998). La sustancia de la ética empresarial judía. Revista de Ética Empresarial, 17(6), 603-617.

Ramírez, m.a. (2008). "Ética de los negocios en un mundo global". Frontera Norte, vol. 20, n.° 40.

Rice, G. 1999. La ética islámica y sus implicaciones para los negocios. Revista de ética empresarial, 18 (4), 345-358.

Rodríguez, M. P. (2003). Una aproximación conceptual a la ética y la ética empresarial. Recuperado el 25 de mayo de 2012 de htpp://manizales.unal.edu.co/modules/uncontextos/admin/archivos/4050183/eecegcap2.pdf

Stapleford, J. (2000). La ética cristiana y la enseñanza de la introducción a la economía. Revista de mercados y moralida, 3 (1), 67-87. Disponible en: http://www.acton.org/files/mm-v3n1-stapleford.pdf

Weir, D. 2004. Algunos fundamentos sociológicos, filosóficos y éticos de un modelo de gestión islámica. Revista de Gestión, espiritualidad y religión, 1(2), 224-242

Capítulo 4

Bioplásticos de residuos cítricos: desarrollo y enfoque sostenible

Astrid Altamar Consuegra [1*]
Wilson Alexander Pinzón Rueda [2]
Jaime Aguilar-Arias [3]

Resumen

La problemática asociada al uso de plásticos convencionales, junto con la generación de residuos agroindustriales, ha impulsado la búsqueda de alternativas más sostenibles que permitan el aprovechamiento de estos materiales. En este contexto, los residuos cítricos, por su composición y disponibilidad, representan una opción viable para la obtención de bioplásticos con potencial de aplicación.

En este trabajo se presenta la obtención de biopelículas a partir de cáscara de naranja proveniente del procesamiento de jugo en Bogotá, Colombia, mediante un proceso experimental a escala de laboratorio. Asimismo, se realizó una revisión de antecedentes con el fin de contextualizar el uso de este tipo de residuos en la producción de materiales sostenibles. El procedimiento incluyó el acondicionamiento de la materia prima, la preparación de la mezcla filmógena y su posterior secado mediante el método de casting.

[1] * Este capítulo se deriva del proyecto de investigación "Caracterización y valorización de residuos de cáscara de naranja mediante enfoques de economía circular: bases preliminares para el diseño de soluciones sostenibles" (código PNFF-2025-2076), financiado y apoyado en especie por la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y la Oficina de Investigación (ODI). Facultad Tecnológica. Universidad Distrital Francisco José de Caldas

[2] Departamento de Ingeniería Química y Ambiental. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá.

[3] Departamento de Ingeniería Química y Ambiental. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá.

Como resultado, se obtuvieron películas continuas en dos formulaciones (30% y 40% de residuo cítrico), las cuales presentaron diferencias en su comportamiento estructural. La formulación con menor contenido de cáscara mostró mayor homogeneidad y mejor flexibilidad, mientras que el incremento del residuo generó una mayor presencia de partículas, menor uniformidad y un secado más lento. Estos resultados evidencian la influencia de la formulación en la calidad del material, en concordancia con lo reportado en la literatura.

En general, el estudio confirma la viabilidad del aprovechamiento de residuos cítricos para la obtención de bioplásticos mediante procesos sencillos, y resalta su potencial en el desarrollo de alternativas sostenibles en contextos urbanos. Sin embargo, también se evidencia la necesidad de optimizar las condiciones de proceso para mejorar las propiedades del material y ampliar sus posibles aplicaciones.

Palabras clave: Bioplásticos; residuos cítricos; cáscara de naranja; economía circular; biopelículas.

Introducción

En las últimas décadas ha aumentado de manera muy rápida el uso de plásticos en casi todos los sectores productivos, debido a su bajo costo, facilidad de procesamiento y versatilidad por sus propiedades físicas adaptables a muchas aplicaciones. Esto los ha hecho ampliamente utilizados como insumos para sectores como empaques, construcción y otros campos industriales. No obstante, la dependencia que se ha generado en el consumo de plásticos se ha convertido en un problema ambiental importante a nivel global, principalmente por la acumulación de residuos y su baja capacidad de degradación en condiciones naturales. Se estima que desde 1950 se han producido más de 8300 millones de toneladas de plásticos, y una gran parte de estos ya se han convertido en residuos que permanecen en el ambiente (Geyer et al., 2017).

Más recientemente, reportes internacionales indican que la producción mundial de plásticos supera los 400 millones de toneladas por año, y se espera que continúe aumentando si no se generan cambios en los modelos de producción y consumo. Actualmente, solo una fracción cercana al 9% de estos materiales se recicla, mientras que la mayor parte termina en rellenos sanitarios o en el ambiente (Geyer et al., 2017). Esto muestra que el problema

no es solo la producción, sino la baja capacidad de los sistemas productivos y de gestión ambiental actuales para dar un manejo estos residuos.

Más aún, si bien el reciclaje se plantea como una solución relevante, ésta presenta muchas limitaciones en la práctica, ya que no todos los plásticos pueden reciclarse fácilmente y, en algunos casos, el material pierde calidad en cada ciclo (Suzuki et al., 2024). Además, los plásticos pueden fragmentarse en partículas más pequeñas, conocidas como microplásticos, que ya han sido detectadas en diferentes ambientes. Esto hace que la contaminación por plásticos sea más difícil de controlar y más persistente en el tiempo (Dokl et al., 2024).

Frente a esta situación, se han buscado alternativas más sostenibles, entre ellas los bioplásticos. Estos materiales pueden tener características similares, y se obtienen empleando fuentes renovables, degradándose adecuadamente en condiciones naturales ó controladas. Hace falta aún superar algunas limitaciones críticas, tales como su resistencia mecánica, comportamiento ante la humedad y sus costos de producción, lo que sigue limitando su uso a gran escala (Y. Zhang et al., 2026), (Magnaghi et al., 2024).

Una clara posibilidad en favor de viabilizar el uso masivo de bioplásticos es ajustar las fórmulas de elaboración, mediante la adición parcial de residuos agroindustriales, que son generados en grandes cantidades y muchas veces sin aprovechamiento valorizable. Punto en el cual toma importancia el concepto de economía circular, que busca que estos residuos no se vean como desechos, sino como materias primas para nuevos procesos (Oliveira et al., 2025) . Este enfoque ha sido aplicado en diferentes sectores, especialmente en el área de alimentos.

Dentro de estos residuos, los de origen cítrico tienen bastante potencial para producir bioplásticos. La producción mundial de cítricos supera los 100 millones de toneladas, siendo la naranja una de las frutas más producidas (Lima et al., 2025) . Durante su procesamiento, especialmente en la industria de jugos, se generan grandes cantidades de residuos. Se estima que entre el 50% y el 60% del peso del fruto termina como subproducto, principalmente cáscaras, pulpa y semillas (Lima et al., 2025), (Possari et al., 2025).

Estos residuos presentan algunas dificultades de manejo, como su alto contenido de humedad y su rápida degradación. Sin embargo, también contienen compuestos importantes como celulosa, hemicelulosa, pectina y azúcares, que pueden ser aprovechados en diferentes procesos (Lima et al.,

2025) , (Yaradoddi et al., 2022). Por esta razón, en los últimos años se ha incrementado el interés en su valorización.

Algunos estudios han mostrado que estos residuos pueden ser utilizados en procesos biotecnológicos, por ejemplo, para la producción de enzimas mediante fermentación (Lima et al., 2025), indicando su uso potencial en productos de mayor valor agregado, en coherencia con el concepto de biorrefinería (Oliveira et al., 2025).

En el caso de los bioplásticos, los residuos cítricos también han mostrado potencial, ya que contienen compuestos como la pectina, que pueden participar en la formación de materiales tipo película. La elaboración conjunta con almidón y plastificantes como la glicerina, permite obtener biopelículas con propiedades funcionales y aprovechando estos residuos (Magnaghi et al., 2024), (Stanley et al., 2026).

El almidón de diferentes fuentes es una de las materias primas más utilizadas en este tipo de aplicaciones, debido a su disponibilidad y capacidad de formar películas. Sin embargo, tiene limitaciones como su alta sensibilidad al agua y baja resistencia mecánica, lo que hace necesario modificar sus propiedades con otros aditivos (Magnaghi et al., 2024). En este sentido, la incorporación de residuos cítricos puede ayudar a mejorar algunas propiedades, aunque esto depende de la formulación y del proceso.

A pesar de los avances, todavía existen varios retos, como la variabilidad de los residuos, la falta de estandarización en las formulaciones y la necesidad de evaluar estos materiales en condiciones más cercanas a su uso real (Y. Zhang et al., 2026) , (Oliveira et al., 2025), además de que muchos estudios solamente llegan a escala de laboratorio y no logran avanzar a escalas más avanzadas.

- Por lo anterior, este capítulo se enfoca en analizar el desarrollo de bioplásticos aprovechando residuos cítricos, considerando tanto la obtención del material como el análisis del proceso. Se busca mostrar el potencial de estos residuos y aportar a la búsqueda de alternativas más sostenibles frente al problema de los plásticos convencionales.
- En este contexto, el capítulo se desarrolla en el marco del proyecto de investigación "Caracterización y valorización de residuos de cáscara de naranja mediante enfoques de

economía circular: bases preliminares para el diseño de soluciones sostenibles" (código PNFF-2025-2076).

Revisión bibliográfica

Definición, clasificación y relevancia de los bioplásticos

En los últimos años, los bioplásticos han tomado bastante relevancia como una alternativa frente a los plásticos convencionales, principalmente por los problemas ambientales asociados a su acumulación en diferentes ecosistemas, especialmente en aplicaciones agrícolas y de empaque (Alcaraz-Dólera et al., 2026; Haq et al., 2025). El uso intensivo de plásticos en estos sectores ha llevado a una acumulación apreciable de residuos, lo que ha impulsado la búsqueda de materiales con mejor comportamiento ambiental (Vigneswari et al., 2024).

Considerando que el concepto de bioplástico corresponde a un conjunto de polímeros con características diferentes, se ha señalado que éstos constituyen una familia heterogénea de materiales que pueden variar en su origen, estructura química y comportamiento en el ambiente (Alcaraz-Dólera et al., 2026; Vigneswari et al., 2024). Esta gama de variantes en el desempeño, hace necesario analizarlos de forma diferenciada.

De forma general, los bioplásticos suelen clasificarse a partir de dos criterios principales: el origen de la materia prima y su capacidad de biodegradación (Haq et al., 2025; Vigneswari et al., 2024). A partir de esto, se pueden identificar materiales derivados de biomasa, que provienen de recursos renovables, y materiales de origen fósil siendo que algunos de ellos presentan biodegradabilidad y otros no. Es entonces de resaltar que estos dos criterios no son mutuamente excluyentes, ya que un material puede ser derivado de biomasa sin ser biodegradable, o biodegradable sin ser de origen renovable, lo cual ha sido señalado en diferentes estudios (Alcaraz-Dólera et al., 2026; Haq et al., 2025).

Pueden, entonces, distinguirse tres grupos principales de bioplásticos. En primer lugar, los bioplásticos de origen renovable y biodegradables, como el almidón termoplástico (TPS), el ácido poliláctico (PLA) y los polihidroxialcanoatos (PHA), que suelen considerarse los más cercanos a una alternativa sostenible (Vigneswari et al., 2024). En segundo lugar, los bioplásticos de base biológica no biodegradables, como el bio-PE o bio-PET,

que, aunque provienen de fuentes renovables, presentan comportamientos similares a los plásticos convencionales (Haq et al., 2025). Finalmente, existen bioplásticos biodegradables de origen fósil, como el Polibutileno-Adipato-Tereftalato, PBAT, que tienen la capacidad de degradarse bajo ciertas condiciones, aunque no provienen de biomasa (Alcaraz-Dólera et al., 2026).

En cuanto a sus aplicaciones, los bioplásticos han sido utilizados en diferentes sectores, destacándose el área de empaques y la agricultura. En este último caso, su uso se ha enfocado en películas de acolchado y otros materiales que buscan reducir la acumulación de residuos plásticos en el suelo (Alcaraz-Dólera et al., 2026; Haq et al., 2025).

Uno de los aspectos más importantes es que la biodegradabilidad depende de factores, como la temperatura, la humedad, la actividad microbiana y la composición del material (Haq et al., 2025; Vigneswari et al., 2024). En muchos casos, en lugar de una degradación completa, se presenta una fragmentación del material en partículas más pequeñas, lo que puede dar lugar a microplásticos biodegradables (Alcaraz-Dólera et al., 2026). Esto indica que el hecho de que un material sea biodegradable no es garantía de que no pueda generar impactos ambientales.

Algunos estudios también han mostrado la interacción de los bioplásticos con el suelo, afectando procesos como la actividad microbiana o la disponibilidad de nutrientes, dependiendo del tipo de polímero y de las condiciones del entorno (Alcaraz-Dólera et al., 2026; Haq et al., 2025), por lo que la evaluación debe incluir estos efectos, y no limitarse a su origen o a su capacidad de degradarse.

Si bien los bioplásticos representan una alternativa interesante, su uso debe analizarse de manera crítica, considerando no solo sus ventajas, sino también sus limitaciones y condiciones de aplicación (Alcaraz-Dólera et al., 2026; Vigneswari et al., 2024), deben tenerse como una opción dentro del escenario, que requiere ser optimizada y evaluada en contextos reales.

Materiales utilizados en la producción de bioplásticos

Los bioplásticos pueden obtenerse a partir de diferentes biopolímeros naturales, principalmente almidón, celulosa y pectina, debido a su disponibilidad y capacidad de formar materiales biodegradables, cuyas características particulares influyen en las propiedades finales del bioplástico (Glaser et al., 2026; Kour et al., 2025).

El almidón es ampliamente utilizado como matriz base por su facilidad de procesamiento, pero su baja resistencia mecánica y alta sensibilidad al agua, hace necesario el uso de plastificantes como el glicerol (Chua et al., 2026; Glaser et al., 2026). La celulosa en cambio aporta mayor rigidez y estabilidad estructural, pero su incorporación requiere tratamientos adicionales debido a su estructura más compleja (Chander et al., 2026; Kour et al., 2025). En el caso de la pectina, su capacidad de gelificación favorece la formación de matrices continuas, siendo muy importante en residuos cítricos (Benmebarek et al., 2025)

Generalmente, el uso de plastificantes es necesario para mejorar la flexibilidad y procesabilidad de las formulaciones, reduciendo la fragilidad del producto terminado (Glaser et al., 2026).

En la tabla 1, se presenta una comparación de diferentes estudios reportados en la literatura, donde se analizan los materiales base, plastificantes y propiedades obtenidas en la producción de bioplásticos.

Tabla 1. Comparación de materiales base y propiedades en la producción de bioplásticos reportados en la literatura

Autor	Material base	Plastificante	Aditivo / Tratamiento	Propiedades	Observaciones
(Glaser et al., 2026)	Almidón	Glicerol, sorbitol	Ácidos orgánicos (ajuste de pH), sales	Formación de películas, biodegradable, baja resistencia mecánica, alta sensibilidad al agua	Requiere plastificantes y control de pH; problemas de humedad
(Chua et al., 2026)	Almidón de tapioca modificado	Glicerol	Oxidación química del almidón	Mejora ductilidad, cambios en absorción de agua y estabilidad térmica	La modificación mejora propiedades, pero en exceso debilita la estructura
(Chander et al., 2026)	Celulosa → acetato de celulosa	PEG-600	Ácido acético (empleado en la modificación química de la celulosa)	Flexibilidad, formación de película, biodegradabilidad moderada	Requiere transformación previa del material; proceso más complejo

Autor	Material base	Plastificante	Aditivo / Tratamiento	Propiedades	Observaciones
(Kour et al., 2025)	Celulosa	Glicerol, sorbitol	No reportado explícitamente	Alta resistencia mecánica, biocompatibilidad	Material más rígido; difícil de procesar sin modificación
(Benmebarek et al., 2025)	Pectina	Puede no requerir o usar plastificantes	Ajuste de pH y sales (ej. calcio)	Gelificación, retención de agua, formación de películas	El pH y las sales controlan la estructura del material
(S. Zhang et al., 2024)	Almidón / biopolímeros	Glicerol	No especificado	Biodegradabilidad, formación de películas, propiedades variables	Requiere combinación con otros materiales para mejorar desempeño
(Butler et al., 2023)	Biopolímeros (proteínas/mezclas)	Glicerol	No especificado	Flexibilidad, formación de película	Limitaciones en resistencia al agua
(Ursachi et al., 2024)	Mezclas (almidón + celulosa)	Glicerol	No especificado	Mejora propiedades mecánicas y de barrera	Las mezclas mejoran el desempeño frente a materiales individuales

Fuente: Elaboración propia a partir de la literatura consultada.

Procesos de obtención de bioplásticos a partir de residuos cítricos

En los últimos años se ha incrementado el interés en el uso de residuos agroindustriales como materia prima para la producción de bioplásticos, en especial los residuos cítricos como la cáscara de naranja, limón y toronja. Esto se debe principalmente a que estos materiales contienen compuestos como pectina, celulosa y hemicelulosa, los cuales permiten la formación de matrices tipo película cuando se combinan con otros biopolímeros (Chhatariya et al., 2022; Firdaus et al., 2024; Khalil et al., 2022). Adicionalmente, varios estudios destacan que el aprovechamiento de estos residuos contribuye a reducir impactos ambientales y a promover enfoques de economía circular (Gouda et al., 2025).

En cuanto a los procesos de obtención, el método más utilizado es el casting, el cual consiste en la preparación de una solución filmógena que posteriormente es calentada, vertida en moldes y secada bajo condiciones

controladas. Este método ha sido ampliamente reportado debido a su simplicidad y a su facilidad de aplicación a escala de laboratorio (Karakuş et al., 2023; Terzioğlu et al., 2021). Asimismo, es común el uso de plastificantes como la glicerina, los cuales permiten mejorar la flexibilidad de las películas obtenidas, así como la incorporación de ácidos orgánicos que favorecen la interacción entre los componentes de la matriz (Abubakar et al., 2026; Pawle et al., 2025).

En la tabla 2, se presentan algunos estudios relevantes en los cuales se emplean residuos cítricos para la producción de bioplásticos, evidenciando las condiciones de proceso y los principales resultados obtenidos.

Tabla 2. Producción de bioplásticos a partir de residuos cítricos y condiciones de proceso

Autor	Material	Método	Temperatura	Plastificante	Resultado
(Khalil et al., 2022)	Pectina de cáscara de toronja + extractos cítricos	Casting	55–60 °C	PEG 400 (25%)	Películas homogéneas con alta actividad antimicrobiana
(Gouda et al., 2025)	Extracto de cáscara de naranja + CMC + goma arábiga	Casting	150 °C (reticulación)	Glicerina	Mejora propiedades de barrera y actividad antibacteriana
(Karakuş et al., 2023)	Cáscara de naranja + cáscara de granada	Casting	70 °C + secado a 65 °C	Glicerina (7–10%)	Películas homogéneas, alta actividad antimicrobiana y antioxidante
(Firdaus et al., 2024)	Pectina de cáscara de limón + quitosano + extracto vegetal	Casting	60–80 °C	Glicerina (30%)	Incremento de vida útil de alimentos y actividad antimicrobiana
(Chhatariya et al., 2022)	Almidón de maíz + cáscara de naranja	Casting	~80–90 °C	Glicerina	Mejora resistencia mecánica y biodegradabilidad
(Pawle et al., 2025)	Almidón de maíz + cáscara de cítricos + papaya	Casting	~90 °C + secado 45 °C	Glicerina	Películas funcionales con aplicación en empaques
(Abubakar et al., 2026)	Almidón + cáscara de naranja (procesada y sin procesar)	Casting	80–90 °C	Glicerina	Alta actividad antioxidante y mejora mecánica
(Terzioğlu et al., 2021)	Quitosano + PVA + cáscara de naranja	Casting	50–75 °C + secado 50 °C	Glicerina	Mejora propiedades mecánicas,

Autor	Material	Método	Temperatura	Plastificante	Resultado
					antioxidantes y de barrera
(Spinei et al., 2024)	Biopolímeros (almidón/pectina) reforzados con compuestos naturales	Casting	60–90 °C	Glicerina	Mejora de propiedades mecánicas y flexibilidad
(Iffath et al., 2025)	Polisacáridos naturales con extractos bioactivos	Casting	50–80 °C	Glicerina	Incremento de propiedades antioxidantes

Fuente: Elaboración propia a partir de la literatura consultada.

En general, se observa que la mayoría de los estudios emplean temperaturas entre 50 y 90 °C y plastificantes como la glicerina, lo cual coincide con condiciones de procesamiento accesibles a nivel de laboratorio (Chhatariya et al., 2022; Karakuş et al., 2023). Asimismo, se evidencia que los residuos cítricos no solo actúan como refuerzo estructural, sino que también aportan propiedades funcionales como actividad antioxidante y mejoras en las propiedades de barrera, lo cual los hace atractivos para aplicaciones en empaques sostenibles (Abubakar et al., 2026; Gouda et al., 2025).

En términos de propiedades, los estudios reportan que las biopelículas obtenidas a partir de residuos cítricos presentan mejoras en flexibilidad, actividad antioxidante y propiedades de barrera, especialmente cuando se emplean plastificantes como la glicerina (Abubakar et al., 2026; Gouda et al., 2025). Asimismo, se ha evidenciado que la incorporación de cáscara de naranja y otras fuentes cítricas contribuye a la formación de matrices más homogéneas y con actividad antimicrobiana (Firdaus et al., 2024; Karakuş et al., 2023). Sin embargo, aspectos como la resistencia mecánica y la sensibilidad a la humedad continúan siendo limitantes, dependiendo tanto de la formulación como de las condiciones de proceso empleadas (Chhatariya et al., 2022; Khalil et al., 2022).

A partir de los estudios revisados, se muestra que el uso de residuos cítricos en la producción de biopelículas es una alternativa viable, especialmente cuando se emplean matrices a base de almidón y plastificantes como la glicerina, bajo condiciones de temperatura moderadas y mediante el método de casting. Sin embargo, aunque existen múltiples trabajos que reportan la obtención de películas con buenas propiedades mecánicas y funcionales, en muchos casos no se realiza un análisis detallado de las condiciones de

operación desde un enfoque de proceso, ni se evalúa su posible escalamiento o viabilidad técnica en contextos productivos.

En este sentido, el presente trabajo se enfoca en la elaboración de biopelículas a partir de residuos de cáscara de naranja y almidón, empleando un procedimiento de laboratorio basado en el método de casting, con el fin de analizar no solo la formación del material, sino también variables asociadas al proceso como el consumo de insumos, las condiciones de operación y la repetibilidad del sistema. De esta manera, se busca complementar los estudios existentes con un enfoque más aplicado desde la ingeniería de producción, que permita aportar elementos para una posible implementación a mayor escala.

Metodología

El desarrollo de este trabajo se enmarca en un enfoque de aprovechamiento de residuos agroindustriales, orientado a la generación de alternativas sostenibles para su aprovechamiento con base en sus propiedades en el ámbito de los materiales. En este sentido, se planteó la elaboración de biopelículas empleando residuos de cáscara de naranja como material aditivo complementario (*filler*) reduciendo la demanda de almidón, manteniendo el desempeño mecánico estructural, de resistencia y flexibilidad, como una forma de valorización de subproductos generados en el procesamiento de jugo de naranja.

El proceso se desarrolló a escala de laboratorio mediante el método de tape casting, el cual ha sido ampliamente utilizado en la obtención de bioplásticos por su simplicidad y facilidad de implementación y control de proceso a escala industrial. Más que centrarse únicamente en la obtención del material, el enfoque de la metodología buscó integrar elementos de análisis del proceso, en coherencia con perspectivas de innovación y posible aplicación en contextos productivos.

Materiales

La materia prima principal correspondió a residuos de cáscara de naranja obtenidos a partir del procesamiento de jugo en Bogotá, Colombia, representando un subproducto común generado en contextos urbanos y con potencial de aprovechamiento en procesos de economía circular.

Adicionalmente, se utilizó almidón de maíz como matriz base, glicerina como plastificante, ácido cítrico como modificante y para el ajuste de pH y agua destilada como medio de dispersión. La selección de estos materiales se realizó considerando su disponibilidad, bajo costo y uso frecuente en estudios relacionados con bioplásticos.

Preparación de la materia prima

Los residuos de cáscara de naranja fueron sometidos a un proceso de acondicionamiento que incluyó secado y molienda, con el fin de obtener una harina que pudiera ser incorporada de manera uniforme en la mezcla. Este tratamiento permitió mejorar la manipulación del material y facilitar su integración con el almidón.

Como información de apoyo, se tuvo en cuenta la caracterización térmica de la cáscara de naranja, con el fin de identificar rangos de estabilidad del material durante el proceso. Este aspecto sirvió como referencia para evitar condiciones que pudieran afectar la estructura del residuo.

Formulación de las biopelículas

Para el desarrollo experimental se seleccionaron dos formulaciones representativas, con el fin de analizar el efecto del contenido de residuo cítrico en la formación de las biopelículas. Las composiciones evaluadas correspondieron a:

- 30% harina de cáscara de naranja – 70% almidón
- 40% harina de cáscara de naranja – 60% almidón

Estas proporciones fueron elegidas considerando la necesidad de balancear la capacidad de formación de película del almidón con el aporte estructural del residuo cítrico.

Preparación de la mezcla

La mezcla se preparó a partir de una fase líquida compuesta por agua, glicerina y ácido cítrico, a la cual se incorporaron los componentes sólidos previamente homogenizados. La adición se realizó de forma gradual, con agitación constante, buscando obtener una dispersión uniforme.

Este paso es importante, ya que influye directamente en la calidad final de la película, especialmente en aspectos como la homogeneidad y la formación de la matriz.

Formación de las biopelículas

La mezcla obtenida fue sometida a calentamiento moderado bajo agitación, con el fin de favorecer la gelatinización del almidón y la integración de los componentes. Posteriormente, se vertió sobre superficies planas para permitir la formación de películas mediante el método de casting.

El secado se realizó a temperatura ambiente durante un periodo de 24 a 48 horas, permitiendo la evaporación del agua y la consolidación del material.

Enfoque del proceso

El desarrollo experimental tuvo un carácter exploratorio, orientado a validar la obtención de biopelículas a partir de residuos de cáscara de naranja en condiciones de laboratorio. Para ello, se trabajó con dos formulaciones representativas, con el fin de observar de realizar una evaluación comparativa cualitativa considerando aspectos como la formación de la película, su homogeneidad y comportamiento mecánico a nivel básico.

Resultados y Discusión

Obtención de biopelículas

Aplicando el procedimiento experimental, se logró la obtención de biopelículas continuas, íntegras, utilizando residuos de cáscara de naranja en combinación con almidón. En ambos casos, las películas presentaron una estructura estable que permitió su manipulación y desprendimiento del molde, lo que confirma la viabilidad del método de casting para este tipo de sistemas.

Las biopelículas obtenidas presentaron una apariencia translúcida con tonalidad ligeramente amarilla, característica del residuo cítrico, así como la presencia de partículas dispersas correspondientes a la harina de cáscara. Este comportamiento es consistente con lo reportado en la literatura, donde los residuos lignocelulósicos no se disuelven completamente, sino que permanecen como una fase dispersa dentro de la matriz polimérica.

Comparación de formulaciones

Al comparar las formulaciones evaluadas, se evidenciaron diferencias asociadas al contenido de residuo cítrico.

La biopelícula con 30% de harina de cáscara de naranja presentó una mejor homogeneidad superficial, mayor uniformidad en el espesor y una textura relativamente lisa. Adicionalmente, mostró buena flexibilidad y facilidad de manipulación, lo que sugiere una adecuada formación de la matriz continua. Como se observa en la Figura 1, la distribución de las partículas es más uniforme y el material presenta un comportamiento flexible sin fracturas visibles.

Figura 1. Biopelícula obtenida con 30% de cáscara de naranja: (a) estructura superficial, (b) comportamiento durante flexión.



a. Estructura b. Flexibilidad

Nota. Elaboración propia.

Por su parte, la formulación con 40% de residuo mostró una mayor densidad de partículas, una superficie más rugosa y una menor uniformidad en la estructura. También se observó un secado más lento, lo cual puede estar relacionado con la mayor cantidad de material fibroso presente en la mezcla. Como se aprecia en la Figura 2, la distribución de las partículas es más marcada y la superficie presenta mayor irregularidad, lo que afecta la calidad estructural de la película.

Figura 2. Biopelícula obtenida con 40% de cáscara de naranja: (a) estructura superficial, (b) comportamiento durante flexión.



a. Estructura b. Flexibilidad

Nota. Elaboración propia.

En términos cualitativos, ambas formulaciones permitieron la obtención de biopelículas; sin embargo, la formulación con menor contenido de residuo presentó mejores características en cuanto a homogeneidad y comportamiento mecánico básico. Esto sugiere que existe un límite en la cantidad de residuo que puede incorporarse sin afectar la formación de la matriz.

Relación con la literatura y el proceso

Los resultados obtenidos son coherentes con lo reportado en la literatura, donde se indica que el incremento en el contenido de residuos lignocelulósicos puede afectar la homogeneidad y las propiedades mecánicas de las biopelículas, debido a la interferencia en la formación de la matriz polimérica (Abubakar et al., 2026; Karakuş et al., 2023).

Asimismo, el uso de glicerina como plastificante permitió mejorar la flexibilidad de las películas, facilitando su manipulación, lo cual coincide con estudios previos en sistemas similares (Gouda et al., 2025).

Como elemento de apoyo, se consideró información de caracterización térmica de la cáscara de naranja obtenida mediante análisis termogravimétrico (TGA), la cual indica que los principales procesos de degradación de sus componentes estructurales ocurren a temperaturas superiores a las empleadas en este estudio. Esto permite inferir que las condiciones de procesamiento utilizadas no afectan significativamente la estabilidad del material, favoreciendo la formación de la biopelícula.

En este sentido, los resultados obtenidos no solo confirman la viabilidad del uso de residuos cítricos en la producción de bioplásticos, sino que también evidencian la importancia de la formulación y las condiciones de proceso en

la calidad final del material, especialmente en términos de homogeneidad y comportamiento estructural.

Conclusiones

El desarrollo de biopelículas a partir de residuos de cáscara de naranja mostró la viabilidad de aprovechar subproductos generados en el procesamiento de jugo como materia prima para la obtención de materiales con potencial de aplicación. Este enfoque permite integrar principios de economía circular, especialmente en contextos urbanos donde este tipo de residuos se generan de manera constante.

A partir de las formulaciones evaluadas, se observó que el contenido de residuo cítrico influye directamente en la formación y calidad de la biopelícula. En particular, la formulación con menor proporción de cáscara de naranja presentó mejores características en términos de homogeneidad y comportamiento estructural, mientras que el aumento del residuo generó una mayor interferencia en la formación de la matriz.

De manera general, los resultados muestran que es posible obtener bioplásticos a partir de residuos cítricos mediante procesos sencillos y accesibles a escala de laboratorio, lo cual representa una alternativa interesante desde el punto de vista de la innovación en materiales sostenibles. Sin embargo, también es clara la necesidad de optimizar las formulaciones y condiciones de proceso para mejorar las propiedades del material y ampliar su posible aplicación.

Finalmente, este trabajo aporta una aproximación práctica al aprovechamiento de residuos cítricos, no solo desde la obtención del material, sino desde su análisis en términos de proceso, lo cual puede servir como base para futuras investigaciones orientadas al escalamiento y desarrollo de soluciones aplicables en contextos productivos

Referencias bibliográficas

Abubakar, F. A., Suleiman Shehu, M., & Oyewumi-Musa, T. (2026). Biokemistri Development and optimization of antioxidant-rich biopolymer films from orange peel waste for food packaging applications. 38(1). https://journals.klobex.orgPrintedinNigeriaAlsoavailableonlineathttps://biokemistri.comBKR38105/2025021

Alcaraz-Dólera, M., Ros, M., Penalver, R., & Pascual, J. A. (2026). Bioplastics in agricultural soils: Biodegradability, analytical techniques, and soil microbial impact. In *Journal of Hazardous Materials* (Vol. 507). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2026.141783

Benmebarek, I. E., Maqsood, S., Khalid, W., Navaf, M., Rasool, I. F. U., Moreno, A., & Esatbeyoglu, T. (2025). Valorization of agro-industrial waste to produce low-methoxyl pectin and its activation towards more sustainable applications and circular economy. In *International Journal of Biological Macromolecules* (Vol. 320). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.145953

Butler, I. P., Banta, R. A., Tyuftin, A. A., Holmes, J., Pathania, S., & Kerry, J. (2023). Pectin as a biopolymer source for packaging films using a circular economy approach: Origins, extraction, structure and films properties. In *Food Packaging and Shelf Life* (Vol. 40). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2023.101224

Chander, S., Dabas, S., Choudhary, B., & Gupta, A. (2026). Synthesis of naturally biodegradable bioplastic using congress grass and sugarcane bagasse biowaste derived cellulose acetate and PEG-600 blend: Physico-chemical characterization and degradability analysis. *Next Materials*, *11*. https://doi.org/10.1016/j.nxmate.2026.101647

Chhatariya, H. F., Srinivasan, S., Choudhary, P. M., & Begum, S. S. (2022). Corn starch biofilm reinforced with orange peel powder: Characterization of physicochemical and mechanical properties. *Materials Today: Proceedings*, *59*, 884–892. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.01.339

Chua, S. T., Hsu, Y. I., Soni, R., & Uyama, H. (2026). Starch-based bioplastic with controlled physical properties and marine decomposition. *Polymer Degradation and Stability*, *249*. https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2026.112130

Dokl, M., Copot, A., Krajnc, D., Fan, Y. Van, Vujanović, A., Aviso, K. B., Tan, R. R., Kravanja, Z., & Čuček, L. (2024). Global projections of plastic use, end-of-life fate and potential changes in consumption, reduction, recycling and replacement with bioplastics to 2050. *Sustainable Production and Consumption*, *51*, 498–518. https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.09.025

Firdaus, S., Ahmad, F., & Zaidi, S. (2024). Preparation and characterization of biodegradable food packaging films using lemon peel pectin and chitosan incorporated with neem leaf extract and its application on apricot fruit. *International Journal of Biological Macromolecules*, *263*. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.130358

Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). *Production, use, and fate of all plastics ever made*. https://www.science.org

Glaser, S. J., Faisal, M., Blennow, A., & Lo Leggio, L. (2026). Additives as external plasticizers in starch-based bioplastics - towards improving the properties of food packaging: A review. In *International Journal of Biological Macromolecules* (Vol. 335). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.148754

Gouda, M., Abd El-Lateef, H. M., Abou Taleb, M. F., Abdelaziz, M. A., & Khalaf, M. M. (2025). Insight into the physicochemical characterization of composite orange peel fabricated packaging film: Fighting foodborne pathogens and oxidative stress. *International Journal of Biological Macromolecules*, *306*. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.141777

Haq, F., Kiran, M., Khan, I. A., Mehmood, S., Aziz, T., & Haroon, M. (2025). Exploring the pathways to sustainability: A comprehensive review of biodegradable plastics in the circular economy. In *Materials Today Sustainability* (Vol. 29). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.mtsust.2024.101067

Iffath, R., Ara, R., Ahmed, T., & Biswas, A. (2025). Fabrication and characterization of waste eggshell microparticles reinforced biodegradable composite packaging films enriched with pectin and orange peel essential oil. *Applied Food Research*, *5*(1). https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.100735

Karakuş, E., Ayhan, Z., & Haskaraca, G. (2023). Development and characterization of sustainable-active-edible-bio based films from orange and pomegranate peel waste for food packaging: Effects of particle size and acid/plasticizer concentrations. *Food Packaging and Shelf Life*, *37*. https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2023.101092

Khalil, R. K. S., Sharaby, M. R., & Abdelrahim, D. S. (2022). Novel active edible food packaging films based entirely on citrus peel wastes. *Food Hydrocolloids*, *134*. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107961

Kour, M., Chaudhary, S., & Kumar, R. (2025). Cellulose based bioplastics: A sustainable approach toward environmental safety - A review. In *Sustainable Materials and Technologies* (Vol. 46). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.susmat.2025.e01694

Lima, C., Contato, A., De, O. F., Da, S. S., Hidalgo, V., Irfan, M., Gambarato, B., Carvalho, A., & Bento, H. (2025). TRENDS IN ENZYME PRODUCTION FROM CITRUS BYPRODUCTS. *PROCESSES*, *13*. https://doi.org/10.3390/pr13030766

Magnaghi, L. R., Guembe-Garcia, M., Cerone, V., Perugini, P., Alberti, G., & Biesuz, R. (2024). DOE-based multi-criteria optimization of starch/gly/CMC films' composition and preparation procedure by casting deposition. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, *244*. https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2023.105044

Oliveira, J. S. de, Oliveira, J. P. de, Oliveira, C. P. de, & Veloso, C. M. (2025). Circular economy as a tool for the valorization of agro-industrial residues and the development of biodegradable and sustainable packaging: a bibliometric review from 2015 to 2024. In *Cleaner and Circular Bioeconomy* (Vol. 12). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.clcb.2025.100188

Pawle, P., Pandey, S., Kumar, A., Agarwal, A., Tripathi, A. D., Saeed, M., Rab, S. O., Mahato, D. K., Kumar, P., & Kamle, M. (2025). Valorization of raw papaya (Carica papaya) and citrus peels for development of antimicrobial and biodegradable edible film. *Food Chemistry: X*, *25*. https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.102129

Possari, L. T., Paula, M. S. de, Nunes, G. F., Reis, I. A., Basaglia, M. V., Otoni, C. G., & Bettini, S. H. P. (2025). Bioplastics from orange processing waste and poly(lactic acid). *Future Foods*, *11*. https://doi.org/10.1016/j.fufo.2025.100670

Spinei, M., Oroian, M., & Ursachi, V. F. (2024). Characterization of biodegradable films based on carboxymethyl cellulose and citrus pectin films enriched with bee bread oil and thyme oil. *LWT*, *214*. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.117088

Stanley, J., Poulain, C., Debeaufort, F., Brachais, C. H., Culliton, D., Benbettaieb, N., Jovani-Sancho, A. J., & Neves, A. C. (2026). Material characterisation of bioplastics: Influence of different starch sources in fish gelatin-based blends. *Materials Today Sustainability*, *34*. https://doi.org/10.1016/j.mtsust.2026.101344

Suzuki, G., Uchida, N., Tanaka, K., Higashi, O., Takahashi, Y., Kuramochi, H., Yamaguchi, N., & Osako, M. (2024). Global discharge of microplastics from mechanical recycling of plastic waste. *Environmental Pollution*, *348*. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.123855

Terzioğlu, P., Güney, F., Parın, F. N., Şen, İ., & Tuna, S. (2021). Biowaste orange peel incorporated chitosan/polyvinyl alcohol composite films for food packaging applications. *Food Packaging and Shelf Life*, *30*. https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2021.100742

Ursachi, V. F., Oroian, M., & Spinei, M. (2024). Development and characterization of biodegradable films based on cellulose derivatives and citrus pectin: A comparative study. *Industrial Crops and Products*, *219*. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.119052

Vigneswari, S., Kee, S. H., Hazwan, M. H., Ganeson, K., Tamilselvan, K., Bhubalan, K., Amirul, A. A., & Ramakrishna, S. (2024). Turning agricultural waste streams into biodegradable plastic: A step forward into adopting sustainable carbon neutrality. In *Journal of Environmental Chemical Engineering* (Vol. 12, Number 2). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.jece.2024.112135

Yaradoddi, J. S., Banapurmath, N. R., Ganachari, S. V., Soudagar, M. E. M., Sajjan, A. M., Kamat, S., Mujtaba, M. A., Shettar, A. S., Anqi, A. E., Safaei, M. R., Elfasakhany, A., Haque Siddiqui, M. I., & Ali, M. A. (2022). Bio-based material from fruit waste of orange peel for industrial applications. *Journal of Materials Research and Technology*, *17*, 3186–3197. https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.09.016

Zhang, S., Cheng, X., Yang, W., Fu, Q., Su, F., Wu, P., Li, Y., Wang, F., Li, H., & Ai, S. (2024). Converting fruit peels into biodegradable, recyclable and antimicrobial eco-friendly bioplastics for perishable fruit preservation. *Bioresource Technology*, *406*. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2024.131074

Zhang, Y., Zhou, Y., Yang, X., Wen, Q., Tian, H., Chen, N., Bian, X., Zhou, Q., Wang, X., Wu, Y., & Yang, Z. (2026). Revealing optimal end-of-life options for biodegradable plastic bags: A cradle-to-grave life cycle assessment. *Journal of Environmental Management*, *398*. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2026.128599

Capítulo 5

Mecánica cuántica: 100 años de mitos, leyendas y tecnologías

Rafael Ramón Rey-González[1]

" ... *los demonios atraviesan paredes*..."

Carl Sagan, El mundo y sus demonios.

"*A los demonios no hay que creerles*
ni cuando dicen la verdad".

Gabriel García Márquez,
Del amor y otros demonios.

La UNESCO declaró al 2025 como el Año Internacional de la Ciencia y la Tecnología Cuánticas (AICQ) el 7 de junio de 2024 [1] teniendo en cuenta, entre otros aspectos, que en 1925 Werner Heisenberg publica su artículo "Über quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen (Sobre la reinterpretación cuántica-teórica de las relaciones cinemáticas y mecánicas)" [2], artículo que impulsa la formalización y la estructura matemáticamente de la incipiente área de la mecánica cuántica; y en enero de 1926 Erwin Schrodinger publica su trabajo "Quantisierung als Eigenwertproblem (La cuantización como un problema de eigenvalores)" [3] con la reconocida ecuación de la evolución temporal de un sistema cuántico no relativista. Es decir, entre el verano de 1925 y enero de 1926 se sientan las bases teóricas formales de la mecánica cuántica, fundamento del desarrollo tecnológico actual y de los próximos años. Pero ¿cómo se llegó ahí?

[1] Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Departamento de Física, Laboratorio de Óptica Cuántica y Tecnologías, Grupo de Materiales Nanoestructurados y sus Aplicaciones, Ciudad Universitaria, Ed. 405 Of. 207, Bogotá, D.C., C.P. 111321, Colombia

Siglo XIX – 1925: Contexto social

Es menester recordar brevemente algunos acontecimientos previos a 1925, en el contexto de la sociedad. A finales del siglo XIX e inicios del XX, Europa era una sociedad que al ritmo de la Revolución Industrial florecía en términos tecnológicos. El uso del vapor como medio de mecanización empezaba a dar paso a la corriente eléctrica a nivel industrial, comercial y residencial. Los trenes permitían la interconexión de ciudades, iniciando el concepto de una aldea global. El desarrollo del motor de gasolina introducía los primeros vehículos mecanizados con fábricas de producción en serie popularizándolos. Las ciudades se consolidaban como centros laborales y polos de desarrollo social. La segunda revolución industrial se consolidaba [4]. En el ámbito científico, Europa permanecía como el epicentro de la física teórica y la matemática avanzada; y en la medicina,

Paralelamente en estados Unidos, la expansión de la industria, impulsada por la producción en masa y la disponibilidad de crédito, fomentó la consolidación de una cultura materialista y orientada al consumo. Al mismo tiempo, la radio y el cine emergieron como formas dominantes de comunicación y entretenimiento, reconfigurando la experiencia colectiva y la manera en que la población interactuaba con el mundo exterior. Algunas ciudades sustituían sus incipientes sistemas de transporte masivo basados en tranvías tirados por caballos o metros con motores a vapor a vehículos con motores a gasolina o motores eléctricos.

El empleo de prácticas de asepsia, nuevas técnicas quirúrgicas, el creciente uso de vacunas, el descubrimiento de la insulina, y la incorporación de tecnologías como los rayos X como medio de diagnóstico transformaban radicalmente el tratamiento de enfermedades crónicas y modificaban la concepción social de la medicina y la importancia de la salud pública. El recuerdo de varias epidemias que asolaron a Europa permanecía en la mente de médicos y gobernantes [5]. No obstante, las tensiones sociales y laborales no pasaban desapercibidas. La sociedad estadounidense aún enfrentaba tensiones raciales profundas, en un contexto donde la segregación legal seguía vigente y el renacimiento cultural afroamericano coexistía con episodios de violencia racista. En Europa, las mujeres comenzaban a obtener mayores derechos políticos y sociales, aunque la sociedad europea seguía siendo, en gran medida, patriarcal y conservadora.

Esta etapa floreciente de la industrialización se vio truncada repentinamente con la primera guerra mundial, 1914-1918, que devastó a Europa. La humanidad uso toda su capacidad tecnológica para alimentar la industria militar y propiciar su propia destrucción. El desarrollo en áreas como la aviación y la industria química fue innegable. Estados Unidos no se vio afectada directamente, dado que no hubo combates en sus territorios. Oportunidad que permitió el inicio de su hegemonía a nivel mundial, tanto en tecnología como en ciencia. Europa, cuna de la cuántica, se trataba de recuperar de los estragos dejados por la guerra mundial, en medio de tensiones sociales y laborales

Finales del siglo XIX: Dos leyendas

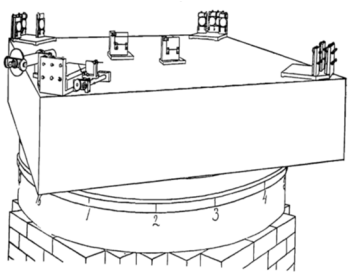
En este contexto, la física, o filosofía natural, se debatía en lo que Lord Kelvin llamó dos nubes, que se convertirían en nubarrones, en el conocimiento [5], durante su conferencia en Baltimore, Estados Unidos, en 1900, a saber:

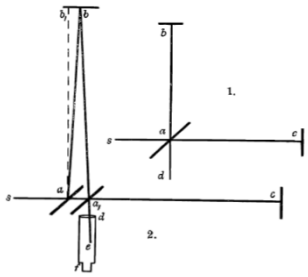
a) La imposibilidad de detectar el movimiento del éter respecto a objetos masivos.

La idea de la luz como un fenómeno ondulatorio se había establecido, en contra de la idea corpuscular de sir Isaac Newton, desde la publicación de Christian Huygen, Traité de la Lumière en 1690, y los trabajos de Augustin-Jean Fresnel entre 1815 y 1827. Sin embargo, la luz se consideraba una onda mecánica, es decir necesitaba un medio para su propagación al igual que las ondas de sonido necesitan el aire. Esto introdujo el concepto de éter lumifero, la sustancia que invadía absolutamente todo y que serviría como medio para la propagación de la luz. Así, en abril y julio de 1887 Albert Abraham Michelson y Edward Morley, idearon su famoso interferómetro para medir el cambio de la velocidad de la luz respecto al éter cuando ésta se movía paralela y perpendicular al movimiento terrestre. Se imaginaban el éter como un fluido por el cual la Tierra se movía originando por tanto un viento de éter que afectaría el movimiento de la luz [6].

Fig. 1. Interferómetro de Michelson y Morley. Reproducido desde [7]

(a) Dibujo del montaje experimenta (b) **Diagrama óptico**





Este experimento se convertiría en una leyenda: "El experimento fallido más famoso del mundo". La no demostración de la variación de la velocidad de la luz al rotar un cuarto de vuelta el sistema experimental sobre la inmensa masa que reposaba, Fig. 1(a), y por tanto invertir los dos brazos del interferómetro, entre paralelo y perpendicular, Fig. 1(b), impulsaría la formulación de la Teoría Especial de la Relatividad en 1905 por parte de Albert Einstein.

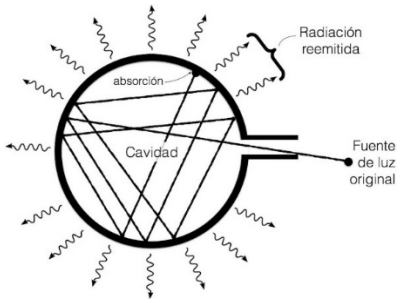
b) Las inconsistencias del teorema de equipartición respecto a la radiación del cuerpo negro.

El problema de cuantificar la radiación emitida por un cuerpo caliente se convertiría en otra leyenda científica, conocida como la catástrofe del ultravioleta. Todo cuerpo caliente, con temperatura mayor a 0 K, emite radiación, o como se dice popularmente emite calor. Con la idea de entender y comprender este fenómeno, se desarrolló un modelo llamado el cuerpo negro ideal: Una cavidad esférica hueca, como un balón, con un pequeñísimo orifico permitiendo que la luz entre, pero no salga. Al tratar de mirar a través del orificio simplemente no se vería nada, seria negro. La luz que entra ya no puede salir, es decir, absorbe toda la luz que le llega. Adicionalmente, las paredes de la cavidad esférica son un espejo perfecto, refleja toda la luz, Fig. 2(a). Un emisor perfecto o ideal. Si se espera un tiempo suficientemente grande, esta cavidad se calentará y debe emitir radiación. Bajo ciertas consideraciones el Sol se puede considerar como un buen ejemplo de un cuerpo negro ideal. La tarea era cuantificar la energía o radiación emitida según la temperatura del cuerpo. Con las ideas de la Termodinámica y las reglas de distribución de la energía desarrolladas por Ludwing Boltzman en 1875, y usando el trabajo de Lord Rayleigh en 1900 y James Jeans en 1905. derivo una ley que predecía una emisión infinita de radiación para longitudes

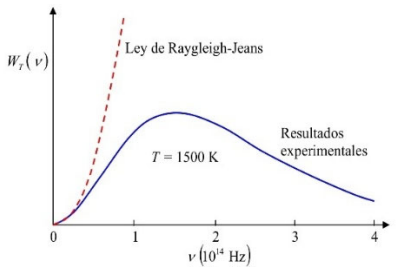
de onda correspondientes al ultravioleta, resultado completamente contradictorio con la evidencia experimental [8], Fig. 2(b).

Fig. 2. Cuerpo negro ideal y comparación experimental versus la predicción clásica del espectro de radiación emitida por un cuerpo negro

(a) Representación de un cuerpo negro. Reproducido desde [9]



(b) Comparación experimento versus teoría. Imagen tomada [10]



Adicionalmente, a estos dos grandes fenómenos incomprendidos existían un conjunto de preguntas o resultados sin respuesta, entre las que encontramos:

- ¿Cómo era la distribución de carga del átomo o estructura atómica?
- Una descripción teórica completa de los rayos X
- Los fundamentos teóricos de los espectros atómicos observados
- Los fundamentos de la termodinámica y que era la entropía se discutían ampliamente y no había un consenso al respecto.
- Una explicación fundamental del efecto fotoeléctrico

En conjunto, estas cuestiones revelan que la física hacia 1900 estaba en un punto crítico. Sí bien parecía una ciencia madura y consolidada, en realidad enfrentaba problemas conceptuales profundos. Estas "preguntas sin resolver" no eran fallas marginales, sino síntomas de una crisis teórica que conduciría a las dos mayores revoluciones intelectuales del siglo XX: la relatividad, la mecánica cuántica.

Siglo XIX – 1925: La mecánica cuántica primigenia

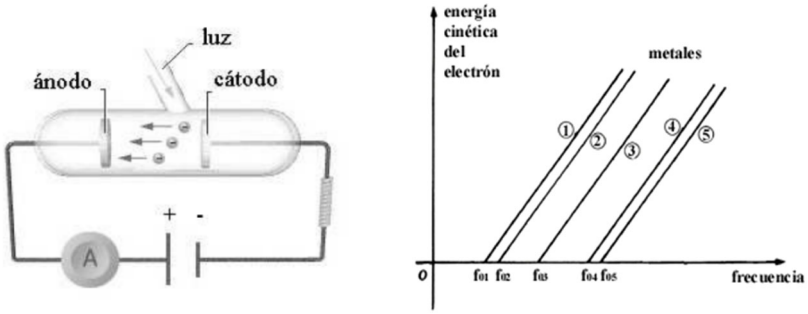
El primer cuarto del siglo XX sería crucial en el desarrollo de la mecánica cuántica. Tal como se describe anteriormente, por un lado, la teoría electromagnética de Maxwell describía la luz como una onda continua, mientras que la mecánica newtoniana regía el comportamiento de la materia. Sin embargo, problemas como la radiación del cuerpo negro o el efecto fotoeléctrico, de una parte, y el resultado negativo del experimento de Michelson y Morley, del otro, revelaban límites insalvables en estas teorías. La respuesta, a la primera parte, emergió con la idea de la cuantización de la energía, junto con la hipótesis de la dualidad onda-partícula de Louis de Broglie, que transformarían radicalmente la concepción física del mundo [11, 12].

En 1900, Max Planck abordó el problema de la radiación del cuerpo negro. Para reproducir los resultados experimentales, Planck propuso que un cuerpo negro se podía entender como un conjunto de osciladores atómicos que podían cambiar su energía solo en cantidades bien definidas, múltiplos de una cantidad elemental $E=h\nu$ [13]. Inicialmente Planck vio su hipótesis como un artificio matemático, y no consideraba sus efectos en una nueva concepción de la energía: que la energía no se intercambia de manera continua, sino en cuantos discretos. Esta idea rompió con la visión determinista y continua de la física decimonónica y sentó las bases de la teoría cuántica posterior [12].

En 1887, Heinrich Rudolf Hertz encontró que se podía establecer una corriente eléctrica entre dos electrodos metálicos sin estar conectados cuando uno de ellos se iluminaba con luz ultravioleta. Había hallado el efecto fotoeléctrico, la emisión de electrones por un metal estimulado por la luz, Fig. 3(a) [14, 15]

Fig. 3. Efecto fotoeléctrico. (a) Esquema experimental, Tomado de [16] y (b) energía cinética de los electrones en función de la frecuencia o color de la luz incidente. Reproducido desde [17]

(a) (b)



Una característica importante de este efecto es que la energía cinética de los electrones emitidos o expulsados por el metal dependía de la frecuencia (color) de la luz y no de su intensidad, la teoría ondulatoria de la luz no podía explicar esto.

Albert Einstein, en 1905, extendió la hipótesis de Planck al proponer que la radiación electromagnética, la luz, está compuesta de cuantos o paquetes de energía, los fotones, con energía $E=h\nu$ [18]. Esta interpretación explicaba el umbral de frecuencia observado experimentalmente y demostraba que la luz podía comportarse como un conjunto de partículas discretas. Nacía una gran aparente contradicción, un mito, ¿la luz es una onda o es una partícula? Curiosamente, esto le valdría a Einstein el Premio Nobel de Física de 1921. Él nunca recibiría el premio nobel por su obra magna: La teoría de la relatividad [19].

En esa línea de sucesos, Arthur H. Compton en 1923, realizó un experimento decisivo que confirmó el carácter corpuscular de la radiación. Al estudiar la dispersión de rayos X por electrones, observó un aumento de la longitud de onda de los rayos dispersados, fenómeno que sólo podía explicarse si los fotones se comportaban como partículas con momento [20]. Una forma de pensar este fenómeno es un juego de billar entre la luz y los electrones. El llamado efecto Compton demostró que la energía y el impulso se conservaban en las colisiones entre fotones y electrones, de manera análoga a partículas materiales. Su ecuación,

$$\Delta\lambda = \frac{h}{m_e c}(1 - \cos\theta),$$

constituyó una prueba experimental irrefutable de la cuantización de la radiación [21].

La idea subyacente en los modelos o teorías que explicaron la radiación del cuerpo negro, el efecto fotoeléctrico y el efecto Compton es la cuantización de la energía. Estaba naciendo la mecánica cuántica, la teoría que habría de transformar nuestra comprensión del mundo y nos lanzaría a tecnologías novedosas e incluso hoy insospechadas.

No obstante, estos tres hitos no fueron los únicos eventos importantes de la física durante este primer cuarto del siglo XX, en esa época se avanzó también en la comprensión de la teoría atómica sentando bases importantes para la

comprensión de la radiación y la radioactividad, entre otros. De hecho, se puede considerar que esta época finaliza con la hipótesis de la dualidad onda partícula.

Mientras la luz revelaba comportamientos propios de partículas, Louis de Broglie planteó en 1924 una hipótesis inversa: si la radiación puede tener naturaleza corpuscular, la materia también puede presentar propiedades ondulatorias. Propuso que una partícula con momento p está asociada a una onda cuya longitud es $\lambda=h/p$ [22], abriendo el camino hacia la mecánica ondulatoria de Schrödinger (1926). La confirmación directa o experimental de las predicciones de Broglie llegó poco tiempo después mediante los experimentos de difracción de electrones realizados por Davisson y Germer en 1927 [23], consolidando así la visión cuántica de la realidad [24].

1925–1926: Formalización de la mecánica cuántica

Curiosamente los padres de la cuántica, Planck y Einstein, chocarían frontalmente con la concepción que ésta redefine de la realidad y el conocimiento científico. Los trabajos pioneros de ellos iniciaron y consolidaron la idea de la cuantización de la energía, pero Werner Heisenberg y Erwin Schrödinger desarrollaron dos formulaciones teóricas distintas —pero equivalentes— de la mecánica cuántica, entre 1925 y 1926, dando estructura formal al marco conceptual de esta nueva teoría.

El trabajo de Werner Heisenberg de 1925 representó un cambio radical en el modo de abordar los fenómenos atómicos. En su célebre artículo "*Über quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen*", propuso una teoría basada exclusivamente en magnitudes observables, rechazando el uso de trayectorias electrónicas clásicas, que carecían de sentido empírico en el dominio atómico [25]. La noción de trayectorias tan usada en la mecánica clásica dejaba de existir. Una idea contraintuitiva con la experiencia cotidiana. La formulación matemática de Heisenberg, posteriormente refinada por Max Born y Pascual Jordan, condujo al desarrollo de la mecánica matricial, en la cual las magnitudes físicas eran representadas por matrices que no conmutan (que no son intercambiables al multiplicarse entre sí) [26]. Esta característica (la no conmutatividad de algunos observables o cantidades medibles) anticipó la noción de indeterminación que Heisenberg formalizaría más adelante, y marcó la ruptura definitiva con la física clásica.

Erwin Schrödinger elaboró en 1926 una formulación alternativa conocida como mecánica ondulatoria. Inspirado por la hipótesis de Louis de Broglie sobre la dualidad onda-partícula [22], Schrödinger buscó una descripción continua de los sistemas cuánticos mediante una ecuación diferencial que describiera la evolución temporal del estado de un sistema. Para ello represento el estado de una partícula como una función de onda representado matemáticamente con el símbolo Ψ. En su artículo "Quantisierung als Eigenwertproblem", propuso la ecuación que lleva su nombre y que permitió derivar de manera sistemática los niveles de energía del átomo de hidrógeno [27],

$$\Delta\lambda = \frac{h}{m_e c}(1 - \cos\theta),$$

En esta ecuación el primer término describe la variación en función del tiempo del estado del sistema, o equivalente de Ψ. El término de la izquierda contiene la información física relevante del sistema: su energía cinética y sus interacciones internas o externas a través del operador $\widehat{H}$. Esta ecuación presenta limitaciones en sistemas donde la energía se pierda por diversidad de opciones. La interpretación física de ψ, inicialmente concebida por Schrödinger como una densidad de carga real, fue reinterpretada poco después por Born como una densidad de probabilidad, dando origen a la interpretación estadística de la mecánica cuántica [28, 29].

La aparente disparidad entre la mecánica matricial y la mecánica ondulatoria fue resuelta en 1926, cuando el mismo Schrödinger demostró la equivalencia formal entre ambas teorías [30]. A pesar de sus diferencias conceptuales (una basada en discontinuidades y cuantización de observables, la otra en ondas continuas), ambas formulaciones describían los mismos fenómenos y predecían idénticos resultados experimentales.

El impacto intelectual de los trabajos de Heisenberg y Schrödinger trascendió el ámbito puramente teórico. Entre 1925 y 1926, la física cuántica pasó de ser un conjunto fragmentario de hipótesis sobre la cuantización de la energía para convertirse en una teoría rigurosa con un lenguaje matemático propio. En particular, el énfasis de Heisenberg en las cantidades observables y el uso de operadores no conmutativos introdujeron un marco epistemológico novedoso, en el que las propiedades físicas no existían de manera independiente de la medición. Por su parte, la visión de Schrödinger

proporcionó una representación más intuitiva, que permitió conectar la nueva teoría con la física de ondas y con métodos analíticos conocidos.

Ambas formulaciones, aunque opuestas en su inspiración filosófica, de un lado la abstracción algebraica de Heisenberg y de otra parte la de Schrödinger del realismo ondulatorio, resultaron complementarias en la construcción del paradigma cuántico moderno. La tensión entre sus interpretaciones dio lugar a uno de los debates más fecundos de la historia de la ciencia, entre ellos la famosa paradoja EPR, del cual emergió una comprensión más profunda de los límites del conocimiento físico. Así, el bienio 1925–1926 no solo estableció los cimientos matemáticos de la mecánica cuántica, sino que también redefinió la noción misma de realidad física.

Actualmente, el debate acerca de la interpretación de la cuántica se mantiene vivo. Conceptos como el principio de incertidumbre, la interpretación del efecto del observador a través del colapso de la función de onda al realizar medidas, la superposición de estados, recordemos la famosa paradoja mental del gato de Schrödinger, y el entrelazamiento cuántico son contraintuitivos chocando con la experiencia diaria. A pesar de esto, la mecánica cuántica ha pasado diversas pruebas experimentales que la confirman día a día.

El principio de superposición hace referencia a la posibilidad de un sistema cuántico estar en varios estados al mismo tiempo. Una paradoja usada ampliamente es la propuesta mental del famoso gato de Schrödinger. En este experimento mental se supone que se encierra un gato en una caja donde hay un veneno encerrado con un mecanismo asociado al decaimiento radiactivo de un átomo. Si el átomo decae el veneno se liberará matando el gato. La caja está completamente cerrada y sin ninguna posibilidad de observar el gato hasta que se abra. Como la desintegración del átomo es un proceso aleatorio, el átomo mismo está en una superposición de los estados i) desintegrado, ii) no desintegrado. Como el gato está ligado al átomo no hay forma de saber en qué estado i) vivo, o ii) muerto, después de un cierto tiempo. Mientras la caja permanece cerrada, para los observadores externos el gato se encuentra en una superposición de los estados vivo y muerto [31, 32]. Aunque, hay una probabilidad de un medio que cuando se abra la caja, el observador encuentre el gato en alguno de esos estados, sin embargo, al mirar dentro de la caja vemos el gato vivo o muerto, no ambos estados a la vez. Esto permite formular la pregunta: ¿cuándo termina exactamente la superposición cuántica y la realidad se resuelve en una u otra posibilidad? La idea central es que la observación afecta el resultado en sistemas cuánticos: el átomo.

El entrelazamiento cuántico se puede tratar de entender como la influencia instantáneamente de una partícula en otra cuando fueron preparadas previamente y luego separadas grandes distancias. Supongamos que se preparan dos fotones con polarizaciones lineales[2] y luego los separamos una gran distancia. Al medir la polarización de uno de ellos, digamos vertical, el otro debe tener polarización horizontal, y viceversa. Esto sucede en forma instantánea, una comunicación a una velocidad superior a la de la luz violando aparentemente la relatividad. Es lo que A. Einstein llamó acción fantasmal a distancia [33]

Las revoluciones tecnológicas y la cuántica

El siglo XIX se caracterizó por grandes avances tecnológicos, en particular al pasarse de la electrónica a la microelectrónica. Avance que permitió el desarrollo de diversos equipos que impactan nuestro diario vivir. Esta etapa se conoce como la primera revolución cuántica. Desde una perspectiva personal, la realización practica del efecto túnel, como evidencia de la cuántica, catapultó toda la industria de los materiales semiconductores con el transistor, y los diodos incluidos los diodos emisores de luz, que permitieron la miniaturización de los circuitos eléctricos. Esto abrió a los dispositivos móviles y portables (computadoras y teléfonos celulares, por ejemplo), nuevos equipos de diagnóstico médico, el desarrollo masivo de los medios de comunicación incluida la internet. Incluso, la exploración de nuestro sistema solar ha sido beneficiaria de estos desarrollos. Más recientemente, el desarrollo de sensores ha catapultado nuevos dispositivos que están permitiendo el avance de la industria del transporte individual y colectivo.

Estamos inmerso en un mundo lleno de tecnología basada en los fundamentos más rudimentarios de la física cuántica, pero ad-portas de una revolución más profunda, la segunda revolución cuántica, que mediante la implementación de los conceptos primordiales promete tecnologías revolucionarias.

La segunda revolución cuántica se fundamenta en el control y manipulación de sistemas cuánticos individuales, a través de la superposición y el

[2] La polarización lineal de la luz es una propiedad que limita a una sola dirección las oscilaciones. La luz polarizada oscila en todas las direcciones. Los humanos no podemos ver esta característica, pero las mariposas y las abejas si lo pueden hacer. Para describir la polarización lineal hay dos direcciones base: vertical y horizontal.

entrelazamiento como nuevos recursos tecnológicos. Entre sus potenciales aplicaciones se puede enumerar:

- La criptografía cuántica que implica la generación de números aleatorios reales, fundamentada precisamente en la superposición de estados y el colapso de la función de onda al realizar una medida.
- La computación cuántica. El aprovechamiento al máximo de la superposición de estados de un sistema cuántico. Es necesario desarrollar nuevas formas de programación acorde a esta forma de procesamiento de información.
- La teletransportación de estados (no de materia) mediante aprovechamiento el entrelazamiento.
- Metrología cuántica. La definición de nuevos patrones de medida a través de las constantes fundamentales, permitiendo unos nuevos métodos metrológicos de una altísima precisión

Epilogo: venciendo un mito

La frase "En cambio, creo que puedo decir con toda tranquilidad que nadie entiende la mecánica cuántica" [34] de Richard Feynman ha sido ingrediente para quizás uno de los grandes mitos alrededor de la cuántica: su aparente incomprensión o imposibilidad de entendimiento. La física cuántica es contraintuitiva, desafía la intuición y no puede ser entendida bajos los preceptos lógicos clásicos. Sus repercusiones tecnológicas son innegables y a cada instante se prueba su validez. Una complejidad de la cuántica es su lenguaje matemático, el cual exige una formación más allá de los estándares tradicionales. Popularmente se cree que solo los genios o iniciados tendrían acceso a intentar develar algunos "misterios" de su entramado matemático.

Quizás, sea necesario tener un nuevo enfoque. Acercar a la gente, incluido por supuesto a los estudiantes, a la cuántica con una nueva forma de pensar, eventualmente desarrollando otras alternativas lógicas y sin matemáticas. Sus principios los podríamos resumir, incluso temiendo ser demasiado reduccionistas, a tres:

- Principio de superposición,
- Efecto de la medida,
- Entrelazamiento.

Aceptando esta hipótesis, el autor de este manuscrito ha liderado una iniciativa de apropiación y transferencia social del conocimiento para desarrollar estrategias didácticas que permitan llevar estos conceptos en forma amplia a la sociedad y sin restricciones en su formación matemática, basta una capacidad de operatividad de aritméticas básicas. Esta iniciativa está fundamentada en la adaptación de juegos introduciendo reglas cuánticas [35].

Al momento y gracias al apoyo financiero parcial a través del proyecto del Sistema general de Regalías "Ampliación del uso de la mecánica cuántica desde el punto de vista experimental y su relación con la teoría, generando desarrollos en tecnologías cuánticas útiles para metrología y computación cuántica a nivel nacional" (BPIN 2022000100133), y con el invaluable apoyo de los profesores Shirley Gómez, Carlos Joel Perilla y Boris Anghelo Rodríguez y con la colaboración parcial de la corporación Maloka, Bogotá, se han desarrollado tres juegos y se ha implementado una versión didáctica del montaje experimental de un borrador cuántico. A continuación, se presenta una breve descripción de los juegos didácticos implementados.

1. La caja de schrodinger: Una versión didáctica, lúdica y que incorpora elementos competitivos a la propuesta original. Incluso se puede incorporar una versión de un sistema de tres niveles o estados: gato vivo, gato muerto o gato zombi. Con este juego se introduce elementos de probabilidad, de la superposición y el colapso de la función de onda. En colaboración con Maloka.
2. El triqui de Heisenberg. En la literatura existe varias versiones del triqui cuántico o Tic tac toe. En la presente versión se genera un juego que tiene al menos cuatro (4) niveles de dificultad que va permitiendo introducir paulatinamente conceptos como superposición, colapso de la función de onda, correlaciones clásicas, y finalmente entrelazamiento.
3. Los mellizos de Einstein. Un juego de cartas que permite acercar el concepto de entrelazamiento, y desarrollado en colaboración con Maloka.

Conclusión

La humanidad ha recorrido un largo camino intelectual y tecnológico desde que Planck introdujo su idea de los cuantos de energía como un artilugio matemático para modelar la radiación emitida por un cuerpo negro, pasando por los aportes de Einstein, Bohr, Dirac, Sommerfeld, de Broglie, entre muchísimos más, hasta llegar al presente. Camino lleno de avances, retrocesos y con grandes controversias aún sin resolver, pero que nos ha dejado con grandes desarrollos tecnológicos que moldearon y cambiaron el mundo para siempre. Las perspectivas de los nuevos desarrollos podrían considerarse abrumadores e incluso más allá de la imaginación de los mejores guionistas del cine o novelistas de ciencia ficción. Finalmente, nos queda un gran reto: desmitificar la aparente inaccesibilidad de los conceptos fundamentales de la cuántica a un público amplio y con una formación matemática básica, permitiendo que nuevas generaciones de estudiantes se interesen por esta apasionante teoría potenciando aún más nuestros desarrollos científicos y tecnológicos.

Agradecimientos

El autor agradece la financiación parcial desde el proyecto "Ampliación del uso de la mecánica cuántica desde el punto de vista experimental y su relación con la teoría, generando desarrollos en tecnologías cuánticas útiles para metrología y computación cuántica a nivel nacional", del Sistema General de Regalías; y a los profesores Shirley Gómez y Carlos Joel Perilla de la Universidad Nacional de Colombia, así como al profesor Boris A. Rodríguez de la Universidad de Antioquia, por sus valiosos aportes en la construcción de la iniciativa de apropiación y transferencia social del conocimiento "La cuántica entra en la escuela", donde se han desarrollado los juegos relacionados.

Referencias bibliográficas

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.(10 de noviembre de 2025): International Year of Quantum Science and Technology, https://www.unesco.org/en/years/quantum-science-technology

Heisenberg, W. Über quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen.. Z. Physik 33, 879–893 (1925). https://doi.org/10.1007/BF01328377

Schrödinger, Erwin (1926). Quantisierung als Eigenwertproblem. Annalen der Physik 79: 361-376. (Texto en español)

Kiss, Teresa (31 de marzo de 2025). Cuarta Revolución Industrial. Enciclopedia Humanidades. Recuperado el 29 de octubre de 2025 de https://humanidades.com/cuarta-revolucion-industrial/.

Wikipedia (10 de noviembre de 2025), Anexo: Cronología de epidemias, https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Cronolog%C3%ADa_de_epidemias#Epidemias_y_pandemias_en_orden_cronol%C3%B3gico

Oliver Passon; Kelvin's clouds. Am. J. Phys. 1 November 2021; 89 (11): 1037–1041. https://doi.org/10.1119/10.0005620

Michelson, A. A., & Morley, E. W. (1887). On the relative motion of the Earth and the luminiferous ether. American Journal of Science, s3-34(203), 333–345. https://doi.org/10.2475/ajs.s3-34.203.333

Wikipedia (11 de noviembre de 2025) Catástrofe ultravioleta, https://es.wikipedia.org/wiki/Cat%C3%A1strofe_ultravioleta

Muy Interesante (11 de noviembre de 2025), ¿Qué es un cuerpo negro? https://muyinteresante.okdiario.com/ciencia/13184.html

Los Mundos de Brana (11 de noviembre de 2025), Radiación de cuerpo negro y catástrofe ultravioleta, https://losmundosdebrana.com/2014/03/10/radiacion-de-cuerpo-negro-y-catastrofe-ultravioleta/

T. S. Kuhn, Black-body theory and the quantum discontinuity, 1894-1912, Oxford University Press, 1978.

M. Jammer, The conceptual development of quantum mechanics, McGraw-Hill, 1966

M. Planck, Über das Gesetz der Energieverteilung im Normalspectrum, Annalen der Physik, vol. 4, pp. 553-563, 1901.

Hertz, H. Ueber sehr schnelle electrische Schwingungen. Annalen der Physik, 267, 421-448 (1887). https://doi.org/10.1002/andp.18872670707

Qian, W. On the Physical Process and Essence of the Photoelectric Effect. Journal of Applied Mathematics and Physics, 11, 1580-1597 (2023). doi: 10.4236/jamp.2023.116104

https://www.researchgate.net/figure/FIGURA-2-Esquema-experimental-del-efecto-Fotoelectrico-Fuente-Reisin-Ferrara-4_fig2_353652697

EL FÍSICO LOCO (11 de noviembre de 2025) Efecto fotoeléctrico. https://elfisicoloco.blogspot.com/2013/03/efecto-fotoelectrico.html

A. Einstein, Über ber einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt, Annalen der Physik, vol. 17, pp. 132–148, 1905.

A. Pais, Subtle is the Lord: The science and the life of Albert Einstein, Oxford University Press, 1982.

A. H. Compton, A quantum theory of the scattering of X-rays by light elements, Physical Review, vol. 21, no. 5, pp. 483–502, (1923).

H. Kragh, Quantum generations: A history of physics in the twentieth century, Princeton University Press, 1999.

L. de Broglie, Recherches sur la théorie des quanta, Doctoral Thesis, Université de Paris, 1924.

Davisson, C.J.; Germer, L.H. The Scattering of Electrons by a Single Crystal of Nickel. Nature 119. pp.558-560, (1927)

J. L. Heilbron, The dilemmas of an upright man: Max Planck as spokesman for German science, Harvard University Press, 2001

W. Heisenberg, Über quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen, Zeitschrift für Physik, 33, 879–893 (1925).

M. Born, W. Heisenberg & P. Jordan, "Zur Quantenmechanik II," Zeitschrift für Physik, 35, 557–615 (1926).

E. Schrödinger, Quantisierung als Eigenwertproblem, Annalen der Physik, 79, 361–376 (1926).

M. Born, Zur Quantenmechanik der Stoßvorgänge, Zeitschrift für Physik, 37, 863–867 (1926).

Olszewski, S. Dualism of the Heisenberg and Schrödinger Approaches to the Quantum States Entering a One-Dimensional Electron Gas. Journal of Modern Physics, 11, 475-485, (2020). doi: 10.4236/jmp.2020.113030.

E. Schrödinger, Über das Verhältnis der Heisenberg-Born-Jordanschen Quantenmechanik zu der meinen, Annalen der Physik, 79, 734–756 (1926). https://doi.org/10.1002/andp.19263840804

Schrödinger, E. Die gegenwärtige Situation in der Quantenmechanik. Naturwissenschaften 23, 807–812 (1935). https://doi.org/10.1007/BF01491891

John D. Trimmer, The Present Situation in Quantum Mechanics: A Translation of Schrödinger's "Cat Paradox" Paper. Proceedings of the American Philosophical Society, 124 (5) 323-338 (1980).

Science.org (11 de noviembre de 2025), Einstein's 'spooky action at a distance' spotted in objects almost big enough to see. https://www.science.org/content/article/einstein-s-spooky-action-distance-spotted-objects-almost-big-enough-see

R. P. Feynman. El carácter de la ley física. (Edición en español) Ed. Tusquets 2001.

R. R. Rey-González, S. Gómez, C. J. Perilla y B. A. Rodríguez. En redacción.

Capítulo 6

Uso de la inteligencia artificial generativa como herramienta de estudio en estudiantes universitarios en la ciudad de Bogotá D.C.: Análisis de su impacto académico

José Martin Díaz Pulido [1]
Diego Karachas [2]
Steven Felipe Quintero Martínez [3]

Resumen

Se analiza el impacto académico del uso de la inteligencia artificial generativa (IAG) como herramienta de estudio en estudiantes universitarios en la ciudad de Bogotá D.C., en un contexto de creciente digitalización educativa. A través de una metodología mixta, que combina encuestas aplicadas a 300 estudiantes y entrevistas a docentes y alumnos de distintas instituciones de educación superior, se examinan los beneficios percibidos, las limitaciones operativas, las brechas tecnológicas y los desafíos éticos asociados a estas herramientas. Los hallazgos evidencian que plataformas como ChatGPT, Copilot, Grammarly y Gemini se han convertido en recursos habituales dentro de las rutinas académicas, promoviendo mejoras en la redacción, la organización del tiempo y el acceso a información compleja. Asimismo, se identifican efectos positivos en la productividad académica y en el aprendizaje autónomo (Luckin et al., 2016; Holmes et al., 2019). No obstante, también emergen preocupaciones significativas: el uso acrítico, la posible sustitución del esfuerzo intelectual, el riesgo de plagio y el limitado acceso en

[1] Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD, Bogotá, Colombia. josem.diaz@unad.edu.co
[2] Universidad Nacional de Colombia, docente, Bogotá, Colombia. Diego.rodiguez@unad.edu.co
[3] Universidad Santo Tomás, egresado, Bogotá, Colombia. steven.quintero@ustabuca.edu.co

poblaciones con menor alfabetización digital. El análisis revela que el impacto de la IAG no es uniforme y está condicionado por factores como el tipo de institución (pública o privada), el nivel socioeconómico y la infraestructura tecnológica disponible. Las universidades privadas presentan una mayor incorporación de estas herramientas, mientras que en contextos más vulnerables persisten barreras que limitan su uso efectivo (CEPAL, 2022).En conclusión, se plantea que la inteligencia artificial generativa puede constituirse en un aliado pedagógico valioso, siempre que su implementación sea guiada por principios de ética, equidad e inclusión educativa, y acompañada de una formación crítica y responsable tanto para estudiantes como para docentes (UNESCO, 2021; Salinas, 2020). Este estudio aporta evidencia contextualizada sobre el fenómeno en Bogotá y propone lineamientos para una integración pedagógica sostenible de la IAG en la educación superior.

Palabras clave: Inteligencia artificial generativa, Educación superior, Pensamiento crítico, Brecha digital, Rendimiento académico

Introducción

La revolución tecnológica del siglo XXI ha situado a la inteligencia artificial (IA) como uno de los pilares de transformación en múltiples sectores, siendo la educación uno de los más sensibles a su influencia. La inteligencia artificial generativa (IAG), ha ganado protagonismo gracias a su capacidad de producir textos, imágenes, códigos y otros contenidos a partir de datos existentes, utilizando modelos avanzados como los de lenguaje natural (NLP). Esta tecnología no solo representa un avance técnico, sino que redefine las formas de interacción con el conocimiento, las prácticas pedagógicas y el rol de los actores educativos (Holmes et al., 2019).

La aceleración del uso de tecnologías digitales tras la pandemia del COVID-19 evidenció tanto el potencial de la IA como las limitaciones estructurales del sistema educativo para integrarla de manera equitativa y ética. Durante este periodo, se intensificó el uso de herramientas digitales para el aprendizaje remoto, y muchas de esas prácticas se han mantenido y evolucionado con el regreso a la presencialidad. En este contexto, la IAG se consolidó como un recurso accesible y de uso cotidiano para los estudiantes universitarios,

especialmente en tareas que requieren procesamiento textual, análisis de información y apoyo en la escritura académica (OECD, 2021; UNESCO, 2021).

En el caso de Bogotá D.C., capital de Colombia y centro educativo por excelencia, conviven instituciones de educación superior públicas y privadas con diferentes niveles de desarrollo tecnológico. Este ecosistema educativo diverso y dinámico ha favorecido la rápida adopción de Plataformas como ChatGPT, Gemini, Grammarly y Copilot, que están siendo ampliamente adoptadas por los estudiantes como herramientas de apoyo para tareas, comprensión lectora, escritura académica, programación y como soporte para la redacción de ensayos, realización de resúmenes, traducciones, generación de ideas, explicación de conceptos complejos, e incluso para resolver problemas matemáticos o programar algoritmos, mostrando un amplio abanico de aplicaciones académicas, entre otras (OpenAI, 2023). Sin embargo, esta adopción no ha sido uniforme y plantea interrogantes sobre su impacto real en la formación académica integral.

No obstante, esta adopción ha traído consigo interrogantes fundamentales: ¿cuál es el verdadero impacto académico de estas herramientas? ¿Fomentan la autonomía del estudiante o generan una dependencia intelectual? ¿Contribuyen al aprendizaje profundo o promueven la reproducción mecánica de contenidos? A su vez, se plantean importantes desafíos en términos de equidad educativa, ya que el acceso a estas tecnologías no es homogéneo. Factores como el nivel socioeconómico, la conectividad, el acceso a dispositivos y la alfabetización digital influyen directamente en el aprovechamiento de la IAG como herramienta de estudio (Cepal, 2022).

Además, se observa una preocupación creciente entre docentes e instituciones frente a las implicaciones éticas del uso de estas plataformas, especialmente en cuanto a la autoría, la integridad académica y el posible desplazamiento de habilidades cognitivas superiores como la argumentación, el análisis crítico y la creatividad. En muchos casos, la falta de normativas institucionales claras sobre el uso de la IAG genera incertidumbre tanto en los estudiantes como en los profesores, dificultando su integración pedagógica de manera efectiva y responsable (Salinas, 2020).

En este escenario complejo, el presente capítulo se propone analizar el uso de la inteligencia artificial generativa como herramienta de estudio en estudiantes universitarios de Bogotá D.C., centrándose en su impacto

académico desde una perspectiva crítica. A través de un enfoque metodológico mixto, se busca identificar los patrones de uso, sus beneficios y riesgos, las brechas tecnológicas existentes, así como las percepciones éticas y pedagógicas asociadas. El objetivo es contribuir al debate actual sobre la transformación digital en la educación superior, brindando evidencia contextualizada que sirva de base para la formulación de políticas institucionales, estrategias de formación y prácticas educativas más inclusivas, innovadoras y éticamente responsables.

Planteamiento del Problema

El uso creciente de herramientas de inteligencia artificial generativa (IAG) entre estudiantes universitarios de Bogotá D.C. ha suscitado preocupaciones relacionadas con su impacto real en los procesos de formación académica, generando un debate pedagógico y ético sobre su influencia en el rendimiento académico y en la adquisición de competencias cognitivas. Mientras que algunos académicos la consideran una aliada del proceso educativo (Holmes et al., 2019), otros advierten sobre la dependencia excesiva que puede limitar el pensamiento crítico, la creatividad y la autonomía. Además, existen preocupaciones sobre la equidad en el acceso a estas tecnologías en contextos con marcadas desigualdades sociales y digitales (Cepal, 2022).

Esta tecnología ha sido adoptada de forma acelerada, sin una guía clara ni políticas institucionales que regulen su uso pedagógico. Aunque muchos estudiantes utilizan estas herramientas para apoyar sus actividades académicas, como redacción, investigación y resolución de problemas, también existe una tendencia creciente hacia el uso acrítico y dependiente de dichas plataformas.

Esta situación ha generado un desequilibrio entre la asistencia tecnológica y el desarrollo de habilidades cognitivas superiores, como el pensamiento crítico, la autonomía intelectual y la creatividad. A su vez, la implementación desigual de la IAG, motivada por diferencias de acceso a dispositivos, conectividad y alfabetización digital, ha puesto en evidencia brechas tecnológicas significativas que afectan la equidad educativa (CEPAL, 2022).

El contexto institucional también juega un papel crucial. Mientras algunas universidades fomentan la innovación educativa y ofrecen formación en el uso ético de la IA, otras carecen de políticas claras o de formación docente al respecto. Esto incrementa la disparidad en las oportunidades de aprendizaje, afectando negativamente la calidad y la integridad académica.

Árbol de Problemas

Problema central:

Uso acrítico y desigual de la inteligencia artificial generativa por parte de estudiantes universitarios en Bogotá D.C., lo que impacta negativamente el desarrollo académico integral.

Efectos:

- Disminución del pensamiento crítico y la autonomía en el aprendizaje.
- Aumento del plagio académico y disminución de la originalidad.
- Desigualdad educativa por brechas digitales.
- Dudas sobre la validez del rendimiento académico.
- Falta de políticas claras sobre el uso ético y pedagógico de la IAG.

Causas:

- Falta de formación ética y pedagógica en el uso de la IAG.
- Ausencia de normativas institucionales claras.
- Acceso desigual a herramientas tecnológicas y conectividad.
- Percepción de la IAG como atajo para evitar el esfuerzo académico.
- Escasa alfabetización digital crítica.

Árbol de Objetivos

Objetivo central:

Fomentar el uso crítico, ético y equitativo de la inteligencia artificial generativa como herramienta de apoyo académico en estudiantes universitarios de Bogotá D.C.

Resultados esperados:

- Mejora del pensamiento crítico y la autonomía académica.
- Reducción de malas prácticas como el plagio.
- Inclusión digital y disminución de las brechas tecnológicas.
- Claridad institucional sobre el uso de la IAG.
- Formación docente y estudiantil en competencias digitales críticas.

Medios o acciones:

- Capacitación docente y estudiantil en el uso responsable de la IAG.
- Elaboración de guías institucionales sobre su uso académico.
- Inversión en infraestructura digital y conectividad.
- Campañas de concientización sobre ética digital.
- Integración de la IAG dentro de marcos curriculares innovadores.

Análisis DOFA

Fortalezas (F)	Oportunidades (O)
- Alta adopción y familiaridad tecnológica en estudiantes jóvenes.	- Innovación pedagógica a través de nuevas metodologías asistidas por IAG.
- Acceso a herramientas IAG gratuitas o de bajo costo (ej. ChatGPT).	- Integración de IA en currículos universitarios.

Fortalezas (F)	Oportunidades (O)
- Capacidad de la IAG para personalizar el aprendizaje.	- Apoyo gubernamental e internacional (UNESCO, MinTIC).
Debilidades (D)	Amenazas (A)
- Uso acrítico o dependiente de la IAG.	- Plagio y deshonestidad académica.
- Falta de normativas y políticas institucionales.	- Brechas digitales y desigualdad en el acceso.
- Baja formación docente en competencias digitales.	- Desinformación y mitos sobre el uso de IA.

Estrategias:

- **FO:** Fomentar el uso innovador de la IAG mediante cursos de alfabetización digital crítica.
- **DO:** Superar debilidades internas desarrollando políticas institucionales con apoyo de iniciativas nacionales e internacionales.
- **FA:** Utilizar las fortalezas tecnológicas estudiantiles para contrarrestar amenazas como el plagio, mediante formación ética.
- **DA:** Diseñar programas inclusivos que reduzcan brechas digitales y promuevan un uso reflexivo de la IAG.

El uso de la inteligencia artificial generativa como herramienta de estudio representa una transformación sin precedentes en los entornos educativos. Sin embargo, su adopción apresurada y sin regulación ha generado múltiples desafíos pedagógicos, éticos y tecnológicos. A través de un diagnóstico profundo mediante el análisis DOFA y los árboles de problemas y objetivos, se evidencia la necesidad urgente de desarrollar políticas institucionales, programas de alfabetización digital crítica y estrategias de inclusión para garantizar que esta innovación tecnológica no solo esté al servicio de la eficiencia, sino también de la calidad y la equidad educativa.

Marco Referencial

Se presenta un enfoque socioconstructivista del aprendizaje, que postula que el conocimiento se construye activamente mediante la interacción social, la experiencia significativa y la mediación cultural (Vygotsky, 1978). Este enfoque es especialmente relevante en un contexto donde las tecnologías digitales, como la inteligencia artificial generativa (IAG), se integran en las prácticas educativas, transformando la manera en que los estudiantes acceden, procesan y producen información.

El uso de tecnologías emergentes en la educación superior en América Latina ha estado marcado por una tensión entre innovación y desigualdad. Según González-Patiño y Ortega (2021), el proceso de digitalización en Colombia ha sido desigual, condicionado por factores socioeconómicos, infraestructurales y pedagógicos. A pesar del avance en conectividad y disponibilidad de plataformas tecnológicas, aún persisten desafíos en términos de inclusión digital y formación docente.

Este marco también incorpora aportes del conectivismo como teoría del aprendizaje en la era digital (Siemens, 2005), donde el conocimiento no reside exclusivamente en la mente del individuo, sino que se distribuye a través de redes tecnológicas y relaciones sociales. La IA generativa, al facilitar el acceso a grandes volúmenes de información y automatizar ciertos procesos cognitivos, se convierte en una extensión de la mente del estudiante, lo que implica nuevas formas de aprender, pero también nuevos riesgos y dilemas éticos.

Antecedentes

A nivel internacional, diversos estudios han abordado la incorporación de la inteligencia artificial en el ámbito educativo. Luckin et al. (2016) destacan que la IA puede mejorar la educación mediante sistemas adaptativos que responden al ritmo y estilo de aprendizaje de cada estudiante. Del mismo modo, Holmes et al. (2019) plantean que, si bien la IA ofrece beneficios pedagógicos, su integración requiere una comprensión crítica de sus implicaciones éticas y sociales.

Brown et al. (2020) introducen el concepto de modelos generativos como los GPT (Generative Pretrained Transformers), capaces de producir textos coherentes a partir de comandos simples. Estos modelos han transformado

la relación de los estudiantes con la escritura, el análisis de textos y la generación de contenidos, al punto de desafiar las formas tradicionales de evaluación académica.

En el contexto latinoamericano, organismos como la CEPAL (2022) y la UNESCO (2021) han impulsado el uso responsable y ético de la IA en la educación, señalando que su potencial transformador solo puede concretarse si se reducen las brechas tecnológicas, se respetan los derechos digitales y se promueve la alfabetización digital crítica.

En Colombia, la Política Nacional de Inteligencia Artificial (MinTIC, 2023) reconoce que el país tiene un gran potencial para integrar la IA en diversos sectores, incluida la educación, pero también advierte sobre la necesidad de establecer marcos éticos, normativos y formativos adecuados. Pese a estos esfuerzos, los estudios específicos sobre el uso académico de la IAG en estudiantes universitarios de Bogotá aún son incipientes, por lo que esta investigación busca llenar un vacío significativo en la literatura nacional.

Marco Teórico

La **inteligencia artificial generativa (IAG)** se refiere a sistemas computacionales diseñados para generar contenido original, como texto, imágenes, audio, código, entre otros a partir del entrenamiento con grandes volúmenes de datos. Este proceso se basa en técnicas de deep learning y modelos de lenguaje como GPT-4, que pueden simular procesos creativos humanos (Brown et al., 2020).

Desde el punto de vista pedagógico, la integración de la IAG en el entorno universitario puede analizarse a través de diversas teorías:

- **Constructivismo social**: plantea que el conocimiento se construye activamente mediante la interacción social y la mediación cultural. Las herramientas digitales, incluyendo la IA, son consideradas mediadores del aprendizaje (Vygotsky, 1978).
- **Conectivismo**: propuesta de Siemens (2005), postula que el aprendizaje se da en redes, y el conocimiento puede residir

fuera del individuo, en bases de datos, sistemas tecnológicos o redes humanas. Desde esta óptica, la IAG se concibe como parte integral de dichas redes.

- **Alfabetización digital crítica**: Buckingham (2007) y Freire (1970) argumentan que el dominio de las tecnologías debe ir acompañado de la capacidad crítica para analizar su función en la sociedad, su influencia en la toma de decisiones y su impacto en la autonomía del pensamiento.

Brechas tecnológicas y equidad

Las brechas digitales en Colombia son profundas. Según la CEPAL (2022), el 35% de los hogares en áreas urbanas aún carecen de acceso estable a internet. Esto afecta directamente la posibilidad de usar herramientas de IAG, profundizando las desigualdades académicas. Además, la alfabetización digital crítica sigue siendo una deuda en muchos programas universitarios, lo cual impide un uso reflexivo y ético de estas tecnologías.

Hombre versus máquina

Existe un dilema epistemológico sobre si la IAG complementa o reemplaza las capacidades humanas. Algunos estudios sugieren que, mal utilizada, puede generar dependencia cognitiva y pérdida de habilidades fundamentales como la escritura, el razonamiento lógico o la capacidad crítica (Bender et al., 2021). Otros autores defienden su uso como herramienta para potenciar el aprendizaje autodirigido y la personalización del conocimiento (Holmes et al., 2019).

Educación superior

La educación superior hace referencia al nivel educativo que se cursa después de haber completado la educación secundaria, e incluye programas universitarios, tecnológicos y técnicos profesionales. Su propósito es formar ciudadanos críticos, profesionales competentes y generar conocimiento mediante la investigación y la extensión (UNESCO, 1998). En Colombia, está regulada por la Ley 30 de 1992, que establece que la educación superior debe contribuir al desarrollo cultural, científico, económico y ético del país (Congreso de Colombia, 1992).

Pensamiento crítico

El pensamiento crítico se entiende como la capacidad de analizar, evaluar y reflexionar de manera lógica y autónoma sobre la información recibida, para emitir juicios fundamentados y resolver problemas complejos. Esta habilidad es esencial en entornos educativos y se fortalece con el diálogo, la argumentación y el cuestionamiento de supuestos (Facione, 1990). En la educación superior, el pensamiento crítico permite a los estudiantes ser más autónomos y responsables en su aprendizaje.

Rendimiento académico

El rendimiento académico se define como el nivel de logro alcanzado por un estudiante en sus procesos de formación, evaluado generalmente a través de calificaciones, resultados de exámenes o desempeño en tareas académicas (Álvarez Méndez, 2001). Este indicador puede estar influenciado por factores personales, institucionales, familiares y, actualmente, tecnológicos.

Marco Legal

Aunque en Colombia no existe aún una ley específica que regule el uso de la inteligencia artificial generativa en el contexto educativo, sí existen normativas y políticas que enmarcan su utilización desde perspectivas relacionadas con la educación, la protección de datos y los derechos digitales:

- **Ley 1581 de 2012**: establece disposiciones generales para la protección de datos personales, lo cual es relevante en el uso de herramientas de IAG que recopilan, almacenan o procesan información del usuario. Las instituciones educativas deben garantizar que el uso de estas tecnologías respete los principios de legalidad, seguridad y confidencialidad.
- **Ley 30 de 1992**: regula la educación superior en Colombia y establece la autonomía universitaria. Esta autonomía otorga a las instituciones la capacidad de integrar tecnologías emergentes, siempre que se preserve la calidad educativa y los principios éticos del conocimiento.

- **Política Nacional de Inteligencia Artificial** (MinTIC, 2023): plantea lineamientos para el uso ético y responsable de la IA en sectores estratégicos, incluido el educativo. Esta política busca fomentar la innovación, respetando los derechos fundamentales y promoviendo la inclusión tecnológica.
- **Recomendación sobre la Ética de la Inteligencia Artificial** (UNESCO, 2021): documento que insta a los Estados a adoptar marcos legales y educativos que garanticen que el desarrollo de la IA esté alineado con valores como la equidad, la inclusión, la transparencia, la responsabilidad y el respeto a los derechos humanos.

Metodología

Este estudio se inscribe dentro de un enfoque metodológico mixto de tipo exploratorio-descriptivo, combinando estrategias cuantitativas y cualitativas para lograr una comprensión más profunda y contextualizada del uso de la inteligencia artificial generativa (IAG) como herramienta de estudio en estudiantes universitarios en la ciudad de Bogotá D.C.

La elección de este enfoque responde a la necesidad de cuantificar patrones de uso y, al mismo tiempo, interpretar significados, actitudes y experiencias subjetivas en torno a estas tecnologías (Hernández Sampieri et al., 2014; Creswell & Plano Clark, 2018).

Enfoque Cuantitativo

Se aplicó una encuesta estructurada a una muestra de 300 estudiantes universitarios de diferentes programas académicos y estratos socioeconómicos, matriculados en instituciones de educación superior públicas y privadas en Bogotá D.C. El instrumento fue validado por expertos y se aplicó en modalidad digital (formulario en línea) y presencial, en algunos casos. La encuesta incluyó preguntas cerradas y escalas tipo Likert, enfocadas en:

- Frecuencia de uso de herramientas IAG.

- Tipos de herramientas utilizadas (ChatGPT, Gemini, Grammarly, Copilot, entre otras).
- Percepciones sobre su utilidad, confiabilidad y efectos en el desempeño académico.
- Condiciones de acceso tecnológico.
- Uso ético o problemático (por ejemplo, sustitución del estudio o copia).
- Los datos obtenidos fueron procesados mediante análisis estadístico descriptivo usando frecuencias, porcentajes y medidas de tendencia central, utilizando el software SPSS versión 25.

Enfoque Cualitativo

De forma complementaria, se realizaron entrevistas semiestructuradas a un total de 35 participantes: 20 estudiantes y 15 docentes universitarios de diferentes instituciones. Estas entrevistas permitieron profundizar en las experiencias, preocupaciones éticas y percepciones pedagógicas relacionadas con el uso de la IAG. La técnica permitió identificar narrativas y patrones sobre:

- La integración de la IAG en el proceso de estudio.
- Percepción sobre el desarrollo o deterioro del pensamiento crítico.
- Cambios en la relación estudiante-docente.
- Dilemas sobre la autoría, honestidad académica y evaluación.

Las entrevistas fueron transcritas y analizadas mediante análisis de contenido temático, identificando categorías emergentes vinculadas con los objetivos específicos. Se utilizó la codificación abierta y axial propuesta por Strauss y Corbin (2002), con el apoyo del software Atlas. Ti.

Impacto académico en la comunidad estudiantil: Principales hallazgos

Los resultados obtenidos permiten establecer un panorama de impacto académico mixto:

Impacto positivo:

- El 67% de los estudiantes encuestados indica que el uso de la IAG ha mejorado su rendimiento académico.
- Se reporta mayor eficiencia en la organización del tiempo, mejor comprensión de textos académicos y retroalimentación inmediata.
- Las herramientas de IAG se usan principalmente para redacción de ensayos, generación de ideas, corrección gramatical y resolución de dudas conceptuales.

Impacto negativo:

- Un 42% de los estudiantes reconoce que ha utilizado estas herramientas como sustituto del estudio personal, lo que podría estar afectando el desarrollo del pensamiento crítico y la autonomía.
- Docentes entrevistados expresan preocupación por la originalidad de los trabajos académicos y el aumento de prácticas poco éticas, como el plagio o la dependencia excesiva.
- Se evidencia una brecha tecnológica significativa: estudiantes de universidades privadas reportan mayor acceso a dispositivos, conectividad y formación digital, en comparación con sus pares de instituciones públicas.

Resultados

El análisis de los datos recolectados a través de encuestas y entrevistas evidenció una alta penetración y uso de herramientas de inteligencia artificial generativa (IAG) entre estudiantes universitarios en Bogotá D.C. Los principales hallazgos fueron:

- Las herramientas más utilizadas son ChatGPT, Copilot, Grammarly y Gemini, en ese orden de frecuencia. Estas plataformas son utilizadas principalmente para tareas de redacción académica, generación de ideas, revisión ortográfica, resumen de textos y resolución de problemas complejos.
- El 78% de los estudiantes reporta utilizar estas herramientas al menos una vez por semana, mientras que el 29% afirma hacerlo a diario. Esto evidencia una integración regular y progresiva en sus rutinas académicas.
- Un 34% de los estudiantes encuestados manifestó haber notado una mejora directa en sus calificaciones tras comenzar a utilizar herramientas de IAG, especialmente en asignaturas que requieren producción textual.
- En términos de acceso, los datos muestran una brecha significativa: los estudiantes de universidades privadas reportan tener mayor acceso a dispositivos, conexión estable a Internet y formación en competencias digitales, en comparación con los estudiantes de instituciones públicas.
- En las entrevistas cualitativas, docentes universitarios reportaron un aumento en trabajos académicos con un estilo lingüístico artificialmente "perfecto", lo que genera dudas sobre la autoría real de los textos. Esto ha obligado a revisar criterios de evaluación y fomentar prácticas de verificación de autenticidad.
- En cuanto a la percepción ética, el 57% de los estudiantes reconoció que no siempre declara el uso de IAG en sus trabajos, y un 42% admitió utilizar estas herramientas como

sustituto del estudio tradicional, lo que puede impactar el desarrollo de habilidades cognitivas superiores.

Discusión

Los resultados muestran que la inteligencia artificial generativa se ha convertido en una herramienta académica de uso frecuente entre los estudiantes universitarios de Bogotá, lo cual coincide con las tendencias globales señaladas por Holmes et al. (2019) y Luckin et al. (2016). Su incorporación ha generado beneficios evidentes en términos de productividad, eficiencia y acceso a información estructurada, especialmente útil para tareas repetitivas o de redacción.

No obstante, también emergen desafíos significativos que requieren atención pedagógica y política. Uno de ellos es la posible dependencia tecnológica, que puede generar un aprendizaje superficial, afectando el desarrollo del pensamiento crítico y la autonomía académica, pilares fundamentales en la educación superior (Freire, 1970; Buckingham, 2007).

La brecha tecnológica entre instituciones públicas y privadas reafirma la necesidad de promover una inclusión digital efectiva, garantizando que todos los estudiantes tengan acceso equitativo a estas herramientas y a la formación para usarlas críticamente (CEPAL, 2022). Sin esta condición, la IAG corre el riesgo de profundizar desigualdades preexistentes en el sistema educativo.

Otro punto clave es la necesidad de revisar los marcos éticos y académicos que regulan el uso de tecnologías en el aula. Las universidades deben desarrollar políticas claras que orienten su integración pedagógica, fomenten la alfabetización digital crítica y promuevan un uso transparente y honesto de estas tecnologías (UNESCO, 2021; MinTIC, 2023).

Como señala Salinas (2020), el verdadero valor educativo de la tecnología radica en cómo se incorpora dentro de un proceso pedagógico significativo, más que en la tecnología en sí misma. En ese sentido, el uso de la IAG no debe sustituir el pensamiento humano, sino complementarlo y potenciarlo.

Conclusiones

El análisis del uso de la inteligencia artificial generativa (IAG) como herramienta de estudio en estudiantes universitarios en Bogotá D.C. permite evidenciar que su incorporación en los procesos académicos constituye una transformación significativa en las dinámicas de aprendizaje actual. En términos generales, se concluye que, cuando se utiliza de manera adecuada, la IAG puede consolidarse como una aliada estratégica en los procesos formativos, al facilitar la comprensión de contenidos, la estructuración de ideas y la optimización del tiempo académico en contextos de alta exigencia.

No obstante, este potencial se encuentra condicionado por el modo en que los estudiantes interactúan con la herramienta. El uso acrítico o excesivo puede derivar en una dependencia tecnológica que limite el desarrollo de habilidades cognitivas superiores, tales como el pensamiento crítico, la argumentación y la autonomía intelectual. En este sentido, la inmediatez de las respuestas generadas por la IAG puede fomentar una relación superficial con el conocimiento, reduciendo la profundidad del análisis y el esfuerzo cognitivo necesario para un aprendizaje significativo.

Asimismo, se evidencia que la incorporación de estas tecnologías está reconfigurando el concepto tradicional de aprendizaje y autoría académica. Más allá de la producción de resultados, cobra relevancia la capacidad del estudiante para formular preguntas pertinentes, validar la información obtenida y construir criterios propios. Esto implica una transición hacia modelos educativos centrados en el pensamiento crítico y la gestión del conocimiento, en lugar de la simple reproducción de información.

Por otra parte, el estudio permite identificar nuevas formas de desigualdad en el ámbito educativo. No solo persisten brechas de acceso a la tecnología, sino también diferencias en la capacidad de uso estratégico de la IAG. Aquellos estudiantes que desarrollan competencias para interactuar eficazmente con estas herramientas tienen mayores ventajas frente a quienes carecen de dichas habilidades, lo que plantea la necesidad de fortalecer procesos de alfabetización digital e inteligencia artificial en la educación superior.

En relación con el rol docente, se concluye que la IAG no sustituye la labor del profesor, pero sí exige una transformación profunda de su función. El

docente debe asumir un papel más activo como mediador del aprendizaje, orientador crítico y diseñador de experiencias educativas que promuevan la reflexión, el análisis y la aplicación del conocimiento en contextos reales. Este cambio demanda procesos de formación docente que integren competencias digitales y pedagógicas acordes con los desafíos actuales.

De igual forma, se identifican importantes tensiones éticas en los sistemas de evaluación académica. La facilidad para generar contenidos mediante IAG cuestiona la validez de los modelos tradicionales de evaluación, lo que hace necesario transitar hacia estrategias más auténticas, centradas en procesos, contextos y evidencias de aprendizaje que no puedan ser fácilmente replicadas por herramientas automatizadas.

En lugar de restringir o prohibir el uso de la IAG, resulta fundamental adoptar una postura proactiva desde las instituciones de educación superior, orientada a la formulación de políticas claras, el fortalecimiento de la ética digital y la promoción de un uso crítico y responsable de la tecnología. Esta perspectiva debe estar acompañada de una comprensión integral de la IAG, considerando sus implicaciones no solo técnicas, sino también sociales, culturales, legales y pedagógicas.

Finalmente, el impacto de la inteligencia artificial generativa trasciende el ámbito académico inmediato, incidiendo en la configuración del perfil profesional de los futuros egresados. En este contexto, se hace evidente que las competencias más valoradas serán aquellas relacionadas con el pensamiento crítico, la creatividad, la toma de decisiones y la capacidad de adaptación a entornos tecnológicos cambiantes. Por tanto, el verdadero desafío no radica en la existencia de la tecnología, sino en la capacidad del sistema educativo para integrarla de manera ética, crítica e inclusiva, garantizando así una formación pertinente y de calidad en el contexto contemporáneo.

Referencias bibliográficas

Álvarez Méndez, J. M. (2001). Evaluar para conocer, examinar para excluir. Morata.

Bender, E. M., Gebru, T., McMillan-Major, A., & Shmitchell, S. (2021). On the dangers of stochastic parrots: Can language models be too big? Proceedings of the 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency, 610–623. https://doi.org/10.1145/3442188.3445922

Brown, T., et al. (2020). Language models are few-shot learners. arXiv preprint arXiv:2005.14165. https://arxiv.org/abs/2005.14165

Buckingham, D. (2007). Digital media literacies: Rethinking media education in the age of the Internet. Research in Comparative and International Education, 2(1), 43–55.

CEPAL. (2022). Transformación digital y educación en América Latina. https://www.cepal.org/es/publicaciones

Congreso de Colombia. (1992). Ley 30 de 1992 por la cual se organiza el servicio público de la Educación Superior. https://www.mineducacion.gov.co

Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). Diseño y desarrollo de estudios de investigación con métodos mixtos. Pearson Educación.

Facione, P. A. (1990). Critical thinking: A statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction. American Philosophical Association.

Freire, P. (1970). Pedagogía del oprimido. Siglo XXI Editores.

González-Patiño, J., & Ortega, C. (2021). Educación superior y transformación digital en Colombia. Revista de Educación Superior, 50(198), 13–28.

Hernández Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación (6.ª ed.). McGraw-Hill.

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning. Center for Curriculum Redesign.

Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). Intelligence unleashed: An argument for AI in education. Pearson Education.

MinTIC. (2023). Política Nacional de Inteligencia Artificial en Colombia. https://www.mintic.gov.co

OECD. (2021). Digital education outlook 2021: Pushing the frontiers with artificial intelligence, blockchain and robots. OECD Publishing.

OpenAI. (2023). ChatGPT user guide. https://openai.com/chatgpt

Salinas, J. (2020). Innovación educativa y tecnologías digitales. Octaedro.

Strauss, A., & Corbin, J. (2002). Bases de la investigación cualitativa: Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada. Universidad de Antioquia.

UNESCO. (1998). Conferencia Mundial sobre la Educación Superior: La educación superior en el siglo XXI: Visión y acción. https://unesdoc.unesco.org

UNESCO. (2021). Recomendación sobre la ética de la inteligencia artificial. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137

Capítulo 7

Inteligencia artificial en el sector público de América Latina y el Caribe: lecciones aprendidas y hoja de ruta para la acción gubernamental

Marisol Martínez de la Peña [1]
Jairo Andrés Pineda Suárez [2]
Oscar René Martínez Mesa [3]

Resumen

La inteligencia artificial (IA) ha venido fortaleciéndose como una técnica que es fundamental para la constante evolución del Estado, pero su adopción en el sector público de América Latina y el Caribe (ALC) no puede dar lugar a inscripciones de software, simples sistematizaciones o el poder avanzado de la analítica. La hipótesis puntual de este artículo es que la IA pública idónea puede lograr a determinar algunas capacidades del Estado y que además da lugar a una afortunada articulación entre sus propios objetivos, datos robustos que además son interoperables, especiales y competitivos y corresponder con una gobernanza a nivel de las instituciones y su efectivo control, así como cubrir aspectos de recursos, evaluaciones de impacto, aprendizajes organizacionales y procesos que resguarden su idoneidad en todos los niveles y funciones.

El artículo presenta una exploración integrativa orientada a las oportunas acciones gubernamentales, toma diversa literatura académica sobre temáticas importantes que tienen que ver con la transformación digital, la

[1] Universidad del Bosque
[2] Universidad del Bosque
[3] Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca

administración pública y su promesa de valor, aspectos relacionados tanto con gobernanza algorítmica como la justicia de datos, el proceso de rendiciones de cuentas y la ética principalmente de la IA con soportes a nivel regional proveniente de diferentes organismos internacionales de carácter multilateral así como de algunos repositorios que por su característica tienen una especialización en temáticas influyentes que incorporan principios, riesgos y debida diligencia.

El artículo se apoya en autores representativos como Moore, Bovens, Fountain, Mergel, Bullock, Busuioc, Wirtz, Margetts, Yeung, Kitchin, Floridi, Selbst, Barocas, Benjamin, Crawford y Eubanks y además profundiza sobre esas tensiones que se derivan de los derechos y de la eficiencia, los procesos de discrecionalidad y automatización, innovación con respaldo legítimo, debido escalamiento y no menos importante el de la soberanía tecnológica.

Asimismo, hace referencia sobre algunas lecciones que se desprenden de las experiencias regionales como PROMETEA, PretorIA, repositorios de algoritmos públicos, el Índice Latinoamericano de Inteligencia Artificial y modelos recientes del BID, la OCDE/CAF, entre otros organismos que profundizan sobre el debido uso y responsabilidad de la IA.

El valor agregado de este artículo presenta el modelo DIAGIA-ALC, apoyado en una hoja de ruta con 8 dimensiones para la construcción de un diseño armónico que ayuda a su correcta preparación, implementación, evaluación y escalamiento de sistemas de IA pública, orientada además a la estructuración de derechos, adecuada evidencia y sostenibilidad institucional.

El artículo concluye que en AL no se necesitan guías poco estructuradas y apartadas de las realidades profundas, sino fundamentarse en diversos portafolios públicos de IA con una trazabilidad óptima, correctos procesos de evaluaciones, control humano significativo, participación ciudadana y procesos de cooperación que sirvan de correspondencia y apoyo en la región.

Palabras clave: Inteligencia artificial; Sector público; Gobernanza algorítmica; Datos gubernamentales; Ética pública; transformación digital.

1. Introducción

La inteligencia artificial actualmente ha dejado de pertenecer de forma aislada a los procesos de agenda pública, hoy por hoy se ha convertido en una tecnología relevante en los procesos del sector público que sirve como apoyo relevante en detección de riesgos como el fraude, apoyo fundamental en el proceso de la asignación de recursos, procesos de gestión que involucran oportunidad en los trámites, priorización de auditorías, servicio y atención ciudadana con oportunidad, el proceso de prestación y demanda de servicios y sobre todo a potencializar la administración tributaria y la gestión judicial. Otros procesos que tienen que ver con la salud pública, la movilidad, la seguridad, la educación y la protección del medio ambiente, también tienen un apoyo fundamental en el uso de la IA. Sin embargo, es prudente también mencionar que todas estas dinámicas conllevan a riesgos reputacionales y un incremento de errores que deben ser mitigados.

Los diferentes sistemas que introducen estos algoritmos pueden ayudar a acelerar los procesos estatales ya que de alguna manera ayudan también a mejorar la consistencia de la información y por obvias razones mejorar actividades que ayudan a ampliar los servicios, su cobertura y con ello también probablemente originar exclusiones cuando se alimentan con incompletitud de datos o se extienden en ambientes institucionales débiles (Barocas & Selbst, 2016; Busuioc, 2021; Eubanks, 2018; O'Neil, 2016).

En América Latina y el Caribe, esta discusión adquiere una relevancia particular porque los Estados operan en situaciones de desigualdad social, un quebrantamiento de sus instituciones, constantes brechas digitales, limitaciones económicas y fiscales, alta informalidad, capacidades técnicas heterogéneas y niveles constantes de variabilidad de confianza ciudadana.

América Latina ya cuenta con estrategias importantes de IA, la creación de diversos laboratorios de innovación pública, algunas experiencias judiciales fundadoras, datos abiertos, plataformas de interoperabilidad y repositorios de procedimientos públicos de IA. No obstante, también persisten problemas a nivel de escalabilidad, sustentabilidad y sostenibilidad presupuestal, concentración de proveedores, la ausencia media de procesos de evaluaciones con independencia, baja interoperabilidad y falta de marcos normativos claros para poder auditar, revisar, controlar y realizar seguimiento y evaluación a los impactos sobre derechos fundamentales (CENIA & CEPAL, 2025; Gutiérrez et al., 2026; OECD/CAF, 2022).

La discusión pública presenta la mayoría de las veces a la IA como un instrumento con eficiencia administrativa. Desde la teoría del valor público, la eficiencia es legítima si se vincula con resultados abiertamente meritorios, justificados y controlables (Moore, 1995).

En términos de administración pública, la IA ayuda a reconfigurar quién tiene el poder del proceso de toma de decisiones, las evidencias con que se cuenta, los criterios y el margen de facultad o discrecionalidad y sobre que instrumentos de rendición de cuentas.

Bullock (2019) advierte que la IA transforma la relación de discrecionalidad y burocracia; Busuioc (2021) manifestó que los sistemas con base algorítmica conllevan a mayores desafíos de responsabilidad pública; y Veale y Brass (2019) argumentan que el aprendizaje automático en el sector público no puede tener valor sino se considera de forma importante los incentivos, las rutinas, y las estructuras propias de su gestión.

Este artículo responde la pregunta central sobre ¿qué lecciones institucionales, técnicas y democráticas pueden guiar una hoja de ruta para la adopción y adaptación de forma responsable de la IA en el sector público de los países de América Latina y el Caribe?

La respuesta se desenvuelve en tres tendencias. En primer lugar, se expone un marco conceptual que explica la IA pública como capacidad estatal sociotécnica. En Segundo lugar, se analizan evidencias regionales actuales que corresponden a una madurez desigual, experiencias de justicia y repositorios de gobernanza de datos y sistemas públicos, teniendo en cuenta modelos multilaterales. En tercer lugar, se presenta el modelo DIAGIA-ALC como una hoja de ruta para evolucionar de a portafolios públicos de IA con mayor idoneidad y confiabilidad, fundamentados en bases auditables y modelos sostenibles.

La contribución del documento no consiste en defender una visión de carácter meramente tecnosolucionista, sino que enfatiza en que la IA puede fortalecer la capacidad del Estado cuando se logra someter a fines públicos claros, cuando se tiene la premisa de gobernar con certeza, responsabilidad y ética y especialmente cuando se cuenta con procesos que cuentan con una debida trazabilidad y se auditan, todo esto anudado a la conservación de la responsabilidad humana y la institucional.

En ese sentido, la pregunta no es si la IA debe soportar al Estado, sino qué tipo de Estado se construye y evoluciona cuando se involucran en las decisiones sistemas algorítmicos en su gestión desde el ámbito administrativo.

2. Marco teórico-conceptual: IA pública, valor público y capacidad estatal

2.1. De la digitalización administrativa al Estado algorítmico

La transformación digital del sector público no equivale simplemente a digitalizar formatos ni a automatizar trámites existentes. Mergel et al. (2019) definen la transformación digital como un proceso que cambia sustancialmente los servicios, las estructuras y la cultura de las organizaciones, también da lugar a unas transformaciones importantes en materia de capacidades internas y relaciones con los diferentes actores y ciudadanos.

Esta distinción es central para la IA, un modelo correcto que además predice es eficiente cuando se instala sobre procesos que se encuentran mal diseñados y eso produce dinamismo, oportunidad y rapidez en los mismos y no necesariamente indica que existe una mejora a nivel institucional, pero sin duda alguna ayuda a mitigar tiempos y tramitología ineficiente. Fountain (2001), al analizar el Estado virtual, evidenció que la tecnología está estructurada por la regulación, políticas y estructuras organizacionales e incentivos. De forma similar, Dunleavy et al. (2006) evidenciaron que la era digital tenía una implicación en la reorganización de la administración pública y eso tiene implicaciones más allá del enfoque meramente gerencialista.

La IA introduce un cambio de gobiernos digitales a gobiernos algorítmicos, en donde el Estado no solo se encarga de almacenar, transmitir o publicar información; debe predecir, recomendar, automatizar, clasificar e instaurar seguimientos y verificabilidad en sus procesos, políticas y procedimientos. Existe un desplazamiento al interior del sector público donde la inteligencia organizacional pasa a infraestructuras de datos y modelos algorítmicos y computacionales.

Por lo anterior, la IA pública debe evaluarse como una arquitectura para las instituciones que aporten en el proceso de toma de decisiones y no como una herramienta más que opera de forma neutra. Wirtz et al. (2019) identifican múltiples espacios de aplicación de la IA en el sector público con advertencias de desafíos de aceptación social, privacidad, seguridad, transparencia de la información y de capacidad administrativa.

En ALC, esta transición no se presenta de forma homogénea. Algunos países de AL, cuentan con agencias digitales más consolidadas que otros, tienen estrategias particulares de IA, con interacciones de datos abiertos e interoperabilidad, algunos también cuentan con sistemas fragmentados, calidades de datos de baja calidad e incipientes capacidades técnicas.

El Índice Latinoamericano de Inteligencia Artificial 2025; señala que la región puede clasificarse en una etapa de ecosistemas pioneros, donde hasta ahora se está evidenciando la oportunidad de ser adoptada y que es explorada, a partir de algunos factores habilitantes, investigación, innovación y desarrollo y gobernanza (CENIA & CEPAL, 2025). Esta falta de homogeneidad impide una sola política de IA pública.

La hoja de ruta debe tener en cuenta los niveles de madurez institucionales y tecnológicos de cada una de las entidades y de la estructura de cada país.

2.2. Valor público, legitimidad y capacidad estatal

El enfoque de esa promesa de valor público permite sin duda alguna evaluar la IA estatal más allá de simplemente aspectos relacionados con la eficiencia operacional. Moore (1995) plantea que en el sector público; la dirección especialmente debe crear valor a partir de la justicia y legalidad democrática, la capacidad operativa y los resultados con relevancia social. Aplicado a la IA, lo anterior implica que esos sistemas especiales basados en algoritmos deben responder a preguntas como ¿qué problemas públicos resuelven?, ¿con qué autorización o aval social y jurídico se implementan? y qué capacidad tienen las instituciones para sostenerlos en el tiempo?

La capacidad estatal también debe comprenderse en sentido de gobernanza. Fukuyama (2013) define que la calidad del gobierno se define de su capacidad de formular y ejecutar políticas, proveer servicios con oportunidad y eficiencia y actuar con suficiente profesionalismo. Weber (1978) destacó la

importancia de la racionalidad legal-burocrática; Simon (1947) mostró que las decisiones administrativas se producen bajo racionalidad limitada; y Lipsky (1980) evidenció que los funcionarios que se encuentran en la primera línea ejercen discrecionalidad en contextos de debilidades y escasez.

La IA sin duda ayuda a reducir procesos de incertidumbre y riesgos, pero a su vez puede desplazar la discrecionalidad hacia proveedores, comités o diseñadores. Desde esta perspectiva, la IA pública confiable no se mide solamente por notable precisión de desarrollo estadístico. Es fundamental su medición en la efectividad del desempeño de las instituciones, principios de equidad, transparencia, ética e integridad.

Una herramienta que realiza predicciones con gran exactitud, pero que al mismo tiempo puede afectar a grupos vulnerables y que esto puede no generar un valor público sostenible. La legitimidad de la IA en el Estado principalmente necesita que los ciudadanos comprendan, contradigan y auditen, las decisiones que afectan sus derechos (Bovens, 2007; Busuioc, 2021; UNESCO, 2022).

2.3. Gobernanza algorítmica y justicia sociotécnica

La gobernanza algorítmica se refiere al conjunto de reglas, prácticas, instituciones y mecanismos mediante los cuales se diseñan, implementan, supervisan y corrigen sistemas algorítmicos que participan en decisiones públicas. Yeung (2018) advierte que la regulación algorítmica puede producir nuevas formas de control automatizado difíciles de someter a escrutinio democrático.

Kitchin (2017) propone investigar los algoritmos como ensamblajes sociotécnicos: no solo código, sino datos, infraestructuras, instituciones, intereses, usuarios y contextos.

La literatura sobre justicia algorítmica ha mostrado que los sesgos no surgen únicamente de errores técnicos. Barocas y Selbst (2016) explican cómo el big data puede producir impacto dispar cuando reproduce desigualdades históricas codificadas en datos. Selbst et al. (2019) advierten sobre las trampas de abstracción cuando los modelos ignoran el contexto social en el que se despliegan.

Benjamin (2019) y Crawford (2021) enfatizan que la IA puede consolidar relaciones de poder, clasificación y extracción de datos si se implementa sin análisis crítico de sus condiciones materiales y sociales.

En el sector público de ALC, estos debates son especialmente relevantes. Las bases de datos administrativas pueden reflejar subregistro, informalidad, exclusión territorial, sesgos de denuncia, diferencias en conectividad o desigualdades de acceso a servicios.

Un sistema de IA que use esas bases sin evaluación crítica puede convertir desigualdades históricas en criterios automatizados de elegibilidad, riesgo o prioridad. Por ello, la justicia algorítmica debe incorporarse desde el diseño, no como auditoría tardía. La pregunta no es solo si el modelo es exacto, sino para quién es exacto, contra quién falla, qué daño produce cuando falla y qué reparación institucional existe.

2.4. Rendición de cuentas, explicabilidad y supervisión humana significativa

La rendición de cuentas algorítmica exige superar la idea de que la opacidad técnica exonera responsabilidad institucional.

Bovens (2007) entiende la accountability como una relación en la cual un actor debe explicar y justificar su conducta ante un foro que puede formular preguntas, emitir juicio y eventualmente imponer consecuencias. En IA pública, esto implica identificar responsables a lo largo de todo el ciclo de vida: formulación del problema, recolección de datos, selección del proveedor, entrenamiento del modelo, validación, despliegue, uso, monitoreo, actualización y retiro.

La explicabilidad debe ser proporcional al riesgo y al tipo de decisión. No todos los sistemas requieren el mismo nivel de explicación técnica, pero todo sistema público de IA debe contar con documentación, trazabilidad y capacidad de revisión.

El NIST AI Risk Management Framework propone gestionar riesgos de IA mediante funciones de gobernar, mapear, medir y gestionar, orientadas a sistemas válidos, confiables, seguros, resilientes, explicables, responsables y justos (NIST, 2023). Las recomendaciones de la OCDE sobre IA confiable,

adoptadas en 2019, enfatizan crecimiento inclusivo, derechos humanos, transparencia, robustez y responsabilidad (OECD, 2019).

La Recomendación de la UNESCO sobre ética de la IA, adoptada por los Estados miembros, ofrece un marco global centrado en derechos, dignidad, proporcionalidad, supervisión humana, sostenibilidad y gobernanza ética (UNESCO, 2022).

La supervisión humana significativa no equivale a que un funcionario presione un botón o confirme automáticamente la recomendación del sistema. Debe existir capacidad real para comprender, cuestionar, modificar o rechazar la salida algorítmica.

Además, el funcionario debe contar con tiempo, formación, respaldo institucional y protocolos claros. De lo contrario, se produce automatización de facto: el humano existe formalmente, pero el sistema decide materialmente. Este riesgo es particularmente alto en burocracias saturadas, donde las recomendaciones algorítmicas pueden convertirse en atajos operativos sin deliberación suficiente.

3. Metodología de revisión crítica y construcción analítica

El artículo adopta una metodología de revisión crítica integrativa orientada a la construcción de marco de acción. No se presenta como revisión sistemática exhaustiva ni como estudio empírico primario, sino como una síntesis analítica que articula literatura académica, marcos normativos, documentos multilaterales, evidencia regional y casos ilustrativos.

Este enfoque resulta pertinente cuando el objetivo es construir categorías conceptuales, identificar lecciones transferibles y formular una hoja de ruta de política pública.

El corpus se organizó en cuatro familias de fuentes; la primera incluye literatura académica sobre administración pública, transformación digital, valor público, discrecionalidad burocrática, rendición de cuentas y gobernanza algorítmica. La segunda incorpora estudios críticos de datos, justicia algorítmica y ética de la IA. La tercera reúne documentos de organismos internacionales y regionales, en particular OCDE, CAF, BID,

UNESCO, NIST, Banco Mundial, Oxford Insights, CENIA y CEPAL. La cuarta comprende experiencias y repositorios regionales de IA pública, incluyendo PROMETEA, PretorIA y la base de sistemas de IA del sector público de ALC elaborada por la Universidad de los Andes.

La estrategia analítica consistió en codificación temática alrededor de diez categorías: problema público, datos, infraestructura, talento, compra pública, gobernanza, derechos, supervisión humana, evaluación de impacto y escalamiento.

Posteriormente, estas categorías se reorganizaron en el modelo DIAGIA-ALC, que traduce la revisión crítica en una secuencia de acción gubernamental.

4. Evidencia Regional: Avances, Brechas y Aprendizajes en ALC

4.1. Madurez desigual de los ecosistemas de IA

La evidencia regional muestra una brecha entre visión estratégica e implementación efectiva. El modelo de referencia del BID para políticas de IA en el sector público de ALC sostiene que el reto principal no es solo formular estrategias, sino cerrar la distancia entre visión e implementación, articulando tres pilares: gobernanza e institucionalidad, infraestructura y datos, y talento (Martorell & Porrúa, 2026).

Esta tesis coincide con la evidencia de la OCDE/CAF (2022), que subraya la necesidad de uso estratégico y responsable de la IA en el sector público, así como de capacidades institucionales para gestionar riesgos.

El Índice Latinoamericano de Inteligencia Artificial 2025 confirma que la región avanza de manera asimétrica. El índice evalúa 19 países y estructura la medición en factores habilitantes, investigación, desarrollo y adopción, y gobernanza; además, clasifica países en grupos de madurez como pioneros, adoptantes y exploradores (CENIA & CEPAL, 2025).

Esta clasificación es útil porque permite diferenciar agendas; los pioneros pueden concentrarse en auditoría, interoperabilidad avanzada, soberanía tecnológica y escalamiento; los adoptantes requieren fortalecer datos,

talento, regulación y pilotos evaluables; los exploradores necesitan capacidades básicas, infraestructura digital y gobernanza institucional mínima.

El Government AI Readiness Index 2025 de Oxford Insights amplía la mirada al evaluar 195 gobiernos según su capacidad para aprovechar la IA en beneficio público. Su enfoque reconoce que el Estado no solo usa IA en servicios públicos, sino que también actúa como comprador, regulador, habilitador e inversor de ecosistemas (Oxford Insights, 2026).

Para ALC, esta distinción es fundamental: incluso cuando una entidad pública no despliega modelos propios, sus decisiones de regulación, contratación, datos abiertos, educación y ciberseguridad condicionan el ecosistema de IA.

4.2. Casos ilustrativos: Justicia, Repositorios y Aprendizaje institucional

PROMETEA, desarrollado en el Ministerio Público Fiscal de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, se ha convertido en uno de los casos regionales más citados de IA aplicada a justicia y administración pública.

El informe del BID documenta su uso para preparar automáticamente dictámenes judiciales y automatizar tareas reiterativas, con ganancias relevantes de productividad (Estevez et al., 2020). No obstante, su mayor enseñanza no debe reducirse a la velocidad: el caso muestra que la automatización funciona mejor cuando se orienta a tareas repetitivas, con jurisprudencia estable, reglas relativamente claras y supervisión institucional.

PretorIA, en Colombia, ilustra la incorporación de IA a una función judicial altamente sensible: la selección y gestión de acciones de tutela en la Corte Constitucional. Su relevancia no radica únicamente en la eficiencia, sino en la tensión entre priorización algorítmica, derechos fundamentales, acceso a la justicia y control constitucional.

Este tipo de sistemas exige criterios estrictos de transparencia, documentación, evaluación de sesgos, revisión humana y posibilidad de impugnación institucional. La lección es clara: cuanto más alto es el impacto en derechos, más robusta debe ser la arquitectura de control.

El repositorio de sistemas de IA del sector público de ALC de la Universidad de los Andes ofrece una base empírica particularmente valiosa para la investigación regional.

La versión 3.0 permite explorar sistemas de IA piloteados, implementados, suspendidos o descontinuados en 26 países y territorios, en distintas ramas del poder público y niveles de gobierno, caracterizados mediante variables sobre contexto, fuente, estado y tipo de sistema (Gutiérrez et al., 2026). Esta base es relevante porque permite estudiar no solo éxitos, sino también suspensiones, fracasos, sectores de aplicación, patrones de contratación y distribución territorial de capacidades.

4.3. De la experiencia aislada al portafolio público de IA

Una debilidad regional frecuente es la dependencia de casos emblemáticos. Los casos pioneros son útiles para inspirar aprendizaje, pero no bastan para construir capacidad estatal. Una política pública madura debe pasar de proyectos aislados a portafolios de IA con criterios de priorización, gobernanza, presupuesto, evaluación y retiro. Esto requiere inventarios de sistemas, registros públicos, matrices de riesgo, estándares de documentación, protocolos de adquisición y mecanismos de evaluación periódica.

La lógica de portafolio permite clasificar sistemas según valor público esperado y nivel de riesgo. Un chatbot informativo, un sistema de clasificación documental, un modelo de focalización social y un sistema de apoyo a decisiones judiciales no pueden someterse al mismo régimen de gobernanza. El criterio debe ser proporcionalidad: a mayor impacto sobre derechos, mayores exigencias de justificación, transparencia, auditoría, supervisión humana, evaluación externa y mecanismos de apelación.

El paso a portafolio también exige decisiones de sostenibilidad. Muchos pilotos fracasan no por falta de innovación, sino por ausencia de mantenimiento, actualización de datos, financiamiento, equipo responsable, integración con sistemas misionales o adaptación normativa. En la región, el escalamiento debe tratarse como problema de gestión pública, no como etapa automática posterior al prototipo.

5. Lecciones aprendidas para la acción gubernamental

5.1. Lección 1: La IA debe partir de un problema público verificable

La primera lección es metodológica y política; no se debe comenzar por la herramienta, sino por el problema público. Un proyecto de IA debe responder preguntas concretas: qué decisión se quiere mejorar, qué cuello de botella se busca resolver, cuál es la población afectada, qué evidencia muestra que la IA es pertinente, qué alternativa no algorítmica existe y qué riesgos se introducen. Sin esta definición, la innovación corre el riesgo de convertirse en espectáculo tecnológico.

La literatura de administración pública muestra que las tecnologías incorporadas sin rediseño institucional tienden a reproducir fallas previas (Fountain, 2001; Mergel et al., 2019). En IA, este problema se intensifica porque los modelos aprenden de datos generados por procesos pasados. Si el proceso anterior fue desigual, incompleto o discrecional, el modelo puede aprender esa desigualdad como patrón operativo. Por tanto, el diagnóstico debe incluir análisis de proceso, datos, usuarios, capacidades, riesgos y marco jurídico.

Una regla de diseño útil es formular una teoría de cambio algorítmica. Esta teoría debe explicar por qué un modelo de IA produciría mejores decisiones que el procedimiento actual, cuáles son los supuestos, qué indicadores medirán resultados, qué daños podrían ocurrir y cómo se mitigarán. Sin teoría de cambio, la evaluación se limita a métricas técnicas y no captura efectos institucionales ni distributivos.

5.2. Lección 2: Los datos son infraestructura institucional, no insumo neutro

La segunda lección es que los datos públicos deben tratarse como infraestructura institucional. No son simples insumos técnicos; expresan categorías administrativas, criterios históricos de registro, capacidades burocráticas, relaciones de poder y desigualdades sociales. Janssen et al. (2020) sostienen que la gobernanza de datos es condición para IA confiable porque organiza calidad, acceso, responsabilidad, estándares y valor. Klievink et al. (2017) muestran que la preparación para big data en el sector público depende de capacidades organizacionales, legales, técnicas y colaborativas.

En ALC, la calidad de datos enfrenta obstáculos específicos; registros fragmentados, baja interoperabilidad, duplicidad de bases, actualización irregular, subregistro de poblaciones vulnerables, sistemas legados, ausencia de diccionarios de datos, restricciones de acceso y tensiones entre apertura, privacidad y seguridad. La IA no resuelve estas debilidades; las expone. Por eso, la hoja de ruta debe comenzar con inventarios de datos, evaluaciones de calidad, gobernanza de acceso, interoperabilidad semántica, anonimización, seguridad, trazabilidad y responsables de custodia.

La infraestructura de datos también tiene dimensión democrática. Cuando una política pública usa IA para focalizar beneficios, priorizar inspecciones o identificar riesgos, las categorías de datos determinan quién aparece y quién queda invisible. Desde la justicia de datos, la pregunta clave no es solo qué datos se tienen, sino qué realidades no se registran, quién define las categorías, quién puede corregir errores y qué mecanismos existen para impugnar decisiones basadas en información incompleta o errónea.

5.3. Lección 3: La compra pública de IA debe gobernar riesgos y no solo adquirir tecnología

La tercera lección se relaciona con contratación pública.

La IA suele adquirirse mediante licencias, consultorías, servicios en la nube, modelos propietarios, desarrollos a medida o alianzas con GovTech. Cada modalidad genera riesgos distintos: dependencia de proveedor, opacidad de código o modelo, restricciones de auditoría, transferencia insuficiente de conocimiento, costos de mantenimiento, propiedad de datos, ciberseguridad, ubicación de servidores y responsabilidad por fallas. Comprar IA no es comprar un bien terminado; es contratar un sistema dinámico que puede cambiar con datos, actualizaciones y contextos de uso.

Una contratación pública responsable debe incluir cláusulas sobre documentación técnica, acceso a información para auditoría, pruebas de sesgo, requisitos de explicabilidad, seguridad, protección de datos, transferencia de capacidades, continuidad operativa, régimen de propiedad intelectual, actualización del modelo, condiciones de terminación y obligaciones de reporte. OECD/CAF (2022) y Martorell y Porrúa (2026) insisten en que el sector público necesita capacidades para evaluar, contratar y escalar soluciones de IA de forma responsable.

La región debe evitar dos extremos: dependencia total de proveedores externos y autarquía tecnológica inviable. La respuesta es soberanía tecnológica pragmática; desarrollar capacidades internas para definir problemas, gobernar datos, evaluar riesgos, exigir estándares, auditar resultados y negociar contratos, aunque ciertas soluciones sean desarrolladas por terceros. El Estado no tiene que construir todo, pero sí debe entender, gobernar y responder por lo que compra y usa.

5.4. Lección 4: La confianza exige explicabilidad proporcional, auditoría y supervisión humana real

La confianza pública no se obtiene declarando que un sistema es ético, sino demostrando que puede ser comprendido, controlado, corregido y, cuando sea necesario, retirado. La explicabilidad debe adaptarse al público objetivo; los equipos técnicos requieren documentación detallada; los funcionarios necesitan reglas operativas claras; los órganos de control requieren trazabilidad y evidencia; la ciudadanía necesita información comprensible sobre uso, finalidad, derechos y mecanismos de reclamo.

La auditoría algorítmica debe cubrir al menos cinco niveles: datos, modelo, proceso, resultados e impacto. La auditoría de datos verifica calidad, representatividad, sesgos y seguridad. La auditoría del modelo revisa desempeño, robustez y estabilidad. La auditoría de proceso examina cómo se integra la recomendación a la decisión administrativa.

La auditoría de resultados mide precisión, falsos positivos, falsos negativos y efectos por grupos. La de impacto evalúa consecuencias sobre derechos, equidad, confianza, carga administrativa y resultados públicos. Sin esta mirada multinivel, la evaluación queda reducida a una métrica técnica aislada.

La supervisión humana real requiere protocolos de intervención. El funcionario debe saber cuándo puede aceptar, modificar o rechazar una recomendación, cómo documentar su decisión, qué hacer ante anomalías y cómo reportar errores. Además, debe evitarse el sesgo de automatización: la tendencia a confiar en el sistema por el solo hecho de ser tecnológico. La IA debe fortalecer el juicio público, no sustituirlo de manera encubierta.

5.5. Lección 5: El talento público es una condición de soberanía y sostenibilidad

La quinta lección es que la IA pública depende de talento interdisciplinario. No basta con contratar científicos de datos; se requieren perfiles de derecho público, administración, ética, ingeniería, diseño de servicios, ciberseguridad, protección de datos, contratación, evaluación de impacto, comunicación pública y conocimiento sectorial.

La IA aplicada al Estado es un problema de equipos, no de especialistas aislados.

La formación debe diferenciar niveles. Los directivos necesitan capacidades para formular problemas, priorizar inversiones y gobernar riesgos. Los equipos técnicos requieren competencias en datos, modelos, seguridad, interoperabilidad y documentación. Los funcionarios de primera línea necesitan entender cómo usar y cuestionar recomendaciones. Los órganos de control deben desarrollar capacidades de auditoría técnica y jurídica. La ciudadanía y sociedad civil requieren alfabetización mínima para exigir derechos y participar en debates públicos.

La ausencia de talento interno produce dependencia y fragilidad. Cuando una entidad no entiende el sistema que usa, no puede negociar adecuadamente con proveedores, detectar fallas, responder ante errores ni sostener la solución. Por eso, los proyectos de IA deben incluir transferencia de conocimiento, documentación viva, comunidades de práctica y presupuestos de capacitación como componentes obligatorios, no accesorios.

5.6. Lección 6: la evaluación de impacto debe anteceder, acompañar y seguir el despliegue

La sexta lección es que la evaluación no puede limitarse al final del proyecto. Debe existir evaluación ex ante, durante el despliegue y ex post. La evaluación ex ante determina pertinencia, necesidad, proporcionalidad, riesgos, alternativas y condiciones mínimas. La evaluación durante el despliegue monitorea desempeño, errores, quejas, efectos distributivos, desviaciones y uso real. La evaluación ex post examina impacto, sostenibilidad, costos, beneficios, daños, aprendizajes y conveniencia de escalar, modificar o retirar el sistema.

Un problema frecuente en IA pública es la confusión entre desempeño técnico e impacto público. Un modelo puede tener buen desempeño estadístico y aun así producir efectos negativos si genera carga administrativa, reduce accesibilidad, afecta grupos vulnerables o desplaza responsabilidad. Por ello, la evaluación debe incorporar indicadores de valor público; calidad del servicio, equidad, oportunidad, confianza, transparencia, reducción de errores, integridad, ahorro de tiempo, satisfacción ciudadana y protección de derechos.

La evaluación independiente es especialmente importante en sistemas de alto impacto. No debe depender únicamente del proveedor ni del equipo implementador. Las universidades, organismos de control, laboratorios públicos, sociedad civil y expertos independientes pueden contribuir a auditar sistemas y producir evidencia acumulable. Esta es una oportunidad para construir investigación regional de alto nivel y publicar resultados en revistas indexadas.

5.7. Lección 7: La cooperación regional puede reducir asimetrías y dependencia

La séptima lección es regional. ALC comparte problemas públicos, lenguas, marcos jurídicos similares, brechas digitales, desafíos de talento y restricciones fiscales. Esta proximidad permite cooperación en estándares, repositorios, compras conjuntas, modelos abiertos, evaluación de impacto, formación, intercambio de casos y bancos de pruebas. La región no necesita replicar aisladamente capacidades costosas en cada entidad; puede construir bienes públicos regionales de IA.

La cooperación regional también contribuye a soberanía tecnológica pragmática. Iniciativas como repositorios regionales, índices comparados, estándares comunes y modelos lingüísticos adaptados culturalmente reducen dependencia de soluciones importadas no ajustadas al contexto. Sin embargo, la cooperación debe evitar retóricas vacías. Debe traducirse en infraestructura compartida, metodologías auditables, financiamiento, comunidades técnicas y mecanismos de aprendizaje entre gobiernos.

El aprendizaje regional debe incluir fracasos. Documentar sistemas suspendidos, pilotos no escalados, contratos problemáticos o impactos negativos es tan importante como celebrar casos exitosos. Una cultura

pública de aprendizaje exige reducir el costo reputacional de reconocer errores, siempre que existan transparencia, corrección y mejora. En IA, ocultar fallas puede ser más dañino que fallar de manera controlada y aprender.

6. Resultados y Hoja de ruta propuesta: Modelo DIAGIA-ALC

Con base en la revisión conceptual y regional, se propone el modelo DIAGIA-ALC: Diagnóstico, Infraestructura de datos, Arquitectura institucional, Gestión de riesgos, Innovación y compra pública, Aprendizaje y talento, Evaluación de impacto y Cooperación regional. El modelo no es una receta lineal rígida, sino un marco de gobierno adaptable a distintos niveles de madurez. Su propósito es traducir principios de IA confiable en decisiones operativas para entidades públicas.

La primera dimensión, diagnóstico, exige formular el problema público y la teoría de cambio. La segunda, infraestructura de datos, demanda inventarios, calidad, interoperabilidad y custodia. La tercera, arquitectura institucional, define roles, comités, responsables, normas internas y relación con órganos de control. La cuarta, gestión de riesgos, incorpora evaluación de impacto en derechos, privacidad, sesgo, seguridad y sostenibilidad. La quinta, innovación y compra pública, alinea contratación, GovTech, cláusulas de auditoría y transferencia de capacidades. La sexta, aprendizaje y talento, desarrolla competencias interdisciplinarias. La séptima, evaluación, instala indicadores y mecanismos de auditoría. La octava, cooperación regional, permite aprendizaje compartido y bienes públicos de IA.

La aplicación del modelo debería comenzar con un inventario institucional de sistemas algorítmicos y proyectos de IA. Muchas entidades ya usan herramientas automatizadas sin catalogarlas como IA. El inventario permite identificar sistemas existentes, nivel de riesgo, responsables, bases de datos, proveedores, población afectada y mecanismos de control. A partir de allí, la entidad puede priorizar intervenciones, suspender sistemas riesgosos, fortalecer documentación y planear nuevos proyectos con criterios claros.

7. Implicaciones para política pública, la gestión estatal y la investigación

Las implicaciones de política pública son directas. Primero, los gobiernos de ALC deben crear marcos nacionales de IA pública que combinen principios generales con instrumentos operativos: registros de algoritmos, guías de evaluación de impacto, estándares de documentación, protocolos de supervisión humana, matrices de riesgo, cláusulas contractuales, lineamientos de datos y mecanismos de participación ciudadana. Segundo, estos marcos deben ser proporcionales; no toda IA exige el mismo nivel de control, pero toda IA pública debe tener finalidad legítima, responsable institucional y trazabilidad mínima.

Tercero, la IA debe integrarse a estrategias de transformación digital y no tratarse como agenda separada. La interoperabilidad, identidad digital, ciberseguridad, datos abiertos, servicios digitales, nube gubernamental y talento público son habilitadores de IA. Sin ellos, la IA se reduce a soluciones puntuales de bajo impacto o alta dependencia. Cuarto, los gobiernos deben fortalecer capacidades de compra pública tecnológica. La contratación de IA requiere saber preguntar, evaluar, auditar y exigir condiciones de salida.

Quinto, la investigación académica regional debe avanzar desde descripciones de casos hacia evidencia comparada y evaluación de impacto. Existen oportunidades para estudios longitudinales sobre escalamiento, análisis de riesgos por sector, auditorías de sesgo, experimentos de implementación, estudios de confianza ciudadana, análisis de contratación pública, evaluación de marcos regulatorios y cartografías de sistemas suspendidos. El repositorio de la Universidad de los Andes, los índices regionales y las bases de organismos multilaterales abren una agenda empírica sólida para publicaciones de alto impacto.

8. Discusión: tensiones críticas de la IA pública en la región

La primera tensión es eficiencia versus derechos. En contextos de alta demanda ciudadana y baja capacidad administrativa, la promesa de eficiencia es legítima. Sin embargo, la eficiencia pública no puede separarse de garantías procedimentales. Un sistema que reduce tiempos, pero impide explicar, revisar o apelar decisiones puede erosionar legitimidad. La eficiencia

sin derechos produce modernización autoritaria; los derechos sin capacidad operativa pueden producir frustración institucional. La IA pública debe equilibrar ambos polos mediante proporcionalidad, supervisión y evaluación.

La segunda tensión es innovación versus control. Los gobiernos necesitan experimentar, pero la experimentación pública no puede convertir a la ciudadanía en sujeto involuntario de pruebas opacas. Una solución es crear entornos controlados de prueba, sandboxes públicos, pilotos con consentimiento informado cuando corresponda, evaluación independiente y criterios de salida. Innovar no significa saltarse reglas; significa construir reglas que permitan aprender sin producir daño injustificado.

La tercera tensión es centralización versus descentralización. La IA requiere estándares comunes, interoperabilidad y economías de escala, pero también conocimiento sectorial y territorial. Una arquitectura adecuada combina lineamientos nacionales con capacidades sectoriales y locales. Los gobiernos centrales pueden ofrecer infraestructura, estándares y auditoría; las entidades sectoriales aportan conocimiento del problema, datos y operación.

La cuarta tensión es soberanía versus colaboración. Ningún gobierno latinoamericano puede aislarse de ecosistemas globales de IA, pero tampoco debe depender pasivamente de modelos y plataformas diseñadas para otros contextos. La respuesta no es rechazar proveedores internacionales, sino fortalecer capacidad de negociación, evaluación, adaptación cultural, control de datos y desarrollo de alternativas abiertas cuando sea estratégico.

La quinta tensión es transparencia versus seguridad. La transparencia algorítmica es indispensable para confianza pública, pero algunos detalles técnicos pueden estar protegidos por seguridad, privacidad o propiedad intelectual. La salida es transparencia por capas: información pública para ciudadanía, documentación ampliada para órganos de control y acceso técnico bajo reserva para auditorías independientes. La opacidad total no es aceptable; la apertura total no siempre es prudente.

9. Agenda futura de investigación y líneas de contribución académica

La investigación futura debe profundizar en seis líneas. La primera es evaluación empírica de impacto: medir si la IA mejora resultados públicos, reduce desigualdades o genera daños no previstos. La segunda es gobernanza comparada: estudiar cómo distintas arquitecturas institucionales regulan inventarios, registros, auditorías y compras públicas. La tercera es justicia algorítmica situada: analizar sesgos en datos administrativos latinoamericanos y su relación con informalidad, territorio, género, etnia, edad, discapacidad y pobreza.

La cuarta línea es economía política de la IA pública: estudiar dependencia de proveedores, modelos de negocio, concentración de infraestructura, nube, datos y capacidades de negociación estatal. La quinta es talento y burocracia: entender cómo los funcionarios adoptan, resisten, reinterpretan o delegan decisiones a sistemas algorítmicos. La sexta es cooperación regional: evaluar qué bienes públicos regionales-repositorios, modelos abiertos, estándares, formación, auditoría- producen mayor retorno institucional.

Para fortalecer la contribución académica, los estudios sobre IA pública en ALC deberían combinar métodos. Las bases regionales permiten análisis cuantitativos y cartografías. Las entrevistas y etnografías organizacionales permiten comprender uso real y discrecionalidad. Los análisis jurídicos identifican garantías y vacíos normativos. Las auditorías técnicas evalúan sesgos y desempeño. Los estudios de percepción ciudadana miden legitimidad y confianza.

10. Conclusiones

La inteligencia artificial puede contribuir a Estados más capaces, oportunos y orientados por evidencia, pero solo si se implementa como capacidad pública sociotécnica. La región no enfrenta únicamente un desafío de adopción tecnológica, sino de gobernanza democrática, calidad de datos, talento, contratación, evaluación y confianza.

La IA pública confiable no nace de la sofisticación del modelo, sino de la alineación entre problema público, datos adecuados, reglas institucionales, supervisión humana, evaluación independiente y legitimidad ciudadana.

El análisis desarrollado permite sostener cuatro conclusiones. Primero, ALC debe pasar de pilotos emblemáticos a portafolios públicos de IA con inventarios, matrices de riesgo, responsables institucionales y evaluación de impacto. Segundo, los datos públicos deben tratarse como infraestructura estratégica y democrática, no como materia prima neutral. Tercero, la compra pública de IA debe incorporar cláusulas de auditoría, explicabilidad, seguridad, transferencia de capacidades y salida ordenada. Cuarto, la cooperación regional es una oportunidad para reducir asimetrías, compartir aprendizajes y construir soberanía tecnológica pragmática.

El modelo DIAGIA-ALC ofrece una hoja de ruta para orientar ese tránsito. Su valor está en conectar literatura académica, estándares internacionales y evidencia regional en un marco operativo adaptable a gobiernos con distintos niveles de madurez.

La propuesta no resuelve todos los dilemas, pero ofrece una base para deliberar, diseñar, evaluar y aprender. En última instancia, la pregunta decisiva no es cuánta IA adopta el Estado, sino qué capacidades públicas, qué garantías democráticas y qué formas de justicia institucional se fortalecen o debilitan con esa adopción.

A continuación, en la tabla 1 se determinan las lecciones aprendidas y algunas preguntas de verificación para los gobiernos de América Latina, así:

Tabla 1. Lecciones aprendidas y preguntas de verificación para gobiernos de ALC

Lección	Pregunta de verificación	Evidencia/documento esperado
Problema antes que herramienta	¿Qué decisión pública mejora la IA y por qué no basta una solución no algorítmica?	Teoría de cambio, diagnóstico de proceso y análisis de alternativas.
Datos como infraestructura	¿Los datos son completos, actuales, interoperables y representativos?	Inventario, diccionario de datos, evaluación de calidad y plan de gobernanza.

Lección	Pregunta de verificación	Evidencia/documento esperado
Compra pública responsable	¿El contrato permite auditar, corregir, entender y terminar el sistema?	Pliego con cláusulas de auditoría, propiedad de datos, seguridad y transferencia.
Supervisión humana real	¿El funcionario puede cuestionar la recomendación y documentar discrepancias?	Protocolo operativo, capacitación y registro de intervención humana.
Evaluación de impacto	¿Se miden resultados públicos y daños, no solo precisión técnica?	Matriz de indicadores, evaluación por subgrupos y reporte ex post.
Aprendizaje regional	¿El caso genera conocimiento transferible para otras entidades?	Ficha pública, lecciones aprendidas, datos abiertos cuando sea posible y repositorio.

Nota: Elaboración propia. La tabla presenta las lecciones aprendidas y algunas preguntas de verificación para los gobiernos de América Latina

En la tabla No. 2, se presenta la hoja de ruta para la IA pública, así:

Tabla 2. Modelo DIAGIA-ALC: Hoja de ruta para IA pública

Dimensión	Propósito	Acciones mínimas	Indicadores sugeridos
D - Diagnóstico	Asegurar pertinencia pública.	Definir problema, población, decisión, alternativa y teoría de cambio.	Problema formulado, justificación, matriz de alternativas.
I - Infraestructura de datos	Garantizar datos confiables.	Inventario, calidad, interoperabilidad, privacidad y trazabilidad.	Cobertura, actualización, errores, interoperabilidad.
A - Arquitectura institucional	Asignar roles y responsabilidad.	Comité, responsable del sistema, órgano de control y protocolo de uso.	Roles definidos, actas, manuales, trazabilidad.
G - Gestión de riesgos	Prevenir daños y proteger derechos.	Evaluación de impacto, pruebas de sesgo, seguridad y mecanismos de reclamo.	Riesgos mitigados, quejas, falsos positivos/negativos.

Dimensión	Propósito	Acciones mínimas	Indicadores sugeridos
I - Innovación y compra pública	Contratar con control y sostenibilidad.	Pliegos con requisitos técnicos, auditoría, transferencia y salida.	Cláusulas incluidas, auditorías realizadas, dependencia reducida.
A - Aprendizaje y talento	Crear capacidad interna.	Formación por niveles, comunidades de práctica y documentación viva.	Funcionarios formados, manuales, mejoras implementadas.
E - Evaluación	Medir valor público real.	Evaluación ex ante, monitoreo y evaluación ex post independiente.	Impacto, equidad, eficiencia, satisfacción, confianza.
R - Cooperación regional	Compartir capacidades y lecciones.	Repositorios, estándares, compras colaborativas y modelos abiertos.	Casos documentados, estándares compartidos, proyectos regionales.

Nota. Elaboración propia con base en Martorell y Porrúa (2026), OECD/CAF (2022), NIST (2023), UNESCO (2022) y CENIA & CEPAL (2025).

Referencias bibliográficas

Agrawal, A., Gans, J., & Goldfarb, A. (2018). Prediction machines: The simple economics of artificial intelligence. Harvard Business Review Press.

Barocas, S., & Selbst, A. D. (2016). Big data's disparate impact. California Law Review, 104(3), 671-732. https://doi.org/10.15779/Z38BG31

Benjamin, R. (2019). Race after technology: Abolitionist tools for the new Jim Code. Polity Press.

Bovens, M. (2007). Analysing and assessing accountability: A conceptual framework. European Law Journal, 13(4), 447-468. https://doi.org/10.1111/j.1468-0386.2007.00378.x

Bullock, J. B. (2019). Artificial intelligence, discretion, and bureaucracy. The American Review of Public Administration, 49(7), 751-761. https://doi.org/10.1177/0275074019856123

Busuioc, M. (2021). Accountable artificial intelligence: Holding algorithms to account. Public Administration Review, 81(5), 825-836. https://doi.org/10.1111/puar.13293

CAF - Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe. (2024). Diseño de políticas públicas de inteligencia artificial: Desarrollo de habilitadores para su

implementación en América Latina y el Caribe. CAF. https://scioteca.caf.com/handle/123456789/2241

Centro Nacional de Inteligencia Artificial & Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2025). Índice Latinoamericano de Inteligencia Artificial (ILIA) 2025. CEPAL. https://www.cepal.org/es/publicaciones/82514-indice-latinoamericano-inteligencia-artificial-ilia-2025

Crawford, K. (2021). Atlas of AI: Power, politics, and the planetary costs of artificial intelligence. Yale University Press.

Dunleavy, P., Margetts, H., Bastow, S., & Tinkler, J. (2006). Digital era governance: IT corporations, the state, and e-government. Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199296194.001.0001

Estevez, E., Linares Lejarraga, S., & Fillottrani, P. (2020). PROMETEA: Transformando la administración de justicia con herramientas de inteligencia artificial. Banco Interamericano de Desarrollo. https://publications.iadb.org/es/prometea-transformando-la-administracion-de-justicia-con-herramientas-de-inteligencia-artificial

Eubanks, V. (2018). Automating inequality: How high-tech tools profile, police, and punish the poor. St. Martin's Press.

Floridi, L., & Cowls, J. (2019). A unified framework of five principles for AI in society. Harvard Data Science Review, 1(1). https://doi.org/10.1162/99608f92.8cd550d1

Fountain, J. E. (2001). Building the virtual state: Information technology and institutional change. Brookings Institution Press.

Fukuyama, F. (2013). What is governance? Governance, 26(3), 347-368. https://doi.org/10.1111/gove.12035

Gutiérrez, J. D., Castellanos-Sánchez, M., Muñoz-Cadena, S., & Peralta, D. S. (2026). Sistemas de inteligencia artificial en el sector público de América Latina y el Caribe (Versión V3.0) [Conjunto de datos]. Universidad de los Andes. https://algoritmos.uniandes.edu.co/sistemas-de-ia-en-america-latina/

Hood, C. (1991). A public management for all seasons? Public Administration, 69(1), 3-19. https://doi.org/10.1111/j.1467-9299.1991.tb00779.x

Janssen, M., Brous, P., Estevez, E., Barbosa, L. S., & Janowski, T. (2020). Data governance: Organizing data for trustworthy artificial intelligence. Government Information Quarterly, 37(3), 101493. https://doi.org/10.1016/j.giq.2020.101493

Kitchin, R. (2017). Thinking critically about and researching algorithms. Information, Communication & Society, 20(1), 14-29. https://doi.org/10.1080/1369118X.2016.1154087

Klievink, B., Romijn, B. J., Cunningham, S., & de Bruijn, H. (2017). Big data in the public sector: Uncertainties and readiness. Information Systems Frontiers, 19, 267-283. https://doi.org/10.1007/s10796-016-9686-2

Lipsky, M. (1980). Street-level bureaucracy: Dilemmas of the individual in public services. Russell Sage Foundation.

Margetts, H. (2022). Rethinking AI for good governance. Daedalus, 151(2), 360-371. https://doi.org/10.1162/daed_a_01922

Margetts, H., & Dorobantu, C. (2019). Rethink government with AI. Nature, 568(7751), 163-165. https://doi.org/10.1038/d41586-019-01099-5

Martorell, P., & Porrúa, M. (2026). Modelo de referencia para políticas de IA en el sector público de América Latina y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo. https://doi.org/10.18235/0013985

Mergel, I., Edelmann, N., & Haug, N. (2019). Defining digital transformation: Results from expert interviews. Government Information Quarterly, 36(4), 101385. https://doi.org/10.1016/j.giq.2019.06.002

Mittelstadt, B. D., Allo, P., Taddeo, M., Wachter, S., & Floridi, L. (2016). The ethics of algorithms: Mapping the debate. Big Data & Society, 3(2), 1-21. https://doi.org/10.1177/2053951716679679

Moore, M. H. (1995). Creating public value: Strategic management in government. Harvard University Press.

National Institute of Standards and Technology. (2023). Artificial Intelligence Risk Management Framework (AI RMF 1.0) (NIST AI 100-1). U.S. Department of Commerce. https://doi.org/10.6028/NIST.AI.100-1

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2019). Recommendation of the Council on Artificial Intelligence (OECD/LEGAL/0449). OECD. https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0449

OECD/CAF. (2022). The strategic and responsible use of artificial intelligence in the public sector of Latin America and the Caribbean. OECD Public Governance Reviews, OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/1f334543-en

O'Neil, C. (2016). Weapons of math destruction: How big data increases inequality and threatens democracy. Crown.

Oxford Insights. (2026). Government AI Readiness Index 2025. Oxford Insights. https://oxfordinsights.com/ai-readiness/government-ai-readiness-index-2025/

Rahwan, I. (2018). Society-in-the-loop: Programming the algorithmic social contract. Ethics and Information Technology, 20, 5-14. https://doi.org/10.1007/s10676-017-9430-8

Selbst, A. D., Boyd, D., Friedler, S. A., Venkatasubramanian, S., & Vertesi, J. (2019). Fairness and abstraction in sociotechnical systems. Proceedings of the Conference on Fairness, Accountability, and Transparency, 59-68. https://doi.org/10.1145/3287560.3287598

Simon, H. A. (1947). Administrative behavior: A study of decision-making processes in administrative organization. Macmillan.

UNESCO. (2022). Recomendación sobre la ética de la inteligencia artificial. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137_spa

Universidad de los Andes & Banco Interamericano de Desarrollo. (2026). Convocatoria de capítulos: Inteligencia artificial en el sector público de América Latina y el Caribe: lecciones aprendidas y hoja de ruta para la acción gubernamental. Escuela de Gobierno Alberto Lleras Camargo.

van Noordt, C., & Misuraca, G. (2022). Artificial intelligence for the public sector: Results of landscaping the use of AI in government across the European Union. Government Information Quarterly, 39(3), 101714. https://doi.org/10.1016/j.giq.2022.101714

Veale, M., & Brass, I. (2019). Administration by algorithm? Public management meets public sector machine learning. In K. Yeung & M. Lodge (Eds.), Algorithmic regulation (pp. 121-149). Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/oso/9780198838494.003.0006

Weber, M. (1978). Economy and society: An outline of interpretive sociology. University of California Press.

Wirtz, B. W., Weyerer, J. C., & Geyer, C. (2019). Artificial intelligence and the public sector: Applications and challenges. International Journal of Public Administration, 42(7), 596-615. https://doi.org/10.1080/01900692.2018.1498103

World Bank. (2023). GovTech Maturity Index, 2022 update: Trends in public sector digital transformation. World Bank. https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/10b535a7-e9d4-51bd-96ed-6b917d5eb09e

World Bank. (2025). GovTech Maturity Index: The state of public sector digital transformation. World Bank. https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/5b2c81db-9bd3-5a41-b05d-14f878abe03d

Yeung, K. (2018). Algorithmic regulation: A critical interrogation. Regulation & Governance, 12(4), 505-523. https://doi.org/10.1111/rego.12158

Capítulo 8

Incidencia de la Inteligencia Artificial en la Formación de los Docentes de Inglés para el Futuro

Astrid Ramírez Valencia PhD [1]
Carlos Enrique Carrillo Cruz PhD [2]

Resumen

Esta investigación se inscribe en un horizonte de corte cualitativo, sumergiéndose en las realidades vibrantes y complejas del entorno educativo para comprender cómo se teje la formación docente hoy día. El propósito central que nos convoca es explorar y desentrañar el fenómeno de la inteligencia artificial, analizando su huella específica en la preparación de quienes mañana guiarán el aprendizaje del inglés. Este análisis se desprende de un macroproyecto robusto, el cual, a través de diversas etapas, ha buscado dar luz sobre el alcance real de los conocimientos tecnológicos que los futuros educadores de lenguas deben abrazar para transformar sus aulas. Para capturar la esencia de esta realidad, la recolección de información se basó en un diálogo constante entre el análisis documental, un estudio de mercado detallado y el pulso directo obtenido mediante encuestas aplicadas a los protagonistas. Los hallazgos iniciales susurran una verdad innegable: existe una urgencia creciente por robustecer los procesos de alfabetización tecnológica, demostrando que, cuando la IA se utiliza con sentido humano, los beneficios para el maestro de inglés son incalculables. Este estudio invita a recordar que la tecnología no es un fin, sino un puente; de ahí la relevancia de seguir investigando cómo estas herramientas pueden potenciar la

[1] Universidad Distrital Francisco José de Caldas. aramirezv@udistrital.edu.co
[2] Universidad Libre. carlose.carrilloc@unilibre.edu.co

identidad, la ética y la conexión emocional del docente en un mundo que corre hacia lo digital sin olvidar que la enseñanza siempre será un acto de profunda humanidad.

Palabras clave:

Introducción

Es bien sabido que en la actualidad se está viendo el impacto del desarrollo y la implementación de la inteligencia artificial, cuya influencia se evidencia en los múltiples cambios de la vida cotidiana, cuya conmoción se da en los campos personal, laboral, social y cultural, Tegmark (2017) examina el impacto de la inteligencia artificial en nuestra sociedad y en los entornos asociados a las actividades que llevamos a cabo comúnmente, por ser escenarios donde se están implementando estas nuevas formas de interacción y desarrollo de las actividades que normalmente se hacían por cuenta propia y que ahora se están desarrollando mediante el uso de esta nueva tecnología, que determina cambios en el actuar del contexto cotidiano y profesional en el cual está involucrado el docente.

Es tan amplio su alcance, que en muchos casos incluso determinan cuáles son los centros de interés en materia de selección de programas, servicios, compras, entre otros, Pariser (2011) explora cómo la exploración de preferencias se da a través de algoritmos de recomendación que en línea define nuestra visión de las preferencias, privando así a la población de manera inconsciente, a tomar decisiones influenciados por las determinaciones externas producto de la inteligencia artificial, cuyos modelos son netamente matemáticos y estadísticos, más que comunicativos o interactivos.

Otro ejemplo, se da en el uso de los medios de transporte, que a través de las diferentes plataformas determinan las formas más frecuentes utilizadas cotidianamente, un autor notable que analiza la influencia de la selección de los medios de transporte a través de las plataformas a través de la inteligencia artificial (IA) es Susskind (2015) explorando cómo la IA está cambiando la forma en que las personas eligen y utilizan servicios de transporte, entre otros aspectos de la vida cotidiana, todo esto al establecer patrones de consumo que denotan diferentes tendencias y preferencias de los usuarios, donde se

ven reflejados todos sus intereses y sirven como fuente de información para así definir todo el tipo de mercado y tendencias, de acuerdo a las preferencias.

Esta revisión permite reconocer, que la educación no es ajena a este fenómeno, entonces se requiere ser implementada a través del uso y conocimiento en el contexto educativo, al llegar a este punto se menciona a Kaplan y Haenlein (2016) quienes indagan sobre la transformación de la educación a partir de los avances de la inteligencia artificial. sin embargo, es imperioso que se establezca un sentido crítico y reflexivo, frente a las posibilidades brindadas por este tipo de herramientas.

Todo esto puede ser viable siempre y cuando se superen las condiciones socioeconómicas dentro de las cuales se desarrolla la educación pública, pues la inequidad y la escasez inciden ampliamente en el acceso a la educación, por la falta de conectividad, O'Neil (2016) estudia como la artificial puede ampliar las desigualdades existentes en los campos de la educación, el empleo y la justicia, situación que durante la pandemia se notó de forma evidente dejando entrever que muchos estudiantes debieron aislarse de la escuela, por lo tanto, no tuvieron contacto con el conocimiento durante estos tiempos, razón por la cual, el Estado debió haber desarrollado planes de contingencia que permitieran y viabilizaran el acceso a los dispositivos tecnológicos, para que de esta manera, se promoviera el uso de la inteligencia artificial en los contextos educativos, entonces, teniendo estas ideas en mente cabe reafirmar que la educación no es ajena a este fenómeno, por el contrario debe ser implementada a través del uso apropiado y en los modos en que se puede aplicar en el contexto educativo, sin embargo, es imperioso que se establezca un sentido responsable y crítico frente al uso y las posibilidades brindadas por este tipo de herramientas.

Ahora se comprende como de este modo, los profesores están en capacidad de incluir la tecnología como herramienta pedagógica dentro de las aulas de clase, ahora se hace alusión a Selwyn (2019) por estudiar la incidencia de la inteligencia artificial en la educación, destacando como los profesores de inglés en formación pueden incorporar estas herramientas de forma manera efectiva en sus prácticas docentes, claro está sin abandonar el factor humano, que resulta vital en los tiempos de la actualidad, donde se han evidenciado muchas debilidades emocionales, especialmente en los jóvenes en los últimos tiempos, quienes, a partir del aislamiento, producto de la pandemia, han visibilizado trastornos afectivos, producto de la ansiedad, la depresión y la

frustración frente a las diferentes situaciones por las cuales atravesaron y no fue posible superar, en determinado momento.

Tomando en cuenta todos estos miramientos, es inevitable dejar de echar un vistazo a la inteligencia artificial como una herramienta de ocio porque llegó para quedarse, Harari (2018) explica cómo la inteligencia artificial y otras tecnologías están impactando diferentes aspectos de nuestras vidas, incluyendo el ocio, pues cada día toma más espacios dentro de la vida cotidiana cuya incidencia está ampliamente determinada por el uso de este tipo de artefactos, afectando incluso escenarios tales como el marco social, cultural, político y cotidiano de las familias y más aún el educativo.

Esto se traduce especialmente en los rápidos avances que ha tenido este tipo de tecnología, proponiendo nuevos modos de interacción y de socialización, a través de los medios digitales pero que deben ser abordados con responsabilidad y conciencia especialmente en el campo educativo, Selwyn (2019) describe el impacto de la tecnología en la educación, considerando la necesidad de tomar en cuenta el tema de la ética por parte de los educadores, porque son los jóvenes que se encuentran siendo formados para ser docentes los responsables de estas nuevas generaciones, por lo tanto, deben promover la comunicación y la interacción directa y emocional, mas no la mediada por los medios tecnológicos.

Bien vistas las cosas se llega a afirmar, que los dispositivos dispuestos en el marco de la inteligencia artificial en un futuro no muy lejano, asumirán muchas tareas cotidianas que le son propios a los seres humanos en el mundo empresarial, del hogar y de la cotidianidad y hasta de la escuela, Tegmark (2017) explora cómo la inteligencia artificial está cambiando los estilos de vida diarios y analiza las diferentes formas de interacción que pueden existir en el futuro, hasta tal punto que estarían incluso en capacidad de proporcionar diversas soluciones a problemas de cierta complejidad, ocurridas en el mundo real y llegando a asumir muchas ocupaciones que le eran delegadas a los seres humanos.

Atendiendo a esto, se debe aceptar que la inteligencia artificial se ha apoderado de actividades como las compras y la publicidad en la red, Argan et al. (2023) examina el impacto de la tecnología en la sociedad contemporánea, incluyendo el papel de la inteligencia artificial en la publicidad y en el consumo haciendo recomendaciones para los usuarios,

atendiendo a las búsquedas o considerando las compras previas que se hayan hecho en línea, haciendo seguimiento incluso a los sitios visitados por las personas, dando reportes incluso de la localización donde han estado, todo esto, para optimizar y satisfacer las necesidades, de quien desea adquirir un producto pero sería interesante preguntarse qué pasará con toda esta realidad y cuál será su incidencia en la formación de un niño?

Fíjese pues que también, es fácil identificar su aplicación en la búsqueda hecha en la WEB, RECLA (2023) analiza cómo la inteligencia artificial está transformando la búsqueda en la web, cuyos motores se desarrollan atendiendo a los mecanismos empleados por este tipo de mecanismos la inteligencia construidos, otro típico ejemplo se da a través de los asistentes personales digitales, cuya función se enmarca en la generación de respuestas, frente las inquietudes que se les plantee, del mismo modo operan los traductores automáticos, que incluso en este momento, pueden ser desarrollados a través del uso de la voz. o a través del texto, de igual manera encontramos las casas y las ciudades con infraestructuras inteligentes, con las cuales se pretende ahorrar energía y volver la vida mucho más fácil y cómoda para los usuarios los cuales seguramente traerá muchos problemas afectivos a largo plazo y es allí donde el docente cobra una relevancia, que le demanda un saber profundizando en el ser, puesto que es en la escuela donde el individuo desarrolla su vida social y afectiva, y esta condición difícilmente podrá ser desarrollada por las máquinas.

Bien vistas las cosas así, con todo lo planteado hasta aquí, se puede afirmar que los docentes en formación deben entender que no existe un regreso a la normalidad y que el quiebre de la cotidianidad de la escuela obliga a repensar y reinventar el sistema educativo. Es así como en la formación docente, es de vital importancia ser tenido en cuenta el tema de la inteligencia artificial (IA), Yang et al. (2021) discuten cómo la formación de los docentes es esencial para integrar de manera efectiva la inteligencia artificial en los procesos educativos y es allí donde los factores emocionales deben jugar deben un papel preponderante en este momento, cuando la educación precisa de propuestas innovadoras, que suplan las necesidades y desafíos impuestos después de la pandemia en el actuar tanto del docente como del estudiante.

Es así como en el marco de la incidencia de la inteligencia artificial en la formación de los docentes de inglés se denota la integración de la inteligencia artificial no como un evento aislado, sino una respuesta ética y pedagógica

que busca acopiar los desafíos globales definidos por la normativa internacional. Como estados parte, las naciones asumen estos marcos regulatorios, impulsando a las instituciones de educación superior a comprender estas tecnologías dentro de su gestión y currículo, siempre bajo el faro de las competencias tecnológicas docentes. En este escenario, nuestra investigación ha florecido a través de tres fases críticas de implementación orientadas a los profesores de inglés. En un primer momento, el corazón de la formación se centró en la exploración práctica: desde la creación de imágenes y contenidos pedagógicos hasta la adecuación de mecanismos de gestión de datos, tomando como referencia las competencias TIC propuestas por el Ministerio de Educación Nacional (2013) para cimentar una base investigativa sólida. Posteriormente, el enfoque se desplazó hacia un segundo momento vital: la producción académica de textos mediados por IA. A través de un análisis comparativo riguroso, se examinaron los niveles de humanización y el margen de error, revelando un hallazgo sorprendente sobre la ineficacia de las plataformas de detección. Se evidenció que estos sistemas suelen arrojar falsos positivos, identificando erróneamente similitudes con el uso de IA en textos puramente humanos creados con anterioridad a este auge tecnológico. Los hallazgos presentados en este artículo no solo arrojan luz sobre estas paradojas, sino que son una invitación abierta a los formadores de formadores para continuar desentrañando esta realidad. Hoy, más que nunca, este camino cuenta con un respaldo creciente tanto del sector público como del privado, consolidando un ecosistema de apoyo para investigaciones que humanicen la técnica en el campo de la enseñanza de lenguas.

Muchos han reconocido la influencia de la inteligencia artificial en la formación de los docentes novatos, la UNESCO (2019) entidad resalta el amplio dominio que pueden tener este tipo de herramientas especialmente en los modos de enseñanza y de aprendizaje, así como de acceso al conocimiento, aspectos que están directamente relacionados con la instrucción de los nuevos profesores.

En esta línea argumentativa entonces, se enfatiza la importancia de la inteligencia artificial en su aprendizaje, así se propone que lo más importante es enfocar su educación en la flexibilidad ofrecida por este tipo de herramientas y dispositivos que tienden a promover el aprendizaje autónomo, idea explicada por Moreno (2019) cuando enfatiza la ventaja ofrecida por la inteligencia artificial, concibiéndola como una herramienta que

posibilita la implementación de estrategias que llevan las conocimiento de manera eficaz y específica, acorde a las necesidades de quien está aprendiendo.

Con este panorama en mente, se menciona a Aparicio-Gómez y Ostos-Ortiz (2021) por enfatizar la importancia de la inteligencia artificial, al permitir el manejo de una gran cantidad de datos relacionados con el campo del aprendizaje, lo cual posibilita la puesta en escena de diversas actividades, que buscan satisfacer las necesidades de quien se encuentra aprendiendo un idioma basado en sus intereses y habilidades.

Entonces, aquí es posible adentrarse en el mundo de la enseñanza, trayendo a Jara y Ochoa (2020) por enfatizar que la inteligencia artificial promueve las tutorías acordes a los perfiles, sus respuestas, así como a las interacciones de los estudiantes, por ello, se llega a pensar que pueden tener en cuenta el ritmo de aprendizaje de los aprendices, suministrando materiales acordes a sus necesidades y a sus intereses de aprendizaje.

Estos mismos autores consideran que la IA requiere del aprendizaje colaborativo entre estudiantes, en esto concuerda Krueger (2021) al examinar cómo examina cómo las redes de personas y computadoras pueden trabajar de forma conjunta permitiéndoles resolver problemas cotidianos, de este modo también se facilita la comunicación entre los intervinientes, mediante la creación de espacios de discusión entre diversos intervinientes, de manera sincrónica y asincrónica, por lo cual los aprendices pueden dar su opinión y comentarios, considerando los enunciados de sus compañeros, de esta forma se promueve una conversación académica, que permite ser innovadora, encontrando nuevas formas y propuestas frente a las problemáticas halladas especialmente en el terreno de la educación, caracterizado por ser cambiante, dinámico e interdisciplinario.

Bajo esta perspectiva, se reconoce que la inteligencia artificial posibilita la identificación de las fortalezas y debilidades de los estudiantes de forma individual, Aparicio-Gómez (2023) muestra cómo los sistemas de tutoría inteligente pueden adaptarse al estilo de aprendizaje individual de los estudiantes utilizando técnicas de inteligencia artificial, así mismo en cuanto al tema del aprendizaje, dando recomendaciones personalizadas, con las cuales sea posible mejorar los procesos de adquisición de una lengua, entonces cada uno tendrá la oportunidad de aprender de acuerdo a su ritmo,

sus intereses y sus áreas específicas de aprendizaje, motivando y creando de este modo espacios de aprendizaje más atractivos e interactivos, para quien está aprendiendo un saber, que requiere de otras habilidades y compromisos exigiéndole con autonomía, disciplina y dedicación permanente, por parte de quien se encuentra adquiriendo una lengua.

En el contexto de estas afirmaciones, se resalta la necesidad de promover la capacitación y el conocimiento por parte de los docentes en formación de inglés, esto con el propósito de conocer los usos y las posibles aplicaciones de la inteligencia artificial en los procesos de enseñanza de un idioma, a fin de contextualizar en su enseñanza en el entorno de la práctica docente, y teniendo en cuenta factores como los aspectos culturales, sociales, tradicionales y la identidad, tanto de su idioma, como de la lengua que se encuentra aprendiendo, considerando como lo plantea la UNESCO (2022) los principios de la equidad y la inclusión, es fundamental por ejemplo contar con un computador, así como con la oportunidad de acceso al uso de una banda ancha que posibilite y facilite la comprensión y aplicación de este tipo de herramientas, especialmente cuando se encuentra desarrollando la práctica docente, todo esto para facilitar el acceso al conocimiento y así transformar la escuela, mediante procesos equitativos en diferentes espacios, donde los niños puedan participar y hacer uso de la tecnología sin ningún tipo de restricción, teniendo en cuenta el propósito pedagógico de su enseñanza, de esta manera y equitativo o fomentar el aprendizaje con principios de equidad e inclusión, inclusión, proyección y a la realización de los sueños de los jóvenes en las escuelas públicas.

Metodología

La presente investigación se cimenta en el paradigma cualitativo, el cual permite una aproximación profunda y sensible a las realidades humanas que subyacen en el aula. Lejos de reducir la experiencia educativa a cifras frías, este enfoque busca comprender los significados y las vivencias de los futuros docentes en su interacción con la tecnología. Tal como lo plantean Ramírez et al. (2023), este camino metodológico es esencial para rastrear las tendencias de investigación e innovación, permitiendo que la formación de los educadores de inglés no sea un proceso estático, sino un ecosistema en constante evolución que responde a las necesidades del siglo XXI. Desde esta perspectiva, la metodología no es solo un conjunto de pasos, sino un puente

que conecta la teoría con la praxis docente en escenarios de incertidumbre y cambio tecnológico.

Carrillo Cruz et al. (2023) señalan la metodología como el marco estratégico que guía el proceso de indagación, proporcionando coherencia entre los objetivos trazados y las realidades observadas en el marco de IA en el ámbito educativo. Bajo este marco, el estudio se estructuró en tres fases de implementación que permitieron transitar desde la exploración inicial de herramientas de inteligencia artificial hasta el análisis crítico de la producción académica mediada por estas tecnologías, garantizando así una visión holística del fenómeno estudiado.

La ruta metodológica de este estudio se define a través de la investigación-acción, un enfoque que trasciende la simple recolección de datos para convertirse en un ciclo vivo de reflexión, planificación y mejora continua. Al adoptar esta perspectiva, nos alejamos de la visión del investigador como un observador distante, permitiendo que el proceso de indagación se nutra de la colaboración activa entre los docentes y su entorno tecnológico. Como señalan Arizmendi y Carrillo (2024), este esquema no solo busca resolver problemas técnicos de manera efectiva, sino que actúa como un catalizador para que los educadores se transformen en agentes de cambio, aprendiendo y evolucionando a través de su propia experiencia práctica con la inteligencia artificial. En este sentido, la metodología se convierte en un ejercicio de empatía y descubrimiento, donde cada narrativa individual es valorada para capturar la singularidad con la que cada docente interpreta y abraza la realidad digital.

Bajo este horizonte cualitativo y descriptivo, el estudio se apoyó en una tríada de instrumentos diseñados para captar la complejidad del fenómeno educativo: la observación participante, el análisis documental y la encuesta estandarizada. La recopilación documental se erigió como un pilar fundamental, permitiendo identificar conexiones profundas entre los marcos metodológicos y los valores humanos que sustentan la relevancia del estudio. Por su parte, la aplicación de encuestas a una muestra representativa permitió clarificar las percepciones y necesidades de los docentes frente a la innovación educativa. Esta integración de herramientas, sistematizada mediante tablas académicas y análisis crítico, garantiza una comprensión holística de cómo se percibe e implementa la IA en la educación superior, asegurando que el fortalecimiento de las competencias tecnológicas

docentes responda siempre a un propósito pedagógico humano y transformador.

Esta investigación alcanzó un notable 81.5% de involucramiento de futuros docentes en las fases de implementación tecnológica. En el marco de la producción escrita, el estudio analizó en un primer momento 20 artículos académicos sometidos a un proceso de humanización para la publicación de contenidos, logrando que el 99% de ellos cumplieran satisfactoriamente con sus metas de difusión científica. No obstante, la fase de testeo de originalidad reveló hallazgos inquietantes sobre las herramientas de detección actuales: al analizar 10 trabajos manuscritos con una antigüedad superior a los 15 años, y sin registros documentales previos en bases de datos digitales, 4 de ellos arrojaron coincidencias inexistentes poco claras y no fiables, otras 3 coincidencias con textos nada relacionados. Este margen de error del 40% en textos históricamente analógicos pone en tela de juicio la validez de los sistemas de detección profesionalizados para sostener un proceso evaluativo justo y transparente en la era de la IA. Así como el 30% con correlaciones no dependientes que tuvieron que ser omitidas por su falta de fiabilidad.

Los resultados obtenidos obligan a una reflexión profunda sobre la evolución de la escritura profesional en los futuros docentes. Si bien la inteligencia artificial potencia la capacidad de producir textos académicos estructurados y refinados, paradójicamente pone en crisis las capacidades de escritura tal como las hemos concebido tradicionalmente. Los datos recolectados a través del experimento de generación de contenidos con más de 60 futuros profesores de inglés validan una transformación radical: la rapidez en la creación de recursos personalizados y "customizados" ha desplazado la dependencia de los textos académicos convencionales como guías únicas del proceso de enseñanza.

Se evidencia un 81.5% de transformación en el tipo de recursos que estos docentes producen para comunicar y enseñar, migrando hacia una producción de contenidos digitales en versiones beta de alta eficiencia. Los hallazgos nos sitúan ante la ineludible necesidad de replantearnos la idea misma de escritura. Infortunadamente, de acuerdo con la evidencia recolectada hasta la fecha, el acto de escribir debe verse transformado; ya no como una transferencia lineal de información, sino como un proceso de curaduría y co-creación híbrida que desafía los estándares de evaluación y autoría vigentes en la academia contemporánea.

Discusión

A propósito de las ideas aquí planteadas, se refuerza la necesidad de tomar una mirada investigativa alrededor del impacto, el uso y el análisis de la incidencia de la inteligencia artificial en el contexto educativo y de manera particular en la formación de los docentes novatos de inglés, esto con el fin de generar ideas innovadoras y comprometidas con el desarrollo y la utilización de este tipo de dispositivos que fortalecerán los procesos de aprendizaje, como lo explica Ramírez y Ortiz (2023) siempre y cuando, se tengan en cuenta las necesidades educativas individuales, los procesos culturales y la diversidad de pensamientos, por ser fundamentales en el trabajo de las instituciones educativas para la formación de los individuos.

Al respecto conviene agregar que, dentro de los procesos de educación de este nuevo docente de inglés, se deben tomar en cuenta las nuevas perspectivas emergentes cuyas tendencias deberán ser primordiales en la orientación de la educación de este nuevo docente, todo esto con el propósito de re imaginar y fortalecer la construcción de la formación de ese docente del futuro, Ramírez et al. (2022) reflexionan acerca de la importancia de la educación de estos nuevos docentes con una perspectiva que impulsen la excelencia educativa, para lograrlo deberá desempeñarse adoptando diversas posturas, que permitan reorientar su condición pedagógica, apoyado en los avances de la inteligencia artificial, de esta manera se podrá esperar que sean inspiradores de cambio y creadores de un futuro mejor, para las generaciones del mañana, cuyas transformaciones son cambiantes, pero que requieren de un proceso de reflexión y crítica constante y permanente, basado en la conversación, el diálogo, la resiliencia, la asertividad y la convergencia de ideas, promotoras del empoderamiento y la transformación del conocimiento, en nivel de fortalecer al ciudadano globalizante.

Al margen de las ideas planteadas hasta aquí, se requiere del pronunciamiento de unas orientaciones que tengan en cuenta, las experiencias tanto locales, como personales de los investigadores, Ramírez et al. (2023) abordan cómo los investigadores pueden incorporar sus propias experiencias y conocimientos locales en la investigación educativa, situación que evidentemente se facilita cuando se explora las herramientas de la inteligencia artificial, de tal manera que sea posible la promulgación, y la creación de nuevas aplicaciones en el campo de la enseñanza de las lenguas extranjeras.

Del mismo modo se explica que, dentro de los programas que educan a los docentes de inglés, se tendrá que ofrecer otros espacios donde se enfatice el tema de los derechos de autor, respetándose siempre el valor de las prácticas y la innovación pedagógica pedagógicas que ya a partir de las propuestas que hacen los docentes novatos, Flores y García (2023) indaga acerca de cómo la inteligencia artificial podría afectar la vida humana y la sociedad, planteando algunas preguntas éticas relacionadas con su desarrollo y control, es allí donde se puede resaltar la labor del docente como facilitador del conocimiento, evidenciando los procesos transversales de interacción e integración, promulgando ante todo los valores humanos, la resiliencia y el respeto y el derecho por la vida y la condición de la humanidad de los docentes en formación.

Bien se comprende entonces, la razones para que Flores y García (2023) analicen las implicaciones éticas y filosóficas de la inteligencia artificial, dándoles importancia a los valores éticos y profesionales, cuando se utilice esta herramienta que facilita su desempeño y el desarrollo de las clases, sin que ello se convierta en el único elemento a tener en cuenta, en su desarrollo, esto especialmente cuando se encuentren involucrados dentro de la práctica docente, cabe resaltar aquí la importancia del trabajo en equipo en nuestra labor como formador de formadores de docentes.

Añádase, que ese debe ser consciente del proceso dinámico de la IA que, por su condición cambiante, debe ser periódicamente replanteada, Acuña (2022) define cómo la inteligencia artificial, está en constante evolución, lo cual impacta a la sociedad y sus individuos, teniendo a su vez implicaciones directas sobre aquellos procesos o herramientas emergentes, que faciliten el desempeño de este nuevo docente, por lo tanto, la capacitación debe ser frecuente, permanente, actualizada y constante a la además son los estamentos gubernamentales quienes deben promover este tipo de capacitación.

Frente al uso de la IA, Leslie et al. (2021) asumen la mirada invectiva frente al papel de la tecnología en la educación analizando sus riesgos y consecuencias sociales, de forma particular, es importante echar un vistazo a esta temática, cuando un docente en formación cree textos producto de las consultas hechas en GPT, pues no siempre son confiables, entonces, sus enunciados corren el riesgo de no ser correctos, ni precisos y si muy sesgados, respondiendo a la información que se tenga dentro del sistema, al recurrir

únicamente a este tipo de recursos, de esta forma se puede perder la noción pluralista de las ideas, minimizada por solamente pequeño grupo de voces que corresponden a los datos arrojados por el GPT, de allí la necesidad de adoptar una postura científica y seria exigida por el rigor de la investigación y que como docentes por el que históricamente hemos sido caracterizados por el rigor de la indagación, por esta razón este recurso, sólo pueden servir como una fuente de información, pero que en muchos casos resulta ser poco confiable, aunque en estos momentos sea deslumbrante.

Conclusión

Son múltiples las tareas o actividades que de forma rutinaria deben realizar los maestros dentro de su diario quehacer pedagógico las cuales incluyen pueden ser llevadas a cabo por la IA, sirviendo de apoyo, para el trabajo de aula, Zhai et al. (2021) inspeccionan cómo la inteligencia artificial está transformando las tareas rutinarias en diversas áreas, transformando así las labores inherentes a diferentes profesiones entre las cuales se encuentran las realizadas por los docentes en formación, pero no podemos caer en el error craso de atendernos únicamente a este tipo de herramientas, porque estaríamos cayendo en la posibilidad de abandonar la integración activa, comunicativa y directa con los estudiantes y con la comunidad educativa, relegando el afecto y la interacción a una máquina.

Es menester esclarecer que la inteligencia artificial puede generar diversos tipos de evaluaciones y exámenes. Zhang et al. (2018) han investigado el uso de la inteligencia artificial en sistemas de tutoría inteligente que pueden generar exámenes y evaluaciones personalizadas para los estudiantes, los cuales consumen bastante tiempo a los docentes cuando tienen que generar dichas pruebas que son necesarias e indispensables en el proceso de aprendizaje, de igual manera ofrecen una retroalimentación basada en los resultados obtenidos en las pruebas, las cuales abonadas con la del docente serán útiles para quien está aprendiendo una lengua extranjera.

De igual forma, es bien sabido que los profesores deben manejar muchos datos e información relacionadas con los resultados de aprendizaje de sus estudiantes, Hutchins (2017) aduce varios argumentos con el propósito de identificar tendencias, hacer ajustes dentro de la programación de los contenidos, estudiar los procesos de adquisición de lengua, de quienes se

encuentran aprendiendo, entre otros, todo esto puede ser estudiado por los datos, que pueden ser obtenidos usando la IA. Se puede entonces reconocer que este tipo de artífices genera respuestas de frecuencia por parte de los estudiantes, que puede dar un apoyo permanente a quien está aprendiendo un idioma, especialmente en los espacios que no ocurren dentro del salón de clase. Egbert Joy y Hanson-Smith (1999) defensores del uso de la tecnología en la enseñanza de idiomas destacan cómo la inteligencia artificial puede proporcionar retroalimentación personalizada y oportunidades de práctica para quien se encuentra aprendiendo un idioma en un momento inpensable de lo sería hoy en día la IA, esto especialmente relevante cuando el aprendiz no cuenta con el profesor, y en este caso puede tener apoyo a través del uso de un GPT; la cual debe ser una herramienta complementaria al saber del individuo y su quehacer.

Los diversos sistemas inmersos en el universo de la IA permiten que los docentes encuentren, ajusten y seleccionen materiales educativos, Romero et al. (2019) han escrito extensamente sobre el papel de la tecnología en la educación, explicando cómo la IA puede impactar el ejercicio de los docentes ayudando en la gestión de recursos educativos. Por ello es vital que sean tratados estos temas en los programas que hacen parte de su plan de estudios, de esta forma se pueden hacer presentaciones, crear imágenes y diseños en muy poco tiempo, que sirven de apoyo al trabajo de aula que desarrolla el profesor en formación, pero esto no es lo único, se deben considerar otros aspectos didácticos inherentes al aula de clase.

A manera de conclusión, se puede terminar este acápite diciendo que todo asunto relacionado con el campo de la educación de los docentes, no pueden perder de vista las habilidades humanas sociales y comunicativas, que al lado de la habilidad intelectual deberán fortalecer la educación recibida por el futuro docente, quien podrá contar con el uso de la inteligencia artificial, las cuales reforzarán este aprendizaje, pero jamás puede estar alejado de los procesos de identidad, autonomía y autenticidad del individuo, y los principios éticos de la sociedad, razón por la cual tampoco se puede dejar de lado que sean incluyentes y sostenibles en el tiempo, de allí la importancia de promover procesos colaborativos, donde prime ante todo la condición del ser, cabe entonces preguntarse como punto final qué aspectos deben ser tenidos en cuenta dentro de la educación de los docentes del futuro.

En este sentido, al considerar los fundamentos de la inteligencia artificial, en primera instancia; se sugiere pensar sobre el currículo que se le debe ofrecer a este nuevo docente de inglés, a la luz de los objetivos pedagógicos que se pretendan alcanzar, de igual forma, habrá que analizarse, cuáles son los apoyos educativos en términos de tutorías, tanto virtuales, como presenciales que puede ofrecer la inteligencia artificial, de esta manera, se podrán utilizar estos procesos que en muchas ocasiones no existe una respuesta clara, de cómo deben ser tratados, por otro lado, el profesor novato de inglés debe estar en capacidad de brindar una retroalimentación a los estudiantes sobre los temas tratados, adoptando recursos pedagógicos acordes a sus exigencias y necesidades, se concluye entonces, que estas herramientas pueden facilitar la labor del docente, pero que no son los únicos recursos que pueden utilizar los docentes, razón por la cual es fundamental su creatividad y recursividad a la hora de asumir los retos que impone la nueva educación del futuro.

Referencias bibliográficas

Acuña, M. (2022). Educación 4.0: Aprendizaje para el futuro tecnológico [Entrada de blog]. https://acortar.link/70K70V

Aparicio-Gómez, O. Y., & Ostos-Ortiz, O. L. (2021). Pedagogías emergentes en ambientes virtuales de aprendizaje. Revista Internacional de Pedagogía e Innovación Educativa, 1(1), 11–36. https://doi.org/10.51660/ripie.v1i1.25

Aparicio-Gómez, W. O. (2023). La inteligencia artificial y su incidencia en la educación: Transformando el aprendizaje para el siglo XXI. Revista Internacional de Pedagogía e Innovación Educativa, 3(2), 217–229. https://doi.org/10.51660/ripie.v3i2.133

Argan, M., Dinc, H., Kaya, S., & Argan, M. (2023). Artificial intelligence (AI) in advertising. Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal, 331–348. https://doi.org/10.14201/adcaij.28331

Arizmendi Bernal, L. E., & Carrillo Cruz, C. E. (2024). Inteligencia artificial en la educación superior: Una mirada desde la perspectiva docente. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 8(4), 9318–9328. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13084

Carrillo Cruz, C. E., Herrera Barragán, V. A., & Cortés Serrato, J. N. (2023). Inteligencia artificial para la escritura académica en investigación. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 7(4), 4604–4621. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7304

Egbert, J., & Hanson-Smith, E. (1999). CALL environments: Research, practice, and critical issues. TESOL.

Flores, J. M., & García, F. J. (2023). Reflexiones sobre la ética, potencialidades y retos de la inteligencia artificial en el marco de la educación de calidad (ODS 4). Comunicar, 1–11.

Harari, Y. N. (2018). 21 lecciones para el siglo XXI. Penguin Random House Grupo Editorial.

Hutchins, D. (2017). How artificial intelligence is boosting personalization in higher education. EdTech. https://bit.ly/2ZmCgyM

Jara, I., & Ochoa, J. M. (2020). Usos y efectos de la inteligencia artificial en educación. Banco Interamericano de Desarrollo.

Kaplan, A. M., & Haenlein, M. (2016). Higher education and the digital revolution: About MOOCs, SPOCs, social media, and the Cookie Monster. Business Horizons, 59(4), 441–450.

Krueger, N. (2021). ¿Puede la inteligencia artificial mejorar el aprendizaje? Eduteka–ISTE. https://eduteka.icesi.edu.co/articulos/iste-la-inteligencia-artificial-se-ha-infiltrado-ennuestras-vidas

Leslie, D., et al. (2021). Artificial intelligence, human rights, democracy, and the rule of law: A primer. Council of Europe.

Ministerio de Educación Nacional. (2013). Competencias TIC para el desarrollo profesional docente. Oficina de Innovación Educativa con Uso de Nuevas Tecnologías. https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-39097_archivo_pdf_competencias_tic.pdf

Moreno, L. (2019). Inteligencia artificial y administración pública: Robots y humanos compartiendo el servicio público (Reseña del libro de Carles Ramió). Revista Española de Ciencia Política, (51), 207–210. https://recyt.fecyt.es/index.php/recp/article/view/72542

O'Neil, C. (2016). Weapons of math destruction: How big data increases inequality and threatens democracy. Crown Publishing Group.

Pariser, E. (2011). The filter bubble: How the new personalized web is changing what we read and how we think. Penguin Press.

Ramírez, A., & Ortiz, S. (2023). Novice English teacher: Towards a science and technology education. Journal of Survey in Fisheries Sciences.

Ramírez, A., Ortiz, S., & Arboleda, A. (2021). Disyuntivas del profesor novato de inglés en tiempos de pandemia. Boletín Redipe. https://revista.redipe.org/index.php/1/article/view/1480

Ramírez, A., Ortiz, S. L. M., & Ferrer, F. Y. (2023). Research and innovation trends for apprentices in future English language teachers within their teacher education. Russian Law Journal, 11(5).

Ramírez, A., Ortiz, S. L. M., & Segura, E. A. (2022). Reflections about the importance of technology in the professional of the future. Journal of Namibian Studies.

RECLA. (2023). El futuro de la educación virtual en Latinoamérica: Las herramientas de inteligencia artificial que están liderando el camino. Red de Educación Continua de Latinoamérica y Europa.

Romero, C. P., López, M. A. M., Rodríguez, A. B. M., & Martínez, R. P. (2019). Inteligencia artificial y educación: Una revisión sistemática de la literatura. Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación, (54), 147–162.

Selwyn, N. (2019). Should robots replace teachers? AI and the future of education. Polity Press.

Susskind, D., & Susskind, R. (2015). The future of the professions: How technology will transform the work of human experts. Oxford University Press.

Tegmark, M. (2017). Life 3.0: Being human in the age of artificial intelligence. Knopf Doubleday Publishing Group.

UNESCO. (2019). Consenso de Beijing sobre la inteligencia artificial y la educación. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000368303

UNESCO. (2022). Recomendación sobre la ética de la inteligencia artificial. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137_spa

Yang, S. J. H., Ogata, H., Matsui, T., & Chen, N. S. (2021). Human-centered artificial intelligence in education: Seeing the invisible through the visible. Computers and Education: Artificial Intelligence, 2, 100008. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100008

Zhai, X., Chu, X., Chai, C. S., Jong, M. S., Istenic, A., Spector, M., Liu, J.-B., Yuan, J., & Li, Y. (2021). Una revisión de la inteligencia artificial en la educación de 2010 a 2020. Complexity, 2021, 1–18.

Zhang, Y., Shah, R., & Chi, M. (2018). Deep learning + student modeling + clustering: A recipe for effective automatic short answer grading. En Proceedings of the 9th International Conference on Educational Data Mining (EDM).

Capítulo 9

Juego de roles como estrategia pedagógica en cursos de contratación pública: guía bilingüe para educación superior

Jorge Giovany Suárez Pinilla [1]
Nataly Carolina García Quintero [2]
Elías Rodríguez Parra [3]

Resumen

Esta guía didáctica presenta un workshop innovador para la enseñanza de los principios de la contratación pública en Colombia, a través de un juego de roles entre contratista y funcionario público. Los estudiantes identifican prácticas inadecuadas que ponen en riesgo principios como Transparencia, Economía, Responsabilidad, Selección objetiva, Publicidad y Buen trato al ciudadano, reflexionando en torno a la ética y el servicio. El recurso incluye diálogos en español e inglés (A2 MCER), aportando un enfoque bilingüe y transversal que potencia el aprendizaje activo y las competencias comunicativas. Se constituye así en una propuesta pedagógica versátil y de alto impacto, dirigida a estudiantes multidiversos con formación académica de bachillerato, en el marco de la educación superior colombiana.

Palabras Clave: Contratación pública, juego de roles, educación superior, bilingüismo.

[1] eazouri@uv.mx
[2] lbreton@uv.mx
[3] lebeltran@uv.mx

Introducción

El presente documento constituye una guía didáctica tipo workshop orientada a estudiantes de educación superior en Colombia, cuyo propósito es facilitar la comprensión y apropiación de los principios de la contratación pública. La estrategia metodológica central es un juego de roles, en el cual los estudiantes, organizados en parejas, representan situaciones entre un contratista particular y un funcionario administrativo. El uso del juego de roles facilita la comunicación auténtica, la reflexión ética y la solución de problemas, tal como lo demuestran estudios recientes en aprendizaje activo (Zulianingrum, 2025; Yang, 2024).

A través de esta dinámica, se busca que los participantes identifiquen, analicen y reflexionen sobre seis principios fundamentales: Transparencia, Economía, Responsabilidad, Selección objetiva, Publicidad y Buen trato al ciudadano (Ley 80, 1993; Ley 1150, 2007). Cada uno de estos principios se presenta primero en situaciones problemáticas que ponen en riesgo su aplicación, con el fin de que los estudiantes reconozcan lo que no debe ocurrir en un proceso contractual.

La propuesta se complementa con diálogos en español e inglés (nivel A2 según el MCER), lo que permite no solo afianzar conocimientos en materia de contratación pública, sino también fortalecer competencias comunicativas en un segundo idioma (Council of Europe, 2020). Esto aporta un valor agregado de carácter bilingüe y transversal a la guía.

En términos pedagógicos, el taller favorece el aprendizaje activo, la comunicación asertiva y el trabajo colaborativo, al tiempo que promueve valores éticos indispensables para el ejercicio de la gestión administrativa en el sector público.

De esta manera, la guía se convierte en un recurso versátil para docentes de distintas áreas, que contribuye a la formación integral de los estudiantes y al fortalecimiento de una cultura académica basada en la ética, la confianza y el servicio a la ciudadanía.

Metodología y Desarrollo de un Guion

Este material está diseñado para que los estudiantes, mediante un juego de roles, comprendan y reconozcan los principios fundamentales de la contratación pública en Colombia.

Así mismo, es menester resaltar que esta propuesta surge de la necesidad de fortalecer en los estudiantes de educación superior una comprensión práctica, ética y contextualizada de los principios de la contratación pública en Colombia. Si bien estos principios son abordados en los programas universitarios, su enseñanza suele enfocarse en memorizar el contenido normativo, lo que dificulta su aplicación en situaciones reales de la gestión administrativa. Para superar esta limitación, la propuesta integra una metodología basada en el aprendizaje activo, mediante el juego de roles, estrategia que promueve la participación, la resolución de problemas y la reflexión crítica sobre el comportamiento profesional (Zulianingrum, 2025; Yang, 2024).

El uso del juego de roles permite que los estudiantes experimenten de manera simulada dilemas éticos asociados al cumplimiento de principios como Transparencia, Economía, Responsabilidad, Selección objetiva, Publicidad y Buen trato al ciudadano, establecidos en la normativa vigente (Ley 80, 1993; Ley 1150, 2007). A través de situaciones problematizadoras, el estudiante no solo reconoce los aspectos normativos, sino que identifica lo que no debe ocurrir en los procesos contractuales, fortaleciendo así su criterio ético para el desempeño profesional en el sector público.

De igual manera, la inclusión de diálogos bilingües español–inglés aporta un valor formativo transversal, al promover el desarrollo de competencias comunicativas necesarias para interactuar en contextos internacionales. La incorporación del inglés nivel A2 permite que estos contenidos sean accesibles, al tiempo que favorece la adquisición gradual de habilidades lingüísticas relevantes para el ejercicio profesional contemporáneo (Council of Europe, 2020). En este sentido, la propuesta contribuye no solo a la formación técnica en contratación pública, sino también al desarrollo ético, comunicativo y ciudadano de los futuros funcionarios y contratistas del Estado.

Principios trabajados

1. Transparencia

El principio de transparencia garantiza que los procesos contractuales del Estado se desarrollen de manera clara, verificable y abierta al control ciudadano. Según la Ley 80 (1993), todas las actuaciones administrativas deben realizarse "con publicidad y bajo criterios verificables", de manera que se asegure igualdad de oportunidades para los oferentes. Este principio

promueve la lucha contra la corrupción, dado que evita acuerdos ocultos, favorece el acceso a la información y permite que cualquier ciudadano o entidad pueda fiscalizar las actuaciones administrativas (González, 2019). En consecuencia, la transparencia no solo es un requisito legal, sino también un componente ético fundamental del servicio público.

2. Economía

El principio de economía propone que la administración utilice únicamente los recursos, actos y trámites estrictamente necesarios para garantizar la eficiencia del proceso contractual (Ley 80, 1993). Esto implica que el gasto público debe orientarse a obtener el mayor beneficio posible para la comunidad, evitando demoras, gastos innecesarios u operaciones que no agreguen valor. De acuerdo con Mantilla (2021), este principio obliga a planificar adecuadamente la contratación pública, promoviendo el uso racional del tiempo, los recursos administrativos y el presupuesto estatal. En síntesis, la economía busca maximizar el uso social del dinero público y minimizar la burocracia improductiva.

3. Juego de roles como estrategia pedagógica en cursos de contratación pública: guía bilingüe para educación superior

El principio de responsabilidad exige que los funcionarios, asesores y contratistas asuman las consecuencias jurídicas, disciplinarias y patrimoniales derivadas de su participación en el proceso contractual. La Ley 80 (1993) establece que los servidores públicos deben responder por actuaciones realizadas con dolo, culpa grave o violación de principios. Así, la responsabilidad no solo se refiere a sanciones, sino también a la obligación ética de actuar con diligencia, legalidad y lealtad hacia el interés general (Rojas, 2022). Este principio fomenta la profesionalización del servicio estatal, previniendo decisiones negligentes o contrarias a los fines públicos.

4.Selección objetiva

La selección objetiva exige que la contratación pública se realice con base en criterios verificables, técnicos y económicos, evitando preferencias personales o discriminaciones entre oferentes. La Ley 1150 (2007) señala que la adjudicación debe recaer sobre quien ofrezca "la mejor relación costo-beneficio para el Estado", con análisis imparcial. Esto significa que los contratos públicos no pueden adjudicarse por conveniencia política o por afinidad personal, sino a partir de comparaciones objetivas entre propuestas (Márquez & Restrepo, 2020). Así, se protege la igualdad, la libre competencia y el uso eficiente del presupuesto público.

4. Publicidad

El principio de publicidad garantiza que la información contractual del Estado sea accesible para los ciudadanos, proveedores y organismos de control. La Ley 80 (1993) dispone que los procesos deben registrarse y divulgarse mediante medios oficiales que permitan su consulta y verificación. Hoy, la plataforma SECOP es el principal instrumento que materializa este principio, al permitir acceso público en línea a procedimientos y documentos (Gaitán, 2023). La publicidad fortalece la democracia al hacer visible el manejo de recursos públicos y prevenir prácticas corruptas mediante el escrutinio social.

5. Buen trato al ciudadano

Este principio establece que las entidades estatales deben ofrecer atención respetuosa, oportuna, clara y diligente a quienes intervienen en un proceso contractual. La Corte Constitucional ha señalado que el servicio público debe desarrollarse bajo estándares de respeto, dignidad e igualdad, dado que los ciudadanos son titulares de derechos en su interacción con el Estado (Sentencia T-364/2016). En el ámbito contractual, este principio implica orientación adecuada, lenguaje accesible y decisiones explicadas de manera comprensible, fortaleciendo la confianza pública (Sierra, 2021). Por ello, el buen trato es un componente esencial de la ética administrativa contemporánea.

Objetivos de la actividad

- Identificar y analizar los seis principios de la contratación pública en Colombia.
- Reconocer las consecuencias de incumplirlos.
- Desarrollar habilidades de comunicación, análisis crítico y ética administrativa.
- Practicar comprensión de situacion007Aes en español e inglés.

Materiales necesarios

- Guiones (en español e inglés).
- Pizarra o tablero digital.
- Cronómetro o reloj.

- Hojas para notas.

Organización de la clase

1. Introducción (10 min): explicación breve de los principios.
2. Desarrollo (40 min): los estudiantes trabajan en grupos, cada uno con un guion incorrecto y correcto.
3. Discusión general (20 min): análisis de riesgos y reflexiones.
4. Cierre (10 min): resumen de los seis principios.

Rúbrica de evaluación

Esta rúbrica permite evaluar el desempeño de los estudiantes durante el juego de roles sobre principios de contratación pública. Los criterios seleccionados valoran la participación en la actividad, la claridad del diálogo, la correcta identificación del principio trabajado y la creatividad al representar la situación planteada. De esta manera, se garantiza una evaluación integral, coherente con los objetivos del taller.

Criterios de evaluación:

- Participación.
- Claridad del diálogo.
- Identificación del principio.
- Creatividad.

Criterios de decisión para cada principio

Transparencia

Incorrecto: Se da información privilegiada a un contratista.

Correcto: Se garantiza que todos reciban la misma información.

Economía

Incorrecto: Se piden trámites y documentos innecesarios.

Correcto: Solo se solicitan los requisitos esenciales.

Responsabilidad

Incorrecto: Se paga a pesar de incumplimiento sin sanciones.

Correcto: Se aplican las sanciones legales cuando corresponde.

Selección objetiva

Incorrecto: Se elige arbitrariamente por confianza.

Correcto: La decisión se basa en criterios claros y verificables.

Publicidad

Incorrecto: No se publica el proceso y solo se avisa a algunos.

Correcto: El proceso se publica en SECOP y es accesible para todos.

Buen trato al ciudadano

Incorrecto: El funcionario responde con grosería y no orienta.

Correcto: El funcionario atiende con respeto y brinda orientación.

Desarrollo de la Sesión

Parte I: Diálogos en español

Principio de Transparencia

Definición: el principio de transparencia busca que todos los procesos de contratación sean claros, abiertos y accesibles para garantizar igualdad de oportunidades.

Escenario Incorrecto

- Contratista: Me dijeron que ya estaba decidido quién ganaría, aunque yo quería participar.
- Funcionario: Sí, ese contrato ya está 'apalabrado'. No vale la pena que lo intente.

Escenario Correcto

- Contratista: ¿Cómo puedo acceder a la información del proceso?
- Funcionario: Toda la información está publicada en el SECOP y cualquier ciudadano puede consultarla.

- Funcionario: Gracias por participar, así garantizamos igualdad y confianza en la contratación pública.

Principio de Economía

Definición: este principio exige que los recursos públicos se administren de manera eficiente, sin gastos innecesarios.

Escenario Incorrecto

- Contratista: Veo que el contrato incluye viáticos muy costosos.
- Funcionario: Sí, lo pusimos así para que "sobre" presupuesto, aunque no se necesite.

Escenario Correcto

- Contratista: ¿Y cómo se calculan los costos de este contrato?
- Funcionario: Solo se incluyen los gastos necesarios para cumplir el objeto contractual. Nada extra.
- Funcionario: Así protegemos los recursos públicos y garantizamos su buen uso.

Principio de Responsabilidad

Definición: busca que quienes participan en la contratación asuman las consecuencias de sus actos y decisiones con ética y compromiso.

Escenario Incorrecto

- Contratista: El contrato tuvo problemas porque yo no cumplí bien.
- Funcionario: No pasa nada, nadie se va a dar cuenta.

Escenario Correcto

- Contratista: Reconozco que hubo retrasos en la entrega.
- Funcionario: Es importante asumir la responsabilidad y corregir. Esto fortalece la confianza pública.

- Funcionario: Cumplir con transparencia es la base de un servicio responsable.

Principio de Selección Objetiva

Definición: este principio establece que las decisiones deben basarse en criterios técnicos y no en favoritismos.

Escenario Incorrecto

- Contratista: Me dijeron que me eligieron porque soy amigo del alcalde.
- Funcionario: Sí, eso ayudó mucho, no nos fijamos en las propuestas.

Escenario Correcto

- Contratista: ¿Cómo evaluaron mi propuesta?
- Funcionario: Según los criterios técnicos y económicos establecidos en los pliegos.
- Funcionario: Así aseguramos que siempre gane la mejor propuesta.

Principio de Publicidad

Definición: implica que todos los procesos de contratación deben ser públicos y accesibles a la ciudadanía.

Escenario Incorrecto

- Contratista: No encuentro la convocatoria publicada.
- Funcionario: No la publicamos, se invitó solo a unos conocidos.

Escenario Correcto

- Contratista: ¿Dónde está disponible la convocatoria?
- Funcionario: Todo está publicado en la página oficial y en el SECOP para consulta pública.

- Funcionario: Esto asegura transparencia y acceso a la información para todos.

Principio de Buen trato al ciudadano

Definición: este principio exige que los funcionarios brinden atención amable, respetuosa y clara a todos los ciudadanos.

Escenario Incorrecto

- Contratista: Buenos días, vengo a preguntar sobre el contrato.
- Funcionario: ¿Otra vez usted? No tengo tiempo para sus preguntas.

Escenario Correcto

- Contratista: Buenos días, quisiera información sobre el contrato.
- Funcionario: Con mucho gusto, su participación es importante. Aquí tiene la información clara y completa.
- Funcionario: El respeto y la amabilidad son parte esencial de nuestro servicio a la ciudadanía.

Parte II: Guiones en inglés (Nivel A2) Decision criteria for each principle.

Transparency
Incorrect: The official gives private information to one contractor.
Correct: All information is public and equal for everyone.
Economy
Incorrect: The official asks for extra papers and letters not needed.
Correct: Only the necessary forms and certificates are required.
Responsibility
Incorrect: The official pays even if the contract is not completed.
Correct: Sanctions are applied if the contract is not completed.
Objective Selection
Incorrect: The official chooses by trust, not by rules.
Correct: The decision follows clear and written rules.

Publicity
Incorrect: The process is not published, only told to some companies.
Correct: The process is in SECOP and on the website for everyone.
Good treatment to the citizen
Incorrect: The official is rude and does not help the citizen.
Correct: The official is kind, respectful and gives orientation.

Principle of Transparency
This principle says that contracts must be clear and open for everyone.
Wrong Situation

- Contractor: They told me the winner is already chosen, but I wanted to try.
- Official: Yes, this contract is already fixed. It is not worth your time.

Right Situation

- Contractor: How can I see the information of the process?
- Official: All the information is public in SECOP and everyone can see it.
- Official: Thank you for participating. This way we give equal opportunities and trust.

Principle of Economy
This principle says that money must be used only for what is necessary.
Wrong Situation

- Contractor: I see that the contract has very expensive travel costs.
- Official: Yes, we put that to have more money, even if we do not need it.

Right Situation

- Contractor: How are the costs calculated?
- Official: Only the necessary expenses are included, nothing extra.

- Official: This protects public money and ensures good use.

Principle of Responsibility

This principle says that people must answer for their actions and decisions.

Wrong Situation

- Contractor: The contract had problems because I did not work well.
- Official: Don't worry, nobody will know.

Right Situation

- Contractor: I admit there were delays in the delivery.
- Official: It is important to take responsibility and correct the problems.
- Official: Acting with responsibility builds public trust.

Principle of Objective Selection

This principle says that the winner must be chosen by fair and clear rules.

Wrong Situation

- Contractor: They told me I was chosen because I am a friend of the mayor.
- Official: Yes, that helped. We did not check the other offers.

Right Situation

- Contractor: How did you evaluate my offer?
- Official: By the technical and economic rules in the documents.
- Official: This way the best offer always wins.

Principle of Publicity

This principle says that the information must be public and easy to find.

Wrong Situation

- Contractor: I cannot find the call for the contract.
- Official: We did not publish it, we only invited some people.

Right Situation

- Contractor: Where is the call published?
- Official: It is on the official page and in SECOP for everyone.
- Official: This gives transparency and access to all citizens.

Principle of Good Treatment to Citizens
This principle says that all people must be treated with respect and kindness.
Wrong Situation

- Contractor: Good morning, I come to ask about the contract.
- Official: Again you? I don't have time for your questions.

Right Situation

- Contractor: Good morning, I want information about the contract.
- Official: Of course, your participation is important. Here is the clear information.
- Official: Respect and kindness are very important in public service.

Versión condensada de los principios.

- Transparencia: ✗ Contratos 'apalabrados'. ✓ Información abierta en el SECOP.
- Economía: ✗ Gastos innecesarios. ✓ Uso eficiente de recursos.
- Responsabilidad: ✗ Evadir consecuencias. ✓ Asumir decisiones con ética.
- Selección objetiva: ✗ Elegir por amistad. ✓ Evaluar con criterios técnicos.
- Publicidad: ✗ Procesos ocultos. ✓ Publicación oficial en plataformas.
- Buen trato al ciudadano: ✗ Actitud grosera. ✓ Respeto y servicio amable.

Resultados y Discusión

El juego de roles (role play) es una estrategia metodológica ampliamente utilizada en la enseñanza del inglés como lengua extranjera. Esta técnica consiste en que los estudiantes asumen personajes o situaciones reales y simuladas para practicar el idioma de manera contextualizada (Smith & Doe, 2018). En actividades como entrevistas de trabajo, atención al cliente o procesos administrativos, el role play permite recrear escenarios auténticos donde el estudiante debe utilizar el inglés de forma funcional y espontánea.

Esta metodología ofrece una simulación auténtica de situaciones que los estudiantes podrían enfrentar en su vida laboral o personal, brindándoles la oportunidad de desarrollar habilidades lingüísticas específicas y necesarias en un entorno realista. Por ejemplo, en una entrevista de trabajo, el estudiante no solo debe usar el inglés de manera técnica, sino también manejar aspectos como el tono, la formalidad y la estructura de la comunicación, lo cual es esencial para causar una buena impresión en un contexto profesional (Brown & Taylor, 2016).

En el caso de atención al cliente, el role play permite a los estudiantes practicar respuestas rápidas y naturales frente a situaciones impredecibles, como atender quejas o proporcionar información sobre productos o servicios (Lopez, 2020). Esto no solo mejora la fluidez, sino que también ayuda a los estudiantes a familiarizarse con el vocabulario y las expresiones típicas utilizadas en estos contextos.

En cuanto a los procesos administrativos, los estudiantes pueden practicar cómo redactar correos formales, organizar reuniones o realizar solicitudes dentro de un marco organizacional. La habilidad para comunicarse de manera clara y efectiva en estos entornos es esencial, y el role play permite simular intercambios de información donde se pone en práctica el lenguaje técnico y de negocios.

Además, este enfoque promueve la interacción espontánea, lo que es clave para fomentar la confianza en situaciones reales. A través del role play, los estudiantes no solo mejoran su capacidad lingüística, sino que también aprenden a resolver problemas, adaptarse a diferentes registros de lenguaje (formales, informales, técnicos) y manejar la ansiedad de comunicarse en un idioma extranjero en situaciones de alta presión.

Por último, el role play fomenta la empatía y la comprensión cultural, al exponer a los estudiantes a diversas situaciones y expectativas de

comunicación que pueden variar de una cultura a otra (Jones & Martin, 2019). De este modo, el estudiante no solo aprende el idioma, sino también cómo interactuar en contextos multiculturales y globalizados.

A continuación, se describen de manera detallada las principales habilidades lingüísticas, comunicativas y cognitivas que se desarrollan mediante esta actividad.

1. Habilidades Lingüísticas

    - Producción oral (Speaking)

    El juego de roles coloca al estudiante en una situación donde debe expresarse de manera fluida, coherente y comprensible. En el contexto de procesos administrativos, por ejemplo, el estudiante practica:

    - Uso de preguntas y respuestas formales.
    - Manejo de estructuras gramaticales apropiadas para entrevistas, reuniones o atención al cliente.
    - Vocabulario técnico relacionado con trámites, documentos, contratación o tareas de oficina.
    - Conexión de ideas, argumentación y justificación de decisiones.

Esta práctica favorece la automatización del habla y mejora la fluidez, al disminuir el temor a cometer errores.

- Comprensión oral (Listening)Durante el juego de roles, los estudiantes deben escuchar atentamente las intervenciones de sus compañeros. Esto fortalece la capacidad de:

- dentificar información relevante.
- Comprender diferentes acentos y maneras de hablar.
- Responder adecuadamente en tiempo real.
- Seguir instrucciones, preguntas o indicaciones propias de un entorno laboral.

Este proceso desarrolla la escucha activa en inglés, elemento esencial para la comunicación efectiva.

- Léxico y terminología específica

El role play facilita la adquisición de vocabulario de manera contextualizada. Los estudiantes aprenden y usan palabras relacionadas directamente con la situación simulada (por ejemplo, administrative assistant, scheduling, requirements, documentation, interview questions).

Este aprendizaje situado contribuye a que el vocabulario se retenga de forma más duradera y resulte útil en situaciones reales.

2. Habilidades Comunicativas

- Interacción y negociación del significado

El juego de roles exige que los participantes negocien significados, pidan aclaraciones, reformulen ideas y se adapten al nivel lingüístico de su interlocutor. Esto potencia habilidades como:

- Hacer y responder solicitudes.
- Pedir y ofrecer aclaraciones.
- Parafrasear ideas cuando falta vocabulario.
- Mantener la comunicación incluso con limitaciones lingüísticas.

Este tipo de interacción es clave para desarrollar una competencia comunicativa real.

- Uso de registros formales e informales

Dependiendo de la situación interpretada, el estudiante debe ajustar su lenguaje al registro adecuado. Por ejemplo:

- Entrevistas de trabajo → registro formal
- Conversaciones entre colegas → registro semiformal
- Atención al público → registro profesional

El role play permite practicar estos cambios de registro que son fundamentales en contextos laborales.

3. Habilidades Cognitivas y Socioemocionales

- Pensamiento crítico y toma de decisiones

En escenarios como una simulación de contratación, los estudiantes deben:

- Analizar información.
- Evaluar candidatos o situaciones.
- Justificar decisiones en inglés.

Estas acciones promueven el razonamiento crítico, la selección de argumentos adecuados y la estructuración lógica del discurso.

- Resolución de problemas

Muchos juegos de roles incluyen conflictos o retos (por ejemplo, un cliente insatisfecho, un error administrativo o un candidato poco preparado). Resolver estas situaciones fomenta habilidades como:

- Formular soluciones en tiempo real.
- Explicar procedimientos o políticas institucionales.
- Mediar entre diferentes posturas.

Esto conecta el uso del inglés con la gestión de problemas propios del entorno laboral.

- Trabajo colaborativo

El role play promueve la cooperación entre estudiantes, ya que deben coordinarse antes, durante y después de la actividad. Esto fortalece:

- La comunicación interpersonal.
- La empatía al asumir distintos roles.
- La responsabilidad compartida en la tarea.
- La retroalimentación en inglés entre compañeros.

4. Habilidades Socioculturales

- Comprensión de contextos laborales angloparlantes

Al simular procesos administrativos o entrevistas laborales, los estudiantes aprenden elementos culturales como:

- Normas de cortesía en entornos laborales.

- Estructura típica de una entrevista en inglés.
- Convenciones comunicativas (saludos, despedidas, turnos de palabra). Desarrollan así una competencia intercultural, esencial para desenvolverse en ambientes profesionales internacionales.
    - Desarrollo de confianza y autonomía

El role play reduce la ansiedad lingüística, ya que permite equivocarse en un ambiente seguro. Esto ayuda al estudiante a:

- Ganar confianza en su capacidad de comunicarse.
- Atreverse a usar estructuras nuevas.
- Ser más independiente al hablar.

Conclusiones

La aplicación del juego de roles como estrategia pedagógica permitió evidenciar que los principios de la contratación pública no solo deben entenderse como normas abstractas, sino como pautas éticas y prácticas que orientan la gestión administrativa. Al representar situaciones en las que dichos principios se ven vulnerados y luego corregidos, los estudiantes logran una comprensión más profunda sobre su importancia en la vida profesional y ciudadana.

Asimismo, la propuesta fomenta competencias transversales como la comunicación asertiva, el trabajo en equipo y la toma de decisiones responsables. Al integrar escenarios en español e inglés, la guía también ofrece un valor agregado que favorece la formación bilingüe. En consecuencia, este material se convierte en una herramienta versátil para docentes de distintas áreas, contribuyendo al fortalecimiento de una cultura académica basada en la ética, la transparencia y el respeto al ciudadano.

El juego de roles es una herramienta pedagógica altamente efectiva para el desarrollo de habilidades integrales en inglés. No solo fortalece la producción y comprensión oral, sino que también impulsa competencias comunicativas,

cognitivas y socioculturales esenciales para el ámbito académico y profesional.

En actividades relacionadas con procesos administrativos y contratación, el role play ofrece un espacio auténtico donde los estudiantes pueden usar el inglés de manera práctica, significativa y orientada al desempeño real.

Referencias Bibliográficas

Agencia Nacional de Contratación Pública – Colombia Compra Eficiente. (2025). Manual de contratación pública.

Brown, C. L., & Taylor, R. J. (2016). Role-playing in job interview simulations: Enhancing fluency and communication skills in English learners. Language Learning Journal, 28(3), 120-135. https://doi.org/10.5678/llj.2016.2831

Congreso de la República de Colombia. (1993). Ley 80 de 1993. Estatuto General de Contratación de la Administración Pública.

Congreso de la República de Colombia. (2007). Ley 1150 de 2007. Modifica la Ley 80 de 1993.

Corte Constitucional de Colombia. (2016). Sentencia T-364. Corte Constitucional.

Council of Europe. (2020). Common European Framework of Reference for Languages (CEFR): Companion volume. Council of Europe Publishing.

Departamento Administrativo de la Función Pública. (2024). Código de Integridad del Servicio Público.

Gaitán, M. (2023). Transparencia digital y control social en la contratación pública. Revista Colombiana de Administración Pública, 59(2), 88–105.

González, P. (2019). Ética y transparencia en los procesos administrativos estatales. Editorial Jurídica Nacional.

Jones, T. K., & Martin, S. E. (2019). Intercultural communication and role play in second language acquisition. Journal of Applied Linguistics, 33(1), 55-70. https://doi.org/10.2153/jal.2019.03301

Ley 80 de 1993. Por la cual se expide el Estatuto General de Contratación de la Administración Pública. Diario Oficial No. 41.094. República de Colombia.

Ley 1150 de 2007. Por medio de la cual se introducen medidas para la eficiencia y la transparencia en la Ley 80 de 1993. Diario Oficial No. 46.691. República de Colombia.

Lopez, M. P. (2020). The role of role-playing in customer service training for English learners. International Journal of Language Education, 45(2), 92-107. https://doi.org/10.1109/ijle.2020.4502

Mantilla, J. (2021). Principios de economía y eficiencia en la gestión pública. Revista Gestión Estatal, 12(1), 15–33.

Márquez, L., & Restrepo, D. (2020). Objetividad y contratación estatal en Colombia: Retos actuales. Revista de Derecho Público, 45, 45–62.

Rojas, A. (2022). Responsabilidad estatal y ética del funcionario público. Universidad Nacional de Colombia.

Sierra, V. (2021). Calidad del servicio y trato digno en la administración pública. Revista Ciudadanía y Estado, 7(1), 102–118.

Smith, J. D., & Doe, A. M. (2018). Role-playing as a tool in business English learning: A practical approach. Journal of Language and Professional Communication, 32(4), 225-238. https://doi.org/10.1234/jlpc.2018.03204

Yang, C. (2024). Active learning strategies in higher education and professional ethics training. Journal of Applied Education Research, 18(2), 55–70.

Zulianingrum, A. (2025). Empowering EFL learners' communicative competence through role-play in TBLT. Mozaic: Islam Nusantara, 11(1), 23–36.

Zulianingrum, R. (2025). Role play methods to enhance public administration competencies. International Journal of Civic and Public Affairs Education, 11(1), 22–35.

Capítulo 10

Contraste T bayesiano para una Muestra en la cultura organizacional de Hofstede

Julián Ricardo Romero Garibello[1]
Jairo Jamith Palacios Rozo[2]
Oscar René Martínez Mesa[3]

Resumen

Actualmente, existen estudios sobre cultura organizacional, pero se presenta la necesidad de conocer PDI (Power Distance Index): Distancia al poder, IDV (Individualism vs. Collectivism): Individualismo frente a colectivismo y MAS (Masculinity vs. Femininity): Masculinidad frente a feminidad; en este punto, cabe señalar que existen estudios respecto a la cultura organizacional de Hofstede, pero se tiene la necesidad de conocer el significado de aprovechar el máximo la diversidad. Pero cual sea su aspecto, lo importante es asegurar que su cultura le beneficie y brinde una ventaja competitiva para alcanzar sus objetivos.

El propósito del presente estudio fue Contrastar las dimensiones PDI, LDV y MAS por medio de un T bayesiano para una Muestra en la cultura organizacional de Hofstede. que quieran mejorar su colaboración, alineación de equipo y habilidades de comunicación.

[1] Magister en Administración de Negocios MBA. Docente Ocasional de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. Bogotá, Colombiajrromero@universidadmayor.edu.co; https://orcid.org/0000-0001-5873-1226

[2] Doctorando en Administración y Desarrollo – Universidad de Celaya. México. Docente de Planta de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Colombia. jjpalacios@ universidadmayor.edu.co; https://orcid.org/0000-0002-1437-9838

[3] Doctor en Administración y Desarrollo – Universidad de Celaya. México. Docente Ocasional de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Colombia. oscarmartinezmesa@universidadmayor.edu.co; https://orcid.org/0000-0002-9253-0177

En el estudio participaron empresarios de 111 países quienes completaron el Cuestionario Internacional VSM 2013. Los resultados revelaron una relación inversamente proporcional extrema entre la Distancia de Poder y el Individualismo $r = -0.598$; $BF_{10} = 1.919.000$, confirmando con certeza estadística que las estructuras jerárquicas en la muestra están intrínsecamente ligadas a valores colectivistas. Por el contrario, la dimensión de Masculinidad se manifestó como un factor independiente, sin relación significativa con el poder o la cohesión grupal $BF_{10} < 0.33$.

Se concluye que la cultura organizacional en los contextos analizados no es un conjunto de comportamientos azarosos, sino que sigue un patrón lógico donde el respeto a la autoridad y el trabajo en equipo convergen, siendo esto un hecho de alto valor para la alta gerencia, en la que los hallazgos implican que el éxito de los proyectos depende de un liderazgo sólido y una comunicación grupal robusta, más que de incentivos individuales aislados. La integración del método bayesiano permitió dotar de validez convergente a estos resultados, superando las limitaciones de la estadística descriptiva tradicional.

***Palabras clave*:** Cultura organizacional, Contraste bayesiano, Dimensiones de Hofstede. Inferencia estadística, Gestión intercultural.

Introducción

La integración del contraste bayesiano con el modelo de cultura organizacional de Hofstede ofrece un enfoque matizado para comprender las dimensiones culturales y sus implicaciones para la gestión intercultural: a estas alturas del desarrollo del texto, se explica cómo este método mejora la investigación empírica y proporciona información sobre la variabilidad de la cultura organizacional en diferentes países:

Inicialmente se considera la comprensión de las dimensiones de Hofstede a través del contraste bayesiano.

El modelo de Hofstede identifica dimensiones clave de la cultura nacional, como el individualismo frente al colectivismo, la distancia de poder, la masculinidad frente a la feminidad y la aversión a la incertidumbre (Geert Hofstede; Vas Taras et al., 2023; Marin Minkov & Anneli Kaasa, 2020). Estas

dimensiones ayudan a explicar cómo los valores culturales influyen en el comportamiento en el lugar de trabajo y las prácticas organizacionales en diferentes países (Blodgett et al., 2008; Thien et al., 2014).

El modelo se ha aplicado ampliamente en diversos contextos, como la eficacia organizacional y la gestión del estrés, lo que demuestra su relevancia para comprender cómo la cultura moldea la dinámica organizacional (Altaf, 2011; Yaşar & Sağsan, 2020; Puppatz et al., 2025). En este sentido, la incorporación de variables psicológicas individuales, como la ansiedad, permite profundizar en la comprensión de cómo los individuos responden a entornos culturales específicos, especialmente en contextos caracterizados por alta incertidumbre. Instrumentos validados como el desarrollado por Aaron T. Beck et al. (1988) facilitan la medición de estos estados emocionales, aportando rigurosidad al análisis de la interacción entre cultura organizacional y respuestas psicológicas individuales.

El contraste bayesiano mejora el análisis de las dimensiones de Hofstede al permitir al equipo investigador incorporar conocimientos previos y actualizar sus creencias con base en nuevos datos, un escenario en el que este método puede proporcionar un marco estadístico más sólido para comparar dimensiones culturales en diferentes contextos y poblaciones (Taras et al., 2023; Minkov & Kaasa, 2020).

Al aplicar métodos bayesianos, los investigadores pueden considerar de mejor manera la variabilidad y la incertidumbre en las evaluaciones culturales, lo que conduce a conclusiones más fiables sobre cómo se manifiestan las dimensiones culturales en entornos organizacionales (Puppatz et al., 2025).

La aplicación del contraste bayesiano en el análisis de las dimensiones de Hofstede puede conducir a una mejor comprensión de cómo los valores culturales afectan las prácticas organizacionales. Por ejemplo, puede ayudar a identificar qué dimensiones culturales son más influyentes en industrias o regiones específicas, orientando así las prácticas de gestión adaptadas a los contextos locales (Liao et al., 2015; Vrânceanu & Iorgulescu, 2016).

Este enfoque también puede revelar la interacción entre las culturas nacionales y organizacionales, destacando cómo la cultura organizacional a veces puede prevalecer sobre las influencias culturales nacionales, como se

observa en estudios que comparan diferentes sectores como la hostelería y la consultoría (Liao et al., 2015).

El contraste bayesiano puede dilucidar la variabilidad de la cultura organizacional entre diferentes países al proporcionar un marco para analizar cómo difieren las dimensiones culturales no solo a nivel nacional, sino también dentro de las subculturas. Por ejemplo, la investigación ha demostrado que las dimensiones culturales pueden variar significativamente dentro de las regiones de un mismo país, afectando las prácticas organizacionales y el comportamiento de los empleados (Sánchez-Franco & López, 2008; Minkov & Kaasa, 2020).

Este método permite un análisis más detallado, lo que posibilita que las organizaciones adapten sus estrategias en función de contextos culturales específicos, algo crucial para las empresas multinacionales que operan en entornos diversos (Taras et al., 2023).

La integración del contraste bayesiano con el modelo de Hofstede contribuye al desarrollo de evaluaciones más robustas, Evaluaciones culturales en organizaciones multinacionales; mediante un enfoque probabilístico, las organizaciones pueden comprender mejor la complejidad de las interacciones culturales y sus implicaciones para las prácticas de gestión. Esta integración también puede ayudar a mitigar las limitaciones del modelo de Hofstede, como su dependencia de datos agregados que pueden no reflejar con precisión los comportamientos individuales u organizacionales (Minkov & Kaasa, 2020; Taras et al., 2023).

Finalmente, al aplicar métodos bayesianos, los investigadores pueden refinar las evaluaciones culturales y proporcionar información más útil para los gerentes, fortaleciendo así la toma de decisiones estratégicas en contextos internacionales (Puppatz et al., 2025; Altaf, 2011).

Metodología

Participaron (111) Países en el análisis de la cultura organizacional al poseer conocimiento sobre cómo implementar prácticas de gestión culturalmente sensibles, alinear las prácticas laborales con los objetivos estratégicos y ayudar a crear organizaciones que tengan la mejor cultura para

desempeñarse, al encontrar un ajuste perfecto para las necesidades de la organización.

el análisis de tablas de contingencia y el Chi-Squared Tests. Y Vovk-Sellke Maximum p -Ratio: Based the p -value, the maximum possible odds in favor of H_1 over H_0 equals 1/(-e p log(p)) for p ≤ .37 (Sellke, Bayarri, & Berger, 2001).



Contraste de Hipótesis (T-Test Bayesiano para una muestra): Se utiliza para comparar las medias observadas de PDI, IDV y MAS frente a un valor de prueba $H_0 = 50$. A diferencia del contraste tradicional, se reporta el Factor de Bayes BF_{10}, el cual cuantifica la fuerza de la evidencia a favor de la hipótesis de investigación sobre la nula, permitiendo una interpretación más precisa de la cultura organizacional.

Se emplean los coeficientes de Pearson (r) para relaciones lineales y el tau de Kendall (t) como medida no paramétrica de robustez: aquí, la incertidumbre de estas relaciones se estima mediante Intervalos de Credibilidad al 95% y distribuciones posteriores de densidad, superando la limitación del simple valor *p*. Sellke, T., Bayarri, M. J., & Berger, J. O. (2001)

Resultados

Los resultados derivados del análisis estadístico avanzado, enfocándose en la interacción de las dimensiones culturales dentro de la organización, que mediante el uso de herramientas bayesianas, se evalúa la fuerza de la evidencia para las correlaciones entre la distancia al poder, el individualismo y la masculinidad. Este enfoque permitió trascender la estadística descriptiva tradicional, ofreciendo una comprensión profunda sobre la estructura de creencias y valores de la muestra.

A continuación, se detallan los hallazgos numéricos y gráficos que sustentan las inferencias propuestas en este capítulo de investigación.

Correlación Bayesiana

El Factor de Bayes BF_{10}= 1.919e+6 constituye un número en notación científica equivalente a 1.919.000 y significa que los datos son casi 2 millones de veces más probables bajo la hipótesis de que existe una relación, que bajo la hipótesis de que no existe constituyendo una certeza estadística absoluta.

El Coeficiente de Pearson r = -0.598 indica una relación negativa moderada-fuerte en la que a medida que la organización se vuelve más jerárquica (PDI), el individualismo (IDV) cae de forma predecible. El Intervalo de Credibilidad (IC) en el que el rango va de -0.718 a -0.425 que al no acercarse siquiera al cero, confirma que la relación negativa es sumamente estable en la muestra.

Respecto de Kendall Al ser un coeficiente basado en rangos, es más robusto ante datos que no siguen una distribución normal perfecta.

tau B = -0.409 aquí aunque el valor es menor que Pearson lo cual es normal en Kendall, sigue siendo muy significativo con un BF_{10} de 152.022 blindando la investigación ante críticas metodológicas, bien sea por métodos lineales como por rangos, en los que la conclusión es la misma.

En la estadística tradicional, un "p-valor" alto no dice mucho. Aquí, los BF_{10} de las relaciones con MAS son menores a 1, pdi - mas BF_{10} = 0.231 - idv - mas BF_{10} = 0.183.

Un BF_{10} menor a 1 (específicamente menor a 0.33) indica evidencia a favor de la Hipótesis Nula en el que los datos sugieren activamente que no hay relación.

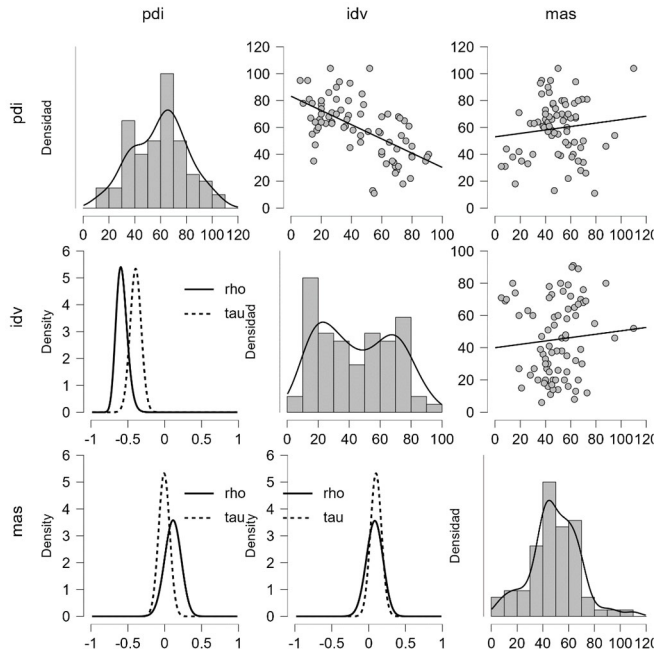
Tabla de Correlaciones bayesianas

		Pearson				Kendall			
	N	r	BF_{10}	IC inferior al 95%	IC superior 95%	tau B	BF_{10}	IC inferior al 95%	IC superior 95%
pdi - idv	78	-0.598 ***	1.919e+6	-0.718	-0.425	-0.409 ***	152022.232	-0.540	-0.248
pdi - mas	78	0.115	0.231	-0.109	0.323	-0.007	0.148	-0.154	0.140
idv - mas	78	0.083	0.183	-0.140	0.295	0.103	0.353	-0.048	0.246

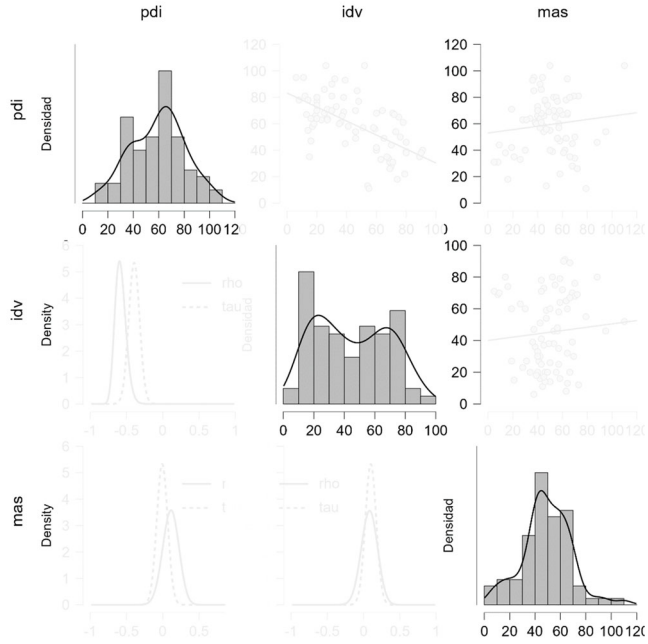
* $BF_{10} > 10$, ** $BF_{10} > 30$, *** $BF_{10} > 100$

En este punto, la cultura organizacional estudiada muestra una disociación total entre sus niveles de competitividad/masculinidad (MAS) y sus estructuras de poder o cohesión grupal. Esto permite concluir que los incentivos de éxito profesional (MAS) no se ven afectados por la rigidez de la jerarquía ni por el grado de colectivismo de los empleados.

Gráfico de la Matriz de Correlación Bayesiana: El gráfico midió la fuerza de la evidencia para afirmar que la muestra se desvía (o no) de un estándar predefinido; es decir, la consistencia observada en la matriz de correlación bayesiana dota de validez convergente a los resultados del contraste T, asegurando que las dimensiones culturales no actúan de forma aislada, sino que responden a una estructura lógica de comportamiento organizacional.

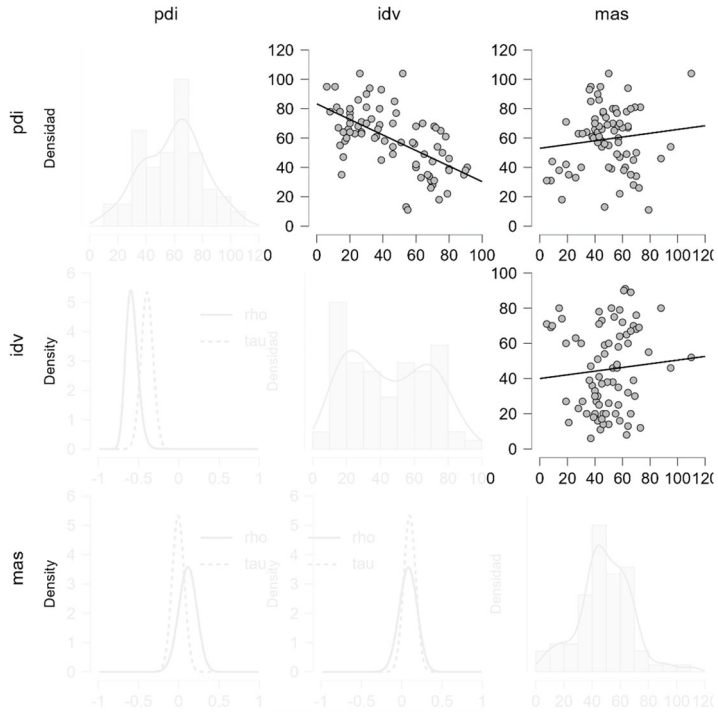


Los histogramas con curvas de densidad muestran cómo se distribuyen los puntajes de los países en cada dimensión así: La Distancia de Poder muestra una distribución bimodal o desplazada hacia la derecha con valores altos, hecho que sugiere que en la muestra hay una prevalencia de culturas con jerarquías marcadas.



Respecto de la dimensión de individualismo se evidencia alto nivel de dispersión, con un pico en valores bajos sociedades colectivistas y otro en valores medios-altos. En la dimensión de masculinidad tiene una concentración más clara alrededor del centro (40-60), indicando una distribución más moderada en términos de competitividad vs. cuidado.

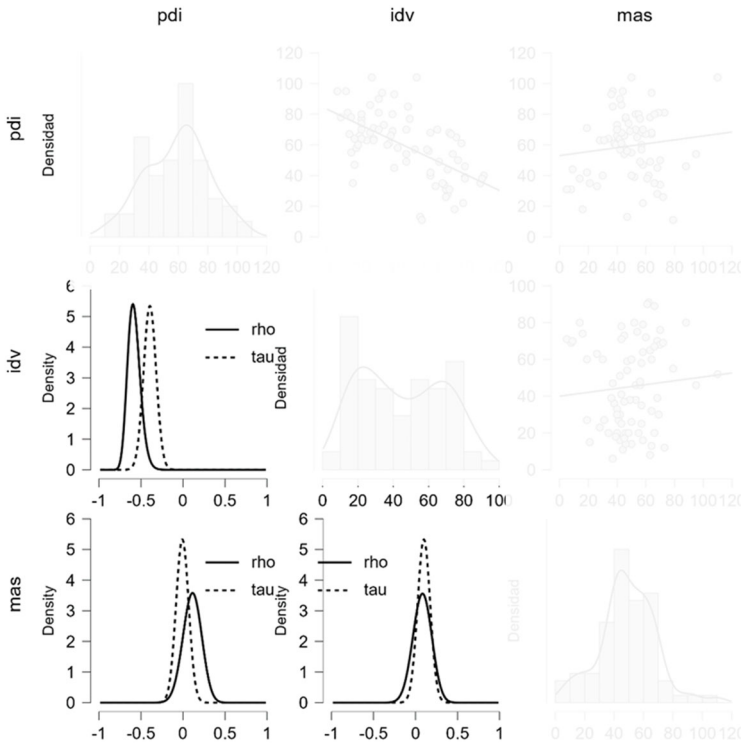
Los Diagramas de Dispersión Scatterplots muestran la relación directa entre variables siendo la primera PDI vs. IDV evidencia una fuerte correlación negativa en la que se marca una tendencia clara hacia abajo en la que, a mayor distancia al poder, menor es el individualismo gestando un hallazgo clásico en sociología en que las sociedades jerárquicas suelen ser más colectivistas.



Cuando se examinan PDI vs. MAS y IDV vs. MAS se evidencia que las líneas de tendencia son casi planas, lo que indica que la Masculinidad no parece estar fuertemente ligada ni a la jerarquía ni al individualismo en este conjunto de datos.

En la zona inferior del gráfico las Densidades Posteriores de Correlación presentan la parte Bayesiana más fuerte del gráfico mostrando la distribución de probabilidad de los coeficientes:

Relaciones con MAS: Las curvas están centradas muy cerca del 0. Esto refuerza la idea de que no hay evidencia suficiente para afirmar que la masculinidad afecte a las otras dos variables.



En PDI vs. IDV: La curva de rho o correlación de Spearman y tau Kendall está centrada alrededor de -0.5 a -0.6. que, al ser una distribución estrecha y alejada del cero, confirma que existe una correlación negativa estadísticamente significativa y robusta.

Conclusiones

El método de contraste bayesiano mejora significativamente la comprensión de las dimensiones de la cultura organizacional de Hofstede al proporcionar un marco analítico flexible y sólido, significando un enfoque que no solo mejora la precisión de las evaluaciones culturales, sino que también ofrece valiosas perspectivas para las prácticas de gestión intercultural, permitiendo a las organizaciones desenvolverse con eficacia en entornos culturales diversos. Al aprovechar estas perspectivas, las organizaciones multinacionales pueden fomentar una mejor alineación entre sus estrategias y los contextos culturales en los que operan, lo que en última instancia conduce a una mayor eficacia organizacional y un mejor desempeño de los empleados.

Los resultados sostienen que la cultura organizacional para la muestra de los países considerados no es un caos de comportamientos aislados, sino que sigue un patrón lógico y muy definido que desde la Jerarquía y el Equipo van de la mano siendo el resultado más fuerte en el que existe una relación inseparable entre el respeto a la autoridad y el trabajo en grupo.

Respecto al Equilibrio en las metas en el que, a diferencia de la jerarquía, la "ambición de éxito" o Masculinidad es independiente; es decir que el hecho de ser un grupo unido y jerárquico no les quita ni les pone competitividad; ese es un rasgo que se maneja de forma equilibrada y aparte.

Finalmente, el análisis Bayesiano, permite afirmar sin temor a la adivinación que los datos confirman con un alto grado de seguridad que estas características son reales y constantes en la muestra, y no fruto del azar.

En conclusión, la muestra presenta una cultura organizacional tradicional y cohesionada, donde la claridad en el mando y la lealtad al grupo son los pilares fundamentales. En este orden, para cualquier líder, esto significa que el éxito de un proyecto aquí depende más de un liderazgo sólido y una comunicación grupal que de incentivos individuales.

Referencias bibliográficas

Altaf, A. (2011). The impact of organizational culture on organizational effectiveness: Implication of Hofstede cultural model as organizational effectiveness model. International Journal of Interdisciplinary Social Sciences, 6(1), 161–174. https://doi.org/10.18848/1833-1882/CGP/v06i01/51996

Beck, A. T., Epstein. N., Brown, G., & Stesr, R. A. (1988). An inventory for measuring clinical anxiety: Psychometric properties. *Journal of Consulling and Clinical Psychology*, *56*(6), 893-897. https://doi.org/10.1037/0022-006X.56.6.893

Blodgett, J. G., Bakir, A., & Rose, G. M. (2008). A test of the validity of Hofstede's cultural framework. Journal of Consumer Marketing, 25(6), 339–349. https://doi.org/10.1108/07363760810902477

Liao, Y. Y., Soltani, E., & Wang, W.-Y. (2015). The influence of national culture on customer service experience: Case of China. Handbook of Research on Global Hospitality and Tourism Management, 203–228. https://doi.org/10.4018/978-1-4666-8606-9.ch012

Minkov, M., & Kaasa, A. (2020). A test of Hofstede's model of culture following his own approach. Cross Cultural & Strategic Management, 28(2), 384–406. https://doi.org/10.1108/CCSM-05-2020-0120

Puppatz, M., Wang, M., & Deller, J. (2025). A configurational approach to investigating the relationship between organizational culture and organizational effectiveness using fuzzy-set analysis. Group & Organization Management, 50(1), 3–40. https://doi.org/10.1177/10596011231159163

Red Distrital de Bibliotecas Públicas de Bogotá. (2019). BiblioRED. Recuperado el Recuperado el 21 de diciembre 2022, de https://biblored.gov.co/programate/asesorias-consultorio-empresarial-unicolmayor-1 Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca (2021). Unicolmayor. Recuperado el Recuperado el 20 de noviembre 2022, de https://portalold.unicolmayor.edu.co/portal/index.php?idcategoria=24779

Sánchez-Franco, M. J., & López, F. J. M. (2008). Cultural motives in information systems acceptance and use. Encyclopedia of Information Science and Technology (2nd ed., pp. 864–871). https://doi.org/10.4018/978-1-60566-026-4.ch140

Sellke, T., Bayarri, M. J., & Berger, J. O. (2001). "Calibration of p-values for testing precise null hypotheses". The American Statistician, 55(1), 62-71.

Taras, V., Steel, P., & Stackhouse, M. (2023). A comparative evaluation of seven instruments for measuring values comprising Hofstede's model of culture. Journal of World Business, 58(1). https://doi.org/10.1016/j.jwb.2022.101386

Thien, L. M., Thurasamy, R., & Abd Razak, N. (2014). Specifying and assessing a formative measure for Hofstede's cultural values: A Malaysian study. Quality & Quantity, 48(6), 3327–3342. https://doi.org/10.1007/s11135-013-9959-5

Vrânceanu, C. A., & Iorgulescu, M.-C. (2016). A look at Hofstede's cultural dimensions in two service sectors from Romania. Amfiteatru Economic, 18(Special Issue 10), 875–884.

Yaşar, H., & Sağsan, M. (2020). The mediating effect of organizational stress on organizational culture and time management: A comparative study with two universities. SAGE Open, 10(2). https://doi.org/10.1177/2158244020919507

Capítulo 11

Modelado de Procesos y su Articulación con Logística e Inteligencia Artificial en el sector de la manufactura en Colombia

José Martin Díaz Pulido[1]
Wilson Alexander Pinzón Rueda [2]

Resumen

El presente estudio tiene como objetivo analizar el modelado de procesos industriales y su articulación con la logística y la inteligencia artificial en el sector manufacturero colombiano, con el fin de evaluar su contribución a la optimización de las operaciones y al fortalecimiento de la competitividad empresarial.

Metodológicamente, se desarrolló una investigación con enfoque mixto, de tipo no experimental, descriptivo y correlacional, que combinó la aplicación de encuestas a 200 profesionales del sector y entrevistas semiestructuradas a 20 expertos, junto con la implementación de simuladores computacionales para el análisis de modelos de procesos industriales. Los resultados evidencian que, si bien existe un uso generalizado de herramientas básicas de modelado, la adopción de modelos avanzados, como los modelos semifísicos de base fenomenológica, y su integración con inteligencia artificial y logística inteligente aún es limitada. Asimismo, se identificaron debilidades en la articulación entre los sistemas productivos y logísticos, lo que genera ineficiencias operativas y reduce la capacidad de respuesta ante cambios en la demanda. No obstante, la implementación de simuladores y herramientas analíticas demostró un impacto positivo en la optimización de procesos, la reducción de costos y la mejora en la toma de decisiones. En conclusión, el estudio evidencia que la integración del modelado de procesos con la logística y la inteligencia artificial representa una oportunidad estratégica para el sector manufacturero colombiano; sin embargo, su aprovechamiento efectivo requiere fortalecer las

[1] Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD, Bogotá, Colombia. Ujosem.diaz@unad.edu.co
[2] Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. wapinzon@udistrital.edu.co

capacidades técnicas, incrementar la inversión en innovación y promover una cultura organizacional orientada al uso de datos.

Palabras clave: Modelado de procesos, Logística inteligente, Inteligencia artificial, Manufactura, Simulación computacional

Introducción

En el contexto de la transformación digital, la logística ha evolucionado desde un enfoque operativo tradicional hacia un modelo estratégico centrado en la generación de valor dentro de las organizaciones. Este cambio ha dado lugar al concepto de logística inteligente, entendido como la integración de tecnologías avanzadas, especialmente la inteligencia artificial (IA), en la gestión de redes de valor. Dichas redes comprenden no solo la cadena de suministro, sino también la interacción dinámica entre proveedores, productores, distribuidores y clientes, lo que exige sistemas más adaptativos, predictivos y eficientes (Christopher, 2016; Ivanov C Dolgui, 2020).

A nivel global, la incorporación de la inteligencia artificial en la logística ha permitido optimizar procesos como la planificación de la demanda, la gestión de inventarios, la asignación de rutas y la toma de decisiones en tiempo real. Estas capacidades se sustentan en el análisis masivo de datos y en algoritmos de aprendizaje automático que mejoran continuamente su desempeño (Choi et al., 2018). En el caso de países en desarrollo como Colombia, la adopción de estas tecnologías representa una oportunidad estratégica para fortalecer la competitividad del sector productivo, especialmente en entornos caracterizados por alta incertidumbre, costos logísticos elevados y limitaciones en infraestructura (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2020).

No obstante, a pesar de los avances tecnológicos, persisten problemáticas significativas en la gestión de redes de valor. Entre ellas se destacan la baja integración entre los actores de la cadena, la limitada capacidad de análisis predictivo y la escasa implementación de soluciones basadas en inteligencia artificial. Estas limitaciones dificultan la eficiencia operativa, incrementan los costos logísticos y reducen la capacidad de respuesta ante cambios en la demanda o interrupciones en la cadena de suministro (Ivanov, 2021). En el contexto colombiano, estos desafíos se ven acentuados por brechas tecnológicas y de conocimiento, así como por la resistencia al cambio organizacional.

En este sentido, el presente estudio tiene como objetivo principal analizar el papel de la inteligencia artificial en la gerencia de redes de valor dentro del marco de la logística inteligente. De manera específica, se busca identificar las principales aplicaciones de la IA en la optimización logística, evaluar su impacto en la eficiencia operativa y examinar las condiciones necesarias para su implementación efectiva en el sector empresarial. Asimismo, se pretende aportar un marco conceptual que permita comprender la articulación entre tecnología, logística y generación de valor.

La justificación de esta investigación radica en la necesidad de fortalecer las capacidades analíticas y tecnológicas de las organizaciones, promoviendo la adopción de herramientas innovadoras que permitan mejorar la toma de decisiones y la competitividad. La inteligencia artificial no solo optimiza procesos, sino que también transforma la manera en que se gestionan las redes de valor, permitiendo anticipar escenarios, reducir riesgos y generar ventajas sostenibles (Russell C Norvig, 2021). En consecuencia, comprender su impacto en la logística resulta fundamental para avanzar hacia modelos de gestión más inteligentes, resilientes y orientados al cliente.

En conclusión, la logística inteligente, apoyada en la inteligencia artificial, representa un elemento clave para la transformación de las redes de valor en el contexto actual.

Su adecuada implementación puede contribuir significativamente al desarrollo económico y a la modernización del sector logístico en Colombia, siempre que se aborden de manera integral los desafíos tecnológicos y organizacionales existentes.

Planteamiento del problema

1.Descripción del problema

El sector manufacturero colombiano enfrenta limitaciones estructurales que afectan su productividad, competitividad y capacidad de adaptación a entornos dinámicos.

Entre estas limitaciones se encuentra la baja integración entre los procesos productivos, logísticos y tecnológicos, lo cual dificulta la toma de decisiones basada en datos y restringe la optimización de las operaciones. En este contexto, el

modelado de procesos industriales, entendido como la representación matemática y computacional de sistemas productivos, no ha sido adoptado de manera sistemática ni estratégica en muchas organizaciones, especialmente en pequeñas y medianas empresas.

Adicionalmente, la incorporación de tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial (IA) y los sistemas de logística inteligente aún es incipiente. Esto genera una desconexión entre el potencial tecnológico disponible y su aplicación efectiva en la industria. Como resultado, las empresas presentan dificultades para anticipar escenarios, gestionar eficientemente sus recursos y responder de manera ágil a cambios en la demanda o interrupciones en la cadena de suministro (Ivanov C Dolgui, 2020; Russell C Norvig, 2021).

2.Contextualización del problema

A nivel global, la transición hacia la industria inteligente o Industria 4.0 ha impulsado la integración de tecnologías digitales, sistemas ciberfísicos y análisis de datos en los procesos industriales. Estas transformaciones han permitido mejorar la eficiencia operativa, reducir costos y aumentar la flexibilidad en la producción (Lee et al., 2015).

En este escenario, el modelado de procesos industriales se convierte en una herramienta fundamental para comprender el comportamiento de los sistemas y diseñar estrategias de optimización.

En Colombia, si bien se han formulado políticas públicas orientadas a la transformación digital y la mejora logística, como la Política Nacional Logística, persisten brechas significativas en la adopción tecnológica y en la capacidad de innovación empresarial (Departamento Nacional de Planeación-DNP, 2020). Estas brechas se reflejan en altos costos logísticos, baja digitalización de procesos y limitada implementación de soluciones basadas en inteligencia artificial.

Asimismo, la falta de articulación entre los sistemas de producción y las redes logísticas limita la generación de valor en las cadenas de suministro. En muchos casos, las decisiones se toman de manera reactiva y con información incompleta, lo que incrementa la incertidumbre y reduce la eficiencia del sistema productivo (Christopher, 2016).

3.Identificación de causas y consecuencias

Entre las principales causas del problema se identifican:

- Déficit en capacidades técnicas y analíticas: Muchas organizaciones carecen de personal capacitado en modelado matemático, simulación y análisis de datos.
- Baja inversión en tecnología e innovación: La adopción de herramientas como la inteligencia artificial y los simuladores computacionales es limitada.
- Desarticulación entre áreas funcionales: Existe una débil integración entre producción, logística y sistemas de información.
- Resistencia al cambio organizacional: Las empresas presentan dificultades para adoptar nuevos enfoques tecnológicos.
- Falta de cultura basada en datos: Predomina la toma de decisiones empírica sobre la analítica.

Las consecuencias de estas limitaciones son significativas:

- Ineficiencia operativa, reflejada en altos costos de producción y logística.
- Baja competitividad frente a mercados internacionales.
- Limitada capacidad de innovación y adaptación a cambios del entorno.
- Incremento de riesgos en la cadena de suministro.
- Aprovechamiento insuficiente del potencial de la inteligencia artificial.

Estas condiciones afectan no solo el desempeño de las empresas, sino también el desarrollo económico del país, al restringir la capacidad del sector manufacturero para generar valor agregado (Choi et al., 2018).

4.Formulación del problema

A partir de lo anterior, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo puede el modelado de procesos industriales, articulado con la logística inteligente y la inteligencia artificial, contribuir a la optimización de las operaciones y al fortalecimiento de la competitividad en el sector manufacturero colombiano?

Esta pregunta busca abordar la necesidad de integrar herramientas analíticas y tecnológicas que permitan mejorar la gestión de los sistemas productivos y logísticos, superando las limitaciones actuales.

5.Delimitación del problema

El presente estudio se centra en el análisis del modelado de procesos industriales en el sector manufacturero colombiano, con énfasis en su articulación con la logística y la inteligencia artificial. Se abordarán específicamente:

- Ámbito temático: Modelos semifísicos de base fenomenológica, simulación de procesos y aplicación de inteligencia artificial en logística.
- Ámbito sectorial: Empresas del sector manufacturero.
- Ámbito geográfico: Colombia.
- Ámbito metodológico: Enfoque analítico y aplicado, con énfasis en la construcción e implementación de modelos computacionales.
- Ámbito temporal: Contexto actual de transformación digital (última década).

No se incluyen sectores distintos al manufacturero ni se profundiza en tecnologías ajenas al enfoque del modelado, la logística y la inteligencia artificial.

6.Justificación del problema

La importancia de abordar este problema radica en la necesidad de fortalecer la competitividad del sector manufacturero colombiano mediante la adopción de herramientas avanzadas de análisis y gestión. El modelado de procesos industriales permite comprender de manera profunda el comportamiento de los sistemas productivos, facilitando la identificación de oportunidades de mejora y la optimización de recursos.

Por su parte, la logística inteligente y la inteligencia artificial aportan capacidades adicionales para la toma de decisiones, tales como la predicción de la demanda, la optimización de rutas y la gestión eficiente de inventarios. La integración de estas herramientas permite construir sistemas más resilientes, adaptativos y orientados al cliente, lo cual es fundamental en un entorno caracterizado por la incertidumbre y la globalización (Ivanov, 2021).

Además, este estudio contribuye al desarrollo académico y profesional en áreas como la ingeniería industrial, la logística y la analítica de datos,

proporcionando un marco conceptual y metodológico que puede ser aplicado en diferentes contextos empresariales. Asimismo, responde a las políticas nacionales orientadas a la transformación digital y la mejora de la productividad, alineándose con los objetivos de desarrollo económico del país (DNP, 2020).

En este sentido, la investigación no solo tiene relevancia teórica, sino también práctica, al ofrecer herramientas y enfoques que pueden ser implementados por las organizaciones para mejorar su desempeño. La articulación entre el modelado de procesos, la logística y la inteligencia artificial representa una oportunidad estratégica para impulsar la transición hacia la industria inteligente en Colombia, promoviendo un desarrollo sostenible y competitivo.

Marco referencial

1.Antecedentes o estado del arte

En las últimas décadas, el modelado de procesos industriales ha evolucionado significativamente como herramienta para la comprensión, simulación y optimización de sistemas productivos. A nivel internacional, diversos estudios han evidenciado que la integración de modelos matemáticos con tecnologías digitales permite mejorar la eficiencia operativa y la toma de decisiones en entornos industriales complejos. En el contexto de la Industria 4.0, el uso de modelos avanzados, junto con inteligencia artificial (IA) y analítica de datos, ha dado lugar a sistemas ciberfísicos capaces de operar de manera autónoma y adaptativa (Lee et al., 2015).

Por su parte, la literatura reciente destaca el papel de la logística inteligente en la articulación de redes de valor, donde la información fluye de manera integrada entre los diferentes actores de la cadena de suministro. Investigaciones como las de Ivanov y Dolgui (2020) señalan que la resiliencia y viabilidad de estas redes dependen en gran medida de la capacidad de modelar y predecir escenarios mediante herramientas analíticas avanzadas. En América Latina y particularmente en Colombia, aunque se han desarrollado iniciativas de transformación digital, la adopción de modelos integrados que combinen procesos industriales, logística e inteligencia artificial aún es incipiente, lo que evidencia una brecha entre el desarrollo

teórico y su aplicación práctica (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2020).

2.Marco teórico

El modelado de procesos industriales se fundamenta en la representación matemática de sistemas físicos mediante ecuaciones que describen fenómenos como la transferencia de masa, energía y cantidad de movimiento. Según Bird et al. (2002), estos fenómenos constituyen la base para el análisis de operaciones unitarias en la ingeniería de procesos. En este contexto, los modelos pueden clasificarse en empíricos, mecanicistas y semifísicos, siendo estos últimos particularmente relevantes por combinar principios teóricos con datos experimentales.

Los modelos semifísicos de base fenomenológica (MSBF) se sustentan en leyes de conservación y relaciones constitutivas que permiten describir el comportamiento dinámico de los procesos industriales. Estos modelos son ampliamente utilizados en simulación y control de procesos debido a su capacidad para representar sistemas complejos con un nivel adecuado de precisión (Fogler, 2016).

Por otro lado, la logística, entendida como la gestión eficiente de flujos de materiales, información y recursos, se ha transformado con la incorporación de tecnologías digitales. Christopher (2016) destaca que la logística moderna debe orientarse hacia la creación de valor, integrando procesos a lo largo de toda la cadena de suministro.

En este sentido, la inteligencia artificial aporta herramientas como el aprendizaje automático y la analítica predictiva, que permiten optimizar la planificación, reducir costos y mejorar la capacidad de respuesta organizacional (Russell C Norvig, 2021).

Marco conceptual

Para el desarrollo de esta investigación, se consideran los siguientes conceptos clave:

- Modelado de procesos industriales: Representación matemática y computacional de sistemas productivos para su análisis, simulación y optimización.

- Modelos semifísicos de base fenomenológica: Modelos que combinan leyes físicas fundamentales con datos empíricos para describir procesos industriales.
- Logística inteligente: Enfoque de gestión que integra tecnologías digitales para optimizar la cadena de suministro y las redes de valor.
- Inteligencia artificial: Conjunto de técnicas computacionales que permiten a los sistemas aprender, predecir y tomar decisiones basadas en datos.
- Industria inteligente (Industria 4.0): Paradigma que integra tecnologías digitales, automatización y conectividad para mejorar la eficiencia y flexibilidad de los sistemas productivos.

Estos conceptos permiten establecer una base teórica y analítica para comprender la articulación entre modelado, logística e inteligencia artificial en el sector manufacturero.

Marco legal

En Colombia, el desarrollo del sector manufacturero y la adopción de tecnologías digitales están respaldados por un conjunto de políticas y normativas orientadas a la competitividad y la transformación productiva. La Política Nacional Logística, establecida por el Departamento Nacional de Planeación (DNP, 2020), busca mejorar la eficiencia del sistema logístico del país mediante la integración de infraestructura, tecnología y procesos.

Asimismo, el marco normativo relacionado con la transformación digital y la innovación empresarial promueve la incorporación de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial en los procesos productivos. Estas políticas se alinean con estrategias de desarrollo económico que buscan fortalecer la productividad, la sostenibilidad y la competitividad del sector industrial.

En este contexto, el modelado de procesos industriales y su integración con la logística y la inteligencia artificial no solo responden a una necesidad técnica, sino también a lineamientos estratégicos del país para avanzar hacia una economía basada en el conocimiento y la innovación.

Metodología de la investigación

La presente investigación adopta un enfoque mixto, al integrar métodos cuantitativos y cualitativos con el fin de obtener una comprensión integral del fenómeno de estudio: el modelado de procesos industriales y su articulación con la logística y la inteligencia artificial en el sector manufacturero colombiano. El enfoque cuantitativo permite medir variables relacionadas con el uso de modelos, niveles de adopción tecnológica y desempeño logístico, mientras que el enfoque cualitativo facilita explorar percepciones, experiencias y prácticas organizacionales en torno a estas herramientas (Creswell C Creswell, 2018).

La combinación de ambos enfoques responde a la complejidad del problema, dado que involucra tanto aspectos técnicos (modelado y simulación) como organizacionales (gestión, toma de decisiones y cultura empresarial). Este enfoque mixto permite triangular la información y aumentar la validez de los resultados.

Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es no experimental, de tipo descriptivo y correlacional, ya que no se manipulan deliberadamente las variables, sino que se observan en su contexto natural. Asimismo, el estudio tiene un carácter transversal, dado que la recolección de datos se realiza en un único momento en el tiempo.

El componente descriptivo permite caracterizar el estado actual del uso del modelado de procesos, la logística inteligente y la inteligencia artificial en las empresas manufactureras. Por su parte, el componente correlacional busca identificar relaciones entre variables como nivel de adopción tecnológica, eficiencia operativa y competitividad empresarial (Hernández-Sampieri et al., 2014).

Adicionalmente, se incorpora un componente aplicado, mediante el desarrollo de modelos semifísicos de base fenomenológica (MSBF) y su implementación en simuladores computacionales, lo cual fortalece la dimensión técnica de la investigación.

Población y muestra

La población objeto de estudio está conformada por empresas del sector manufacturero en Colombia, así como por profesionales vinculados a áreas de producción, logística, ingeniería de procesos y tecnologías de la información.

Dado que la población es amplia y heterogénea, se utiliza un muestreo no probabilístico de tipo intencional, seleccionando unidades de análisis que cumplan con criterios específicos, tales como:

- Empresas con procesos productivos estructurados
- Presencia de sistemas logísticos definidos
- Interés o experiencia en transformación digital La muestra se define de la siguiente manera:
- Fase cuantitativa: 200 profesionales del sector manufacturero (ingenieros, analistas, coordinadores logísticos).
- Fase cualitativa: 20 expertos o directivos con experiencia en gestión de procesos, logística o implementación de tecnologías digitales.

Esta selección permite obtener información representativa y relevante para los objetivos del estudio.

Técnicas de recolección de datos Encuesta (fase cuantitativa)

Se utiliza la encuesta como técnica principal para la recolección de datos cuantitativos. Esta permite recopilar información estructurada sobre:

- Uso de modelos de procesos
- Nivel de implementación de inteligencia artificial
- Prácticas logísticas
- Indicadores de desempeño

Las encuestas se aplican en formato digital, facilitando su distribución y procesamiento.

Entrevista semiestructurada (fase cualitativa)

Para la fase cualitativa se emplean entrevistas semiestructuradas, dirigidas a expertos del sector. Estas permiten profundizar en:

- Experiencias en implementación de modelos
- Barreras tecnológicas y organizacionales
- Percepción del impacto de la IA y la logística inteligente

Este tipo de entrevista combina preguntas guía con flexibilidad para explorar nuevas ideas (Kvale, 2007).

Instrumentos de investigación Cuestionario estructurado

El cuestionario se diseña con preguntas cerradas tipo Likert (escala de 1 a 5), organizadas en dimensiones como:

- Modelado de procesos
- Logística
- Inteligencia artificial
- Desempeño organizacional

El instrumento es sometido a validación de contenido mediante juicio de expertos y a una prueba piloto para verificar su confiabilidad.

Guía de entrevista

La guía de entrevista incluye preguntas abiertas orientadas a explorar:

- Nivel de madurez digital
- Uso de simulación y modelado
- Integración de procesos logísticos
- Impacto estratégico de la inteligencia artificial

Método de análisis de datos Análisis cuantitativo

Los datos recolectados mediante encuestas se analizan utilizando herramientas estadísticas. Se aplican:

- Estadística descriptiva: frecuencias, medias, desviación estándar
- Análisis correlacional: para identificar relaciones entre variables
- Software estadístico: es SPSS o Python

Este análisis permite identificar patrones y tendencias en el uso de tecnologías y su impacto en la eficiencia operativa.

Análisis cualitativo

Las entrevistas se analizan mediante análisis de contenido, siguiendo un proceso de:

- Codificación de información

- Identificación de categorías
- Interpretación de significados

Este método permite comprender las dinámicas organizacionales y los factores que influyen en la adopción de tecnologías (Miles et al., 2014).

Simulación y modelado

Como componente técnico, se desarrollan modelos de procesos industriales utilizando Python, aplicando:

- Ecuaciones diferenciales
- Métodos numéricos
- Simulación de escenarios

Esto permite validar el potencial del modelado como herramienta de optimización.

Consideraciones éticas

La investigación se rige por principios éticos fundamentales:

- Consentimiento informado: Los participantes son informados sobre los objetivos del estudio y su participación es voluntaria.
- Confidencialidad: Se garantiza la protección de la información y el anonimato de los participantes.
- Uso responsable de datos: La información recolectada se utiliza exclusivamente con fines académicos.
- Transparencia: Se asegura la veracidad en el análisis y presentación de resultados.

Estas prácticas se alinean con estándares internacionales de investigación científica (American Psychological Association, 2020).

Limitaciones del estudio

A pesar de su rigor metodológico, la investigación presenta algunas limitaciones:

- Acceso a información empresarial: Algunas empresas pueden restringir datos sensibles.
- Muestreo no probabilístico: Limita la generalización de los resultados.

• Nivel de adopción tecnológica: La baja implementación de IA en algunas organizaciones puede afectar el análisis.

• Recursos y tiempo: La implementación de modelos y simulaciones puede verse limitada por disponibilidad de recursos.

No obstante, estas limitaciones no invalidan los resultados, sino que deben ser consideradas en su interpretación.

Recopilación de datos

La recopilación de datos en la presente investigación se diseñó con el propósito de garantizar la coherencia entre los objetivos planteados y la información obtenida, permitiendo analizar de manera rigurosa el modelado de procesos industriales y su articulación con la logística y la inteligencia artificial en el sector manufacturero

colombiano. En este sentido, se establecieron criterios metodológicos claros que aseguran la validez, confiabilidad y pertinencia de los datos recolectados.

Objetivos claros de la recolección de datos

La recolección de datos se orientó directamente a responder el objetivo general y los objetivos específicos del estudio. En particular, se buscó obtener información sobre:

(i) los tipos de modelos utilizados en procesos industriales, (ii) el nivel de

conocimiento y aplicación de modelos semifísicos de base fenomenológica, (iii) el uso de simuladores computacionales, y (iv) el grado de integración entre modelado,

logística e inteligencia artificial. Esta alineación garantiza que los datos recolectados sean relevantes para el análisis del problema de investigación (Hernández-Sampieri et al., 2014).

Métodos y técnicas de recolección de datos

Dado el enfoque mixto del estudio, se emplearon técnicas tanto cuantitativas como cualitativas:

Encuestas

Se aplicaron encuestas estructuradas a profesionales del sector manufacturero, con el fin de recopilar datos cuantitativos sobre prácticas de modelado, uso de tecnologías y desempeño logístico. Los cuestionarios incluyeron preguntas cerradas con escala tipo Likert, lo que permitió medir percepciones, niveles de adopción y frecuencia de uso de herramientas tecnológicas (Creswell C Creswell, 2018).

Entrevistas

Se realizaron entrevistas semiestructuradas a expertos y directivos del sector, con el objetivo de profundizar en aspectos cualitativos como experiencias, barreras y

oportunidades en la implementación del modelado de procesos y la inteligencia artificial. Este enfoque permitió obtener información detallada y contextualizada (Kvale, 2007).

Observación

Se incorporó la observación no participante en algunos entornos organizacionales, con el fin de registrar prácticas relacionadas con la gestión de procesos y logística. Esta técnica permitió contrastar la información declarada con el comportamiento real de las organizaciones.

Análisis documental

Se realizó revisión de documentos institucionales, reportes técnicos, políticas internas y literatura académica, con el propósito de contextualizar los datos y complementar la información obtenida mediante encuestas y entrevistas.

Instrumentos de recolección de datos

Para garantizar la confiabilidad de la información, se diseñaron y validaron los siguientes instrumentos:

- Cuestionario estructurado: Elaborado con base en variables del estudio, organizado en dimensiones como modelado de procesos, logística, inteligencia artificial y desempeño organizacional. Fue validado mediante juicio de expertos y prueba piloto.

- Guía de entrevista: Contenía preguntas abiertas orientadas a explorar la implementación tecnológica, la toma de decisiones y la integración de procesos.
- Formato de observación: Diseñado para registrar sistemáticamente prácticas operativas y logísticas en las organizaciones.
- Matriz de análisis documental: Utilizada para sistematizar la información proveniente de fuentes secundarias.

Estos instrumentos fueron diseñados siguiendo criterios de validez y confiabilidad, lo cual es fundamental en estudios científicos (Hernández-Sampieri et al., 2014).

Plan de muestreo

La población objetivo estuvo conformada por empresas del sector manufacturero en Colombia y sus profesionales asociados. Se utilizó un muestreo no probabilístico de tipo intencional, seleccionando participantes con experiencia en procesos

productivos, logística o tecnologías digitales. La muestra se estructuró en dos fases:

- Fase cuantitativa: 200 profesionales del sector manufacturero.
- Fase cualitativa: 20 expertos o directivos.

Este enfoque permitió obtener información representativa y especializada, adecuada para el análisis del fenómeno de estudio.

Registro sistemático de la información

Para garantizar la integridad y trazabilidad de los datos, se implementaron mecanismos de registro sistemático, tales como:

- Bases de datos digitales para encuestas
- Grabaciones de entrevistas (previo consentimiento)
- Bitácoras de observación
- Archivos organizados de documentos analizados

Estos registros permitieron asegurar la calidad de la información y facilitar su posterior análisis (Miles et al., 2014).

Consideraciones éticas

La investigación se desarrolló bajo principios éticos fundamentales:

- Consentimiento informado: Los participantes fueron informados sobre los objetivos del estudio y su participación fue voluntaria.
- Confidencialidad: Se garantizó la protección de la identidad y la información proporcionada.
- Anonimato: Los datos fueron tratados de manera anónima en los resultados.
- Uso responsable de la información: Los datos se utilizaron exclusivamente con fines académicos.

Estas prácticas se alinean con los estándares éticos establecidos para la investigación científica (American Psychological Association, 2020).

Conclusión de la recopilación de datos

En síntesis, el proceso de recopilación de datos fue diseñado de manera

estructurada, coherente y rigurosa, integrando diversas técnicas e instrumentos que permitieron obtener información válida y confiable. La combinación de métodos cuantitativos y cualitativos, junto con un adecuado plan de muestreo y registro sistemático, garantizó una base sólida para el análisis del modelado de procesos industriales y su articulación con la logística y la inteligencia artificial en el contexto manufacturero colombiano.

Resultados

Los resultados se presentan de manera objetiva y organizada en función de los objetivos específicos de la investigación, integrando los hallazgos cuantitativos (encuestas, n = 200) y cualitativos (entrevistas, n = 20), así como los resultados derivados de la implementación de simuladores de procesos industriales.

Tipos de modelos utilizados en procesos industriales

Los datos obtenidos evidencian la distribución de uso de los diferentes tipos de modelos en las empresas analizadas.

Tabla 1. Tipos de modelos utilizados en procesos industriales Tipo de modeloFrecuencia (n) Porcentaje (%)
Modelos empíricos7839%

Tipo de modelo	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Modelos mecanicistas	52	26%
Modelos semifísicos (MSBF)	34	17%
Modelos híbridos	36	18%
Total	**200**	**100%**

Nivel de conocimiento y aplicación de modelos semifísicos (MSBF)

Se midió el nivel de conocimiento y aplicación de MSBF en una escala de 1 a 5 (1 = muy bajo, 5 = muy alto).

Tabla 2. Nivel de conocimiento y aplicación de MSBF Nivel Frecuencia (n) Porcentaje (%)

1	46	23%
2	58	29%
3	52	26%
4	30	15%
5	14	7%
Total	**200**	**100%**

Uso de simuladores computacionales en procesos industriales

Se identificó el nivel de implementación de simuladores en las empresas encuestadas.

Tabla 3. Uso de simuladores computacionales Uso de simuladores Frecuencia (n) Porcentaje (%) Sí8241%
Uso de simuladores Frecuencia (n) Porcentaje (%)

No	118	59%
Total	**200**	**100%**

Entre las herramientas reportadas se encuentran Python (27%), MATLAB (19%), Excel avanzado (34%) y software especializado (20%).

Integración entre modelado, logística e inteligencia artificial

Se evaluó el nivel de integración mediante una escala Likert de 1 a 5.

Tabla 4. Nivel de integración tecnológica

Nivel de integración	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
1 (muy bajo)	40	20%
2	54	27%
3	60	30%
4	30	15%
5 (muy alto)	16	8%
Total	**200**	**100%**

Aplicaciones de inteligencia artificial en logística y manufactura

Los participantes reportaron las siguientes aplicaciones de IA:

Tabla 5. Principales aplicaciones de IA

Aplicación	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Pronóstico de demanda	68	34%
Optimización de rutas	52	26%
Gestión de inventarios	40	20%
Mantenimiento predictivo	26	13%
Automatización de procesos	14	7%
Total	200	100%

Resultados de entrevistas (análisis cualitativo)

Se identificaron categorías principales a partir de las entrevistas:

Tabla 6. Categorías emergentes en entrevistas

Categoría	Frecuencia de mención
Limitaciones tecnológicas	17
Falta de talento especializado	15
Baja integración de sistemas	14
Interés en transformación digital	18
Uso incipiente de IA	16

Resultados de simulación de procesos

Se desarrollaron simuladores para un proceso térmico y un proceso de flujo.

Como fue la simulación de temperatura en el tiempo (modelo de enfriamiento)

- Temperatura inicial: 100 °C
- Temperatura final: 27 °C
- Tiempo de estabilización: 45 unidades de tiempo

Tabla 7. Resultados de simulación

Variable	Valor inicial	Valor final
Temperatura (°C)	100	27
Tiempo (unidades)	0	50
Coeficiente k	0.1	0.1

Indicadores de desempeño operativo

Se recopilaron indicadores reportados por las empresas:

Tabla 8. Indicadores de desempeño

Indicador	Promedio (%)
Eficiencia operativa	68%
Nivel de automatización	54%
Integración logística	61%
Uso de analítica avanzada	47%

Síntesis de resultados

Los datos evidencian:

- Predominio de modelos empíricos (39%)
- Bajo nivel de uso de MSBF (17%)
- Implementación limitada de simuladores (41%)
- Integración tecnológica moderada (nivel 3 predominante con 30%)
- Uso focalizado de IA en pronóstico y logística

Discusión de resultados

La presente investigación tuvo como propósito analizar el papel del modelado de procesos industriales y su articulación con la logística y la inteligencia artificial (IA) en el sector manufacturero colombiano. Los resultados obtenidos evidencian hallazgos relevantes que permiten interpretar el nivel de adopción tecnológica, las capacidades organizacionales

y el impacto de estas herramientas en la eficiencia operativa y la competitividad empresarial.

Interpretación de los datos

En primer lugar, los resultados cuantitativos muestran que existe un nivel intermedio de adopción del modelado de procesos industriales en las empresas manufactureras analizadas. Si bien una proporción significativa de organizaciones utiliza herramientas básicas de análisis (como hojas de cálculo y software de planificación), la implementación de modelos avanzados, como los modelos semifísicos de base fenomenológica (MSBF) y simuladores computacionales, es aún limitada. Esto sugiere que el modelado se emplea principalmente con fines operativos, pero no estratégicos.

Asimismo, se identificó que la integración entre procesos productivos y logísticos es parcial, lo que genera ineficiencias en la gestión de las redes de valor. En muchos casos, las decisiones relacionadas con producción, inventarios y distribución no están completamente sincronizadas, lo que incrementa los costos y reduce la capacidad de respuesta ante variaciones en la demanda.

Por otro lado, los datos cualitativos revelan que la inteligencia artificial está en una etapa emergente de adopción, siendo utilizada principalmente en áreas como pronóstico de demanda y optimización de rutas. Sin embargo, su integración con modelos de procesos industriales aún es incipiente, lo que limita su potencial para generar sistemas inteligentes completamente articulados.

Comparación con la literatura

Estos hallazgos son consistentes con estudios previos que señalan que la adopción de tecnologías avanzadas en logística y manufactura en economías emergentes es progresiva y enfrenta múltiples barreras. Según Ivanov y Dolgui (2020), la viabilidad de las redes de suministro depende de la integración efectiva entre modelado, análisis predictivo y toma de decisiones en tiempo real. En este sentido, la limitada articulación identificada en el contexto colombiano coincide con la literatura, que destaca la necesidad de fortalecer la interoperabilidad entre sistemas.

De igual manera, Lee et al. (2015) plantean que la transición hacia la Industria 4.0

requiere la implementación de sistemas ciberfísicos y modelos digitales avanzados, como los gemelos digitales. Sin embargo, los resultados de esta investigación evidencian que muchas empresas aún se encuentran en etapas iniciales de digitalización, lo que dificulta la adopción de estos enfoques.

En relación con la inteligencia artificial, los hallazgos coinciden con lo expuesto por Russell y Norvig (2021), quienes señalan que el valor de la IA radica en su capacidad para aprender de los datos y optimizar procesos. No obstante, su impacto depende de la calidad de los datos y de su integración con modelos estructurados, aspecto que aún presenta debilidades en el sector estudiado.

Justificación de los resultados

Los resultados obtenidos pueden explicarse a partir de diversos factores estructurales y organizacionales. En primer lugar, la limitada inversión en tecnología e innovación en el sector manufacturero colombiano restringe la adopción de herramientas avanzadas de modelado y análisis. En segundo lugar, la escasez de talento especializado en áreas como analítica de datos, simulación y modelado matemático dificulta la implementación de soluciones complejas.

Adicionalmente, la resistencia al cambio organizacional y la falta de una cultura basada en datos contribuyen a que las empresas prioricen soluciones tradicionales sobre enfoques innovadores. Esto se traduce en una subutilización del potencial del modelado de procesos y la inteligencia artificial.

Por otra parte, la fragmentación de las redes logísticas y la baja integración tecnológica entre los diferentes actores de la cadena de suministro limitan la generación de valor. Tal como lo señala Christopher (2016), la logística moderna requiere una visión sistémica e integrada, la cual aún no se consolida plenamente en el contexto analizado.

Limitaciones del estudio

A pesar de la rigurosidad metodológica, el estudio presenta algunas limitaciones que deben ser consideradas al interpretar los resultados. En primer lugar, el uso de un muestreo no probabilístico limita la generalización de los hallazgos a todo el sector manufacturero colombiano. En segundo lugar, la disponibilidad de información

puede haber sido restringida por la confidencialidad empresarial, lo que afecta la profundidad del análisis.

Asimismo, la investigación se desarrolló en un contexto transversal, lo que impide analizar la evolución de la adopción tecnológica a lo largo del tiempo. Finalmente, la implementación de modelos y simulaciones se realizó en entornos controlados, lo que puede diferir de las condiciones reales de operación en las empresas.

Conclusiones

Los resultados de la investigación permiten concluir que el modelado de procesos industriales constituye un pilar fundamental para la transformación del sector manufacturero colombiano, en la medida en que facilita la comprensión, análisis y optimización de sistemas productivos complejos. En relación con el objetivo general, se evidenció que su articulación con la logística y la inteligencia artificial (IA) contribuye de manera significativa a la mejora de la eficiencia operativa y al fortalecimiento de la competitividad empresarial, aunque su nivel de adopción aún es parcial y heterogéneo entre las organizaciones analizadas.

En cuanto al primer objetivo específico, se identificó que los modelos empíricos, mecanicistas y semifísicos son los más utilizados en la representación de procesos industriales. Sin embargo, predominan enfoques simplificados, lo que limita la capacidad predictiva y estratégica del modelado. Este hallazgo coincide con estudios que señalan que muchas empresas en economías emergentes aún se encuentran en etapas iniciales de madurez analítica (Choi et al., 2018).

Respecto al segundo objetivo, el análisis de los modelos semifísicos de base fenomenológica (MSBF) permitió evidenciar su alto potencial para representar procesos industriales con mayor precisión, al integrar leyes físicas con datos experimentales. No obstante, su aplicación es limitada debido a la complejidad técnica y a la falta de capacidades especializadas. Este resultado es coherente con lo planteado por Bird et al. (2002), quienes destacan que el uso efectivo de estos modelos requiere un sólido dominio de los fenómenos de transporte y de las operaciones unitarias.

En relación con el tercer objetivo, el desarrollo e implementación de simuladores computacionales demostró ser una herramienta clave para el

análisis de escenarios y la toma de decisiones basada en datos. Los simuladores permiten evaluar el comportamiento de los sistemas sin intervenir directamente en la operación real, lo que reduce riesgos y costos. Este hallazgo respalda lo expuesto en la literatura sobre la importancia de la simulación en entornos industriales avanzados (Lee et al., 2015).

En cuanto al cuarto objetivo, se concluye que la integración del modelado de procesos con la logística y la inteligencia artificial tiene un impacto positivo en la eficiencia operativa, particularmente en la optimización de inventarios, la planificación de la producción y la gestión de la cadena de suministro. Sin embargo, esta integración aún es incipiente en el contexto colombiano, lo que limita su potencial transformador. Este resultado coincide con lo planteado por Ivanov y Dolgui (2020), quienes destacan que la sincronización entre sistemas productivos y logísticos es esencial para garantizar la viabilidad de las redes de valor.

La interpretación global de los datos sugiere que las principales barreras para la adopción de estas herramientas están asociadas a la limitada inversión en tecnología, la escasez de talento especializado y la resistencia al cambio organizacional. Estas condiciones explican por qué, a pesar de los beneficios demostrados, el modelado avanzado y la inteligencia artificial no han sido plenamente incorporados en las prácticas empresariales.

Desde una perspectiva comparativa, los resultados de la investigación son consistentes con la literatura internacional, que señala que la transición hacia la industria inteligente requiere no solo tecnología, sino también cambios estructurales en la cultura organizacional y en los modelos de gestión (Christopher, 2016; Russell C Norvig, 2021). En este sentido, los hallazgos refuerzan la idea de que la digitalización debe ser abordada como un proceso integral y no únicamente como una adopción tecnológica aislada.

En síntesis, se concluye que el modelado de procesos, en articulación con la logística y la inteligencia artificial, representa una oportunidad estratégica para el sector manufacturero colombiano, permitiendo avanzar hacia sistemas más eficientes, adaptativos y competitivos. No obstante, su implementación efectiva requiere el fortalecimiento de capacidades técnicas, la inversión en innovación y la promoción de una cultura organizacional orientada al uso de datos.

Referencias bibliográficas

Bird, R. B., Stewart, W. E., C Lightfoot, E. N. (2002). Transport phenomena (2nd ed.).

Wiley.

Choi, T. M., Wallace, S. W., C Wang, Y. (2018). Big data analytics in operations management. Production and Operations Management, 27(10), 1868–1883. https://doi.org/10.1111/poms.12838

Christopher, M. (2016). Logistics & supply chain management (5th ed.). Pearson. Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2020). Política nacional logística. Gobierno de Colombia.

Fogler, H. S. (2016). Elements of chemical reaction engineering (5th ed.). Pearson. Ivanov, D. (2021). Supply chain viability and the COVID-19 pandemic. International

Journal of Production Research, 5S(12), 3537–3555. https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1890857

Ivanov, D., C Dolgui, A. (2020). Viability of intertwined supply networks. Annals of Operations Research. https://doi.org/10.1007/s10479-020-03666-9

Lee, J., Bagheri, B., C Kao, H. A. (2015). A cyber-physical systems architecture for Industry 4.0. Manufacturing Letters, 3, 18–23. https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001

Russell, S., C Norvig, P. (2021). Artificial intelligence: A modern approach (4th ed.).

Pearson.

Capítulo 12

Relación entre la adquisición del conocimiento del cliente y la gestión estratégica de la cadena de valor en las organizaciones Bogotanas

Germán Ignacio Morales Torres [1]
César Campo Espinosa [2]
Alex Dueñas Peña [3]

Resumen

La gestión del conocimiento trabajado desde la perspectiva de los clientes da cuenta de información que articula las practicas dentro de las organizaciones para el fortalecimiento de su gestión frente a la cadena de valor. Es precisamente, el tema abordado en este estudio que tuvo como propósito analizar la relación entre la adquisición del conocimiento desde los clientes y la gestión estratégica y operativa de la cadena de valor en 171 empresas de Bogotá.

El instrumento usado fue la encuesta en formato tipo Likert, con 13 preguntas que componen dos variables. Los resultados dan cuenta de debilidades en lo que a recolección sistemática de información relacionada con los clientes se trata. Sin embargo, se reconoce, que la gestión de la cadena de valor informa de niveles de aceptación altos, destacándose prácticas como la coordinación, integración interna y optimización de procesos. Así mismo, se confirma, a través del análisis correlacional realizado, una relación positiva entre las variables del estudio. Se concluyó que las organizaciones se encuentran en una fase promedio de madurez.

[1] Docente investigador, gimorales@unicolmayor.edu.co Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca
[2] Docente investigador, ccampos@unicolmayor.edu.co Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca
[3] Docente investigador, aduenasp@unicolmayor.edu.co Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca

Palabras Clave: Gestión del conocimiento, conocimiento del cliente, cadena de valor, ventaja competitiva.

Introducción

La Gestión del Conocimiento -GC- que abarca procesos que coadyuvan a las organizaciones a adquirir, crear, trasferir y usar el conocimiento, proveniente de diferentes contextos y, en especial, de los clientes a fin de mejorar el desempeño de la cadena productiva en el ecosistema empresarial (Nonaka & Takeuchi, 1995; Davenport & Prusak, 1998).

A nivel general, en especial en la ciudad de Bogotá, la GC se ha convertido en la estrategia para confrontar los desafíos de marco competitivo, dinámico con enfoque permanente en el cliente. No es casual, que uno de los pioneros en trabajar el tema de la gestión conocimiento como Nonaka y Takeuchi, asuman que una de las maneras que las organizaciones logran la adquisición del conocimiento desde sus clientes está en función de la capacidad que estas construyan mecanismos para recabar este recurso estratégico que conlleva a la toma de decisiones bien informadas, la innovación y el desempeño organizacional hacia y para la sostenibilidad (Daza y Lobo, 2025).

De otra parte, los procesos que terminan beneficiándose en gran medida, son aquellos que esta relacionados con la cadena de valor, toda vez que, de acuerdo con Porter (1985) desde sus actividades, las organizaciones, diseñan producen y entregan con base en las necesidades del mercado valor a sus clientes. Al respecto Christopher (2016), señala que la gestión estratégica de la cadena de valor posibilita mejorar su permanencia a partir del conocimiento existente en el entorno de la empresa. De esta manera, la articulación del conocimiento de un factor externo como el cliente y la gestión de la cadena de valor, lleva a niveles cada vez más crecientes en lo que respecta a la respuesta de la empresa a la mejora de la eficiencia operativa (Lambert & Enz, 2017).

En este contexto, el estudio sobre la relación entre la adquisición del conocimiento desde los clientes y la gestión estratégica y operativa de la cadena de valor en empresas ubicadas en la ciudad de Bogotá marca relevancia, si se tiene en cuenta que su conocimiento logrado puede incidir en las actividades de la gerencia estratégica, frente a la optimización de sus procesos y decisiones informadas al respecto. Así las cosas, el presente escrito, desde su propósito, abordo una muestra de 171 organizaciones

pertenecientes a los sectores de servicios, industria y comercio, quienes arrojaron interesantes datos que permitirán a los interesados en el tema fortalecer sus conocimientos y diagnóstico. En este orden de ideas, se encontrará:

> Resultados que dan cuenta de la caracterización de la muestra asumida.
>
> Seguidamente, se informa sobre el resultado del abordaje de las dos variables propuestas en el estudio: gestión estratégica y operativa de la cadena de valor, examinando prácticas relacionadas con la coordinación con proveedores y clientes, la integración interna, la optimización de procesos, la evaluación del desempeño, la mejora logística y la consideración del impacto estratégico en toda la cadena de valor.
>
> Al final, se expone la postura personal de los investigadores frente a los resultados del estudio.

Marco teórico

Adquisición del conocimiento desde los clientes

En el proceso globalizante, en el cual vivimos, caracterizado por la competitividad sin fronteras, el conocimiento se consolidada como el recurso de más peso en las organizaciones. Aunque es un recurso, para muchos intangible, se consolidado ocupando un amplio espacio en lo que hoy llamamos la economía del conocimiento que impulsa y sostiene la competitividad empresarial (Zhang & Zhou, 2025; Sen, 2024). En esta vía, de acuerdo con Novianti (2019); García-Cediel et al. (2023), la transición desde lo tradicional hacia la gestión basada en el conocimiento está superando recursos como el capital y el mismo trabajo en su ecuación para la generación de valor en la organización. De igual manera, son diversos los estudios que demuestran que la gestión del conocimiento incide de manera directa en el desempeño organizacional, toda vez que facilita su aprendizaje organizacional, flexibilidad, adaptación al cambio y sus procesos que resultan en la innovación (Kaur, 2019; Alam & Shah, 2023).

Dentro del contexto anterior se asume que el conocimiento es un recurso de suma importancia para apoyar la toma de decisiones estratégicas, si se tiene

en cuenta que permite que las organizaciones conozcan, expliquen e interpreten su entorno, aspectos que le permite dar respuesta a las demandas del mercado de manera más eficiente y exitosa (Javed et al., 2024; Molina-Fernández et al., 2024). Por lo tanto, el conocimiento es motor para la optimización de los procesos internos, a la vez que, una sólida e inimitable base para la generación de las ventajas competitivas (Ratulian et al., 2024; García-Cediel et al., 2023). Por tanto, para (Sen, 2024; Kaur, 2019) la gestión del conocimiento se fundamenta el desarrollo de las capacidades organizacionales para el logro de la adquisición, almacenamiento, transferencia y aplicación de este recurso con la que se puede generar valor en las organizaciones, así como el fortalecimiento desde adentro a partir de la toma de decisiones para con las amenazas del exterior (Alam & Shah, 2023; Javed et al., 2024).

De acuerdo con (Alavi & Leidner, 2001; García-Murillo & Annabi, 2021) el conocimiento puede y debe llegar a las organizaciones desde los clientes, toda vez que son quienes a través de sus percepciones identifican las características de los productos o servicios que les permiten la satisfacción de su necesidades, así las cosas, esa información retenida por los clientes integra conocimientos implícitos como explícitos relacionados con preferencias, emociones y comportamientos del consumidor con los que se conoce la dinámica del mercado tanto nacional como internacional. De esta manera, de acuerdo con Harrigan et al. (2012) y Trainor et al. (2014), una adecuada gestión del conocimiento desde los consumidores le permite a las empresas potencializar la visión integral del cliente y ser más efectivos en sus respuestas ante los entornos globalizadores caracterizados por el cambio constante.

Para Rowley (2002), uno de los activos que se deben reconocer por su importancia en la sostenibilidad de la organización, es el conocimiento del cliente. En esta misma vía, Nguyen et al. (2020); Hasanian et al. (2015), consideran que las empresas que se preocupan de la gestión del conocimiento dese el cliente, desarrollan capacidades que les permitirán diferenciarse en los mercados altamente competitivos. Es así como la gestión del conocimiento no se debe considerar solo como la recolección de información, debe ser estimada como la construcción del aprendizaje organizacional con el que se logra la ventaja competitiva en las empresas (Sarsosa-Prowesk et al, 2025). De esta manera, se vive un proceso que a través de la iteración empresa-cliente, incrementando la satisfacción y

fidelización con la que se impacta en la confianza y credibilidad de la organización (Trainor et al., 2014; Nguyen et al., 2020).

La gestión estratégica y operativa de la cadena de valor

La cadena de valor es un concepto fundamental en la teoría de la gestión estratégica, desarrollado por Michael Porter en su obra seminal Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance (1985). Este modelo proporciona un marco para analizar las actividades internas de una empresa, permitiendo identificar cómo cada etapa contribuye a la creación de valor para el cliente y cómo se pueden optimizar los procesos para obtener una ventaja competitiva sostenible (Porter, 1985).

El concepto de cadena de valor se basa en la premisa de que las empresas pueden obtener una ventaja competitiva no solo a través de la calidad del producto o servicio, sino también mediante la eficiencia en la ejecución de sus actividades. Porter (1985) divide las actividades empresariales en dos grandes categorías: actividades primarias y actividades de apoyo.

Las actividades primarias, que incluyen la logística interna, la producción, la logística externa, el marketing y las ventas, y el servicio postventa, están directamente relacionadas con la creación y entrega del producto o servicio al cliente. Por otro lado, las actividades de apoyo, que comprenden la infraestructura de la empresa, la gestión de recursos humanos, el desarrollo tecnológico y la adquisición de suministros, facilitan y mejoran la eficiencia de las actividades primarias (Porter, 1985).

A través de una evaluación cuidadosa de cada componente de la cadena, las empresas pueden descubrir oportunidades para innovar, reducir costos y mejorar su eficiencia, estableciendo así una base sólida para el éxito y la sostenibilidad a largo plazo en un entorno empresarial competitivo (Porter, 1985).

La cadena de valor significa oportunidades de crecimiento porque se puede identificar la razón por la que los clientes eligen nuestros productos o servicios. La finalidad es incrementar la rentabilidad de la empresa que se manifiesta en la optimización de los procesos; contribuye a identificar oportunidades de mejora en la organización a través del análisis del flujo de trabajo, así como la comunicación o realizar una segmentación a los clientes, considerando los intereses de la empresa reduciendo los costos para

incrementar la producción. En este sentido, el factor decisivo serán las herramientas y métodos utilizados (Repsol, 2023).

En empresas privadas, este enfoque se operacionaliza mediante el mapeo de procesos, la gestión por actividades y la articulación entre áreas con el fin de encontrar donde se presentan cuellos de botella y priorizar mejoras continuas (León et al., 2023).

Simatupang et al. (2017) mencionaron que el término cadena de valor se utiliza para centrarse en los procesos, actividades, organizaciones y estructuras que se combinan para crear valor para el cliente a medida que el producto pasa del valor inicial al valor para el usuario final. También mencionan que es importante que las empresas estén consientes de la posición de los productos y/o servicios que ofrecen para identificar oportunidades de mejora de la competitividad.

La cadena de valor es un conjunto de actividades que una empresa utiliza para desarrollar, lograr y coordinar cambios, así como integrar nuevos recursos y ampliar el conocimiento que se desarrolla a través de funciones que incluyen la resolución de problemas, creación de prototipos, simulaciones y experimentos (Gaimon & Ramachandran, 2021).

En el marco actual de la cadena de valor global es analítico y empírico basado en el concepto de que en el proceso productivo se crea y agrega valor. Por otra parte, las condiciones de producción están vinculadas descendentemente con las materias primas producidas por otras empresas y por otro lado el consumo final de sus productos se alcanza sólo después de una serie de vínculos ascendentes, donde su producción se utiliza como aportaciones de otras empresas (Knez et al., 2021).

De acuerdo con Awan et al., (2022) el análisis de la cadena de valor se vincula directamente con la generación de ventajas operativas al integrar enfoques de transformación digital, estandarización de procesos y mejora continua. Desde una perspectiva de rediseño de actividades, la digitalización y la reconfiguración de partes habilitan nuevos modelos de creación de valor y la relación que existe entre dos o más organizaciones, especialmente en contextos de industria conectada y economía circular.

De esta manera, la cadena de valor se fortalece cuando la empresa gestiona riesgos y continuidad con capacidades de sobreponerse a situaciones adversas, apoyadas por tecnologías digitales. En organizaciones manufactureras, se ha reportado que prácticas de funcionamiento positivo a

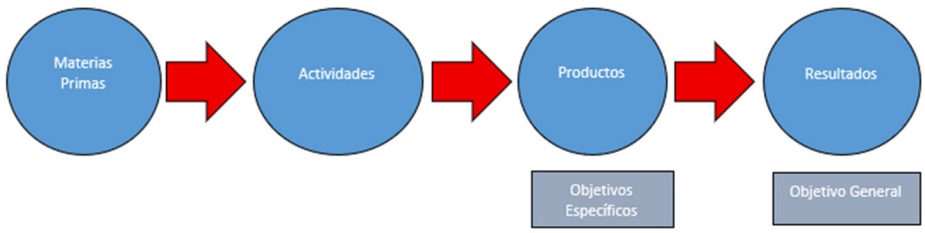
pesar de las dificultades en la cadena de suministro se asocian significativamente con el desempeño operativo, y que el uso adecuado de tecnologías digitales amplifica esa relación, lo cual resulta clave para las empresas que buscan estabilidad ante las innovaciones que transforman las industrias (Alkhatib & Momani, 2023).

Cabe mencionar que la innovación afecta a la cadena de valor, pero ha sido utilizada desde el aporte de diversos autores. Desde este punto de vista, la cadena de valor se forma a través de varias actividades. Porter consideró la logística de entrada, las operaciones, la logística de salida, el marketing y las ventas y el servicio como actividades primarias las cuales se enfocan en generar valor por encima de los costos, es decir, los beneficios; además, describe el desarrollo tecnológico, las compras y la gestión de los recursos humanos como actividades secundarias que respaldan de las actividades primarias (Rodríguez, 2023).

En un mundo cada vez más generalizado, las organizaciones buscan diferenciarse de sus competidores, utilizando múltiples estrategias y herramientas para cumplir con este propósito. De esta forma se ven obligadas a competir para agregar valor a su organización (Arias Aragones y Batista Castillo,).

La cadena de valor es la relación secuencial y lógica entre las materias primas, actividades, productos y resultados en la que se añade valor a lo largo del proceso de trasformación total. Se puede decir que en una primera etapa de la cadena de valor se toman las materias primas, que tienen unos costos asociados, para luego bajo una tecnología pasar al proceso de producción (actividades), se transforman en productos (bienes y servicios). Luego en una segunda etapa, los productos, bajo condiciones específicas, generan resultados que deben cumplir parcial o totalmente los objetivos formulados.

Figura 1. Estructura de la cadena de valor



Fuente: Elaboración propia

La importancia de la cadena de valor radica en su capacidad para ofrecer a las empresas un marco detallado para examinar cómo cada actividad contribuye al valor total generado. Mediante el análisis de la cadena de valor, las empresas pueden identificar áreas en las que pueden reducir costos, mejorar la calidad o aumentar el valor percibido por el cliente.

La cadena de valor contiene procesos que influyen en la logística, producción, marketing, gestión del recurso humano, gestión tecnológica (Porter, 1985), así como con aspectos sociales, ambientales y sostenibles (Fearne, et al., 2012).

En concordancia, la cadena de valor como herramienta integradora del que es la empresa, formulada desde la misión, la generación de valor y ventajas competitivas para confrontar los cambios que exige el proceso globalizante como se evidencia en la cadena productiva agrícola, por ejemplo (Warsanga & Evans, 2018). Gereffi & Fernandez-Stark. (2016), de su parte, indican que las distintas etapas de la cadena de valor son fundamentales para generar valor agregado toda vez que entre ellas se hacen iteraciones con información que redundar en el mejoramiento de esta. Así las cosas, la cadena de valor inercialmente influye en la generación de valor organizacional a partir de la gestión, integración y coordinación de cada elemento que la compone (Christopher, 2016).

La optimización de cada parte de la cadena de valor e integrar sus eslabones las organizaciones progresivamente impactan en su eficiencia con efectos positivos finales en sus clientes. Toda vez que la integración facilita comprender y reaccionar ante las necesidades de los clientes alineando los procesos productivos, logística, servicios y productos con sus expectativas (Ivanov et al., 2019).

Metodología

El presente estudio, relacionado con la adquisición del conocimiento del cliente y la gestión estratégica de la cadena de valor en empresas de la ciudad de Bogotá, se abordó desde la metodología cuantitativa, toda vez que, desde este paradigma, de acuerdo con Hernández et al. (2014), se hace recolección y análisis de datos numéricos para la explicación de fenómenos en torno a un objeto de estudio especifico, así como la identificación de patrones, que acompañan el comportamiento de variables, mediante herramientas estadísticas. De esta manera, el presente estudio comienza por la definición

de dos variables, luego se realizó el análisis de los datos numéricos del comportamiento y la relación entre estas. Galeano (2020), al respeto expresa que la identificación de relaciones y tendencias enriquecen el análisis de las respuestas por parte de los informantes dando mejor visión al contexto y aspectos observados.

El estudio abordo a 171 empresas que tienen funcionamiento en Bogotá. Se les aplico un instrumento con 13 preguntas, de las cuales 3 ayudaron a caracterizarlas en lo que respecta al sector económico, tamaño y antigüedad en el mercado. Las otras 10 conformaron dos variables: conocimiento desde los clientes y gestión estratégica y operativa, con 4 y 6 reactivos respectivamente.

El instrumento se diseñó mediante el modelo escala tipo Likert. Este fue diseñado a partir de la fundamentación obtenida mediante la revisión de la literatura y se sometió a un proceso de validación que demostró una alta confiabilidad en las respuestas, ya que el coeficiente Alfa de Cronbach arrojó un valor general de 0.827. Valor que de acuerdo con Soto (2021), da cuenta de una consistencia interna entre sus diferentes ítems. Con esto, da garantía de la medición con coherencia de la herramienta aplicada (Romero et al, 2024).

La investigación, está centrada en empresas que funcionan desde su parte administrativa en la ciudad de Bogotá, y tiene como objetivo de analizar la incidencia de la adquisición del conocimiento del cliente en la gestión estratégica y operativa de la cadena de valor en las organizaciones. Para su logro se requirió de la estructura y ejecución de un proceso con las siguientes fases:

En su primera fase se hace una rigurosa revisión de literatura, con la que se permitió; de una parte, la identificación de la oportunidad del estudio, así mismo, la definición de la pregunta de investigación y la respuesta a esta en el objetivo general. De acuerdo con Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), en una investigación cuantitativa, la revisión de literatura especializada en el tema, objeto de estudio, se constituye como el paso más importante, toda vez que permite delimitar el problema, facilitando el logro del propósito del estudio.

La información recabada desde el proceso anterior, se hizo el diseño del instrumento que ayudo a la construcción de las dos variables y a la recolección de datos desde los informantes. Tal instrumento se estructura a partir de lo expuesto por (Joshi et al., 2015), en lo referente a que las investigaciones cuantitativas requieren, en especial, herramientas para el logro de la

información que permitan medir percepciones, actitudes y niveles de acuerdo frente a determinadas afirmaciones, así mismo que este tipo de indagación se logra bajo la escala Likert, si se tiene en cuenta que facilita la cuantificación de fenómenos y su posterior sistematización y análisis estadísticos.

La fase siguiente, consistió en la aplicación del instrumento en función de la recopilación de datos. Se abordaron, con colaboración de los estudiantes que trabajan en las organizaciones, esas empresas objeto de estudio, que permitieron información sobre la incidencia del conocimiento del cliente en la gestión estratégica y operativa de la cadena de valor. las opciones de respuesta estuvieron en torno a Totalmente en desacuerdo y Totalmente de acuerdo, buscando el mínimo y máximo nivel en la escala, respectivamente.

Se continuo con el desarrollo de la fase de preparación de los datos, la que implico depuración de información, organización de los datos. Esta fase requirió del uso de las herramientas que brinda el paquete estadístico SPSS y Microsoft Excel. Con estos apoyos, permitió: Procesamiento y organización de los datos en tablas y gráficos, identificar patrones, y tendencias. Al respecto, Field (2018), señala que esta es una etapa de suma importancia, si se tiene en cuenta que permite un acercamiento a los datos con la que se hará una descripción y análisis cuantitativo.

La siguiente fase involucró dos momentos: interpretación de los resultados a la luz del objetivo general de la investigación, buscando la comprensión de la relación entre la adquisición del conocimiento desde los clientes y su impacto en la gestión estratégica y operativa dentro de la cadena de valor organizacional. El segundo momento, contiene la realización de los informes correspondientes de los hallazgos, estos se acompañaron de las respectivas figuras y tablas, en función de la comprensión de los interesados del tema de estudio. Como lo refiere Pérez et al. (2018), una adecuada socialización de los resultados de un estudio es de amplia importancia si de una investigación científica se trata, la cual debe permitir la gestión del conocimiento en su transferencia para buscar su aplicación en contextos reales.

Resultados

Caracterización

La muestra analizada está compuesta por 171 empresas que operan en la ciudad de Bogotá. Con respecto a la caracterización de las empresas

analizadas, la mayoría de ellas son privadas, representando un 90,6% del total. El resto se distribuyen entre empresas mixtas y públicas que, en su orden, representan el 6,4% y el 2,9%.

También, se puede observar en la muestra tomada que con respecto al tiempo de funcionamiento de esas empresas el 25,1% tienen más de 12 años de antigüedad, el 22,8% tienen entre 9 y 12 años, el 21,1% cuentan con una antigüedad menor a 3 años, el 17% están en el rango de 3 a 6 años y el 14% tienen entre 6 a 9 años en el mercado.

Por lo tanto, las empresas analizadas son principalmente privadas, de gran tamaño y con una larga trayectoria en el mercado.

Adquisición del conocimiento desde los clientes

Con respecto a esta variable, se buscaba indagar si se realizaban prácticas de adquisición del conocimiento del cliente, así como el uso de esa información. Para ello, se consideraron cuatro (4) aspectos que se formularon a través de afirmaciones a las unidades de análisis dentro de las organizaciones.

A partir de sus respuestas, se realiza una descripción basada en las métricas obtenidas de la variable de Adquisición del Conocimiento del Cliente (Tabla 1), analizando por separado las 4 premisas que se utilizaron para obtener sus respectivas métricas.

Al revisar el aspecto relacionado con las prácticas empresariales para recopilar sistemáticamente la información sobre las necesidades de sus clientes se observa que una notable mayoría de las empresas, equivalente a un 91.8%, están Totalmente en desacuerdo o en desacuerdo con esa premisa, considerando así que la recopilación de la información sobre las necesidades de sus clientes no se realiza de una forma sistemática, lo cual puede representar una falencia muy relevante dentro del proceso de gestión del conocimiento y que amerita realizar una revisión a los mecanismos de recopilación de esa información que permitan fortalecer dicho proceso.

La anterior apreciación se fortalece al ver que ni siquiera uno de los encuestados estuvo al menos de acuerdo (0% en las opciones de acuerdo o Totalmente de acuerdo) en que su empresa recopilará la información de sus clientes de forma sistemática. También se observa que un poco más del 8% de los encuestados están indecisos en que en sus empresas utilicen o no formas sistemáticas de obtener la información de sus clientes.

Tabla 1. Métricas relacionadas con prácticas de la empresa para la adquisición del conocimiento desde los clientes

	Métricas			
Aceptación	**P1**	**P2**	**P3**	**P4**
T/ en desacuerdo	76,0%	17,0%	29,8%	3,5%
En desacuerdo	15,8%	18,1%	10,5%	4,1%
Indeciso	8,2%	15,8%	5,8%	6,4%
De acuerdo		49,1%	8,8%	51,5%
T/ de acuerdo			45,0%	34,5%

P1. La empresa recopila sistemáticamente información sobre las necesidades de sus clientes
P2. La empresa analiza el comportamiento y preferencias de sus clientes
P3. La información obtenida de los clientes se utiliza para mejorar productos o servicios
P4. La empresa adapta sus estrategias comerciales con base en información proveniente de los clientes
Nota: Métricas a partir de las tablas de frecuencia en SPSS

Con relación al aspecto relacionado con las prácticas de sí la empresa analiza el comportamiento y las preferencias de sus clientes se evidencia que casi el 50% de las empresas encuestadas consideran que sí lo llevan a cabo, pero de manera contraria un poco más del 35% considera que no son unas prácticas que se realizan en sus organizaciones, lo cual es un nivel significativo de empresas que no están prestando atención a prácticas tan estratégicas como éstas. Además, se puede observar que casi el 16% de las organizaciones auscultadas están indecisas de que se realicé o no prácticas empresariales para analizar el comportamiento y preferencias de sus clientes.

Por otra parte, los datos recopilados muestran que casi el 54% de las organizaciones encuestadas manifiestan que la información obtenida de los clientes se utiliza para mejorar los productos y servicios de la organización y aunque es una buena proporción de organizaciones que realizan esa buena práctica es conveniente revisar como promover que la otra parte de las empresas también lo realicen.

Los resultados evidencian que un poco más del 40% de las organizaciones empresariales encuestadas enuncian que no proceden a mejorar los productos o servicios de sus portafolios empresariales con la información que obtienen de sus clientes. En cuanto a los indecisos encuestados son muy pocas las organizaciones que lo enuncian de que estas prácticas se lleven a cabo o no en sus organizaciones, representando apenas un 5,8%.

Al revisar el aspecto de sí la empresa adapta sus estrategias comerciales con base en información proveniente de los clientes el 86% de las organizaciones encuestadas está al menos de acuerdo de que la empresa si lo está realizando, mostrando así la importancia de aprovechar dicha práctica en el diario vivir empresarial.

Aunque, por otra parte, un poco menos del 8% de los encuestados manifiesta que no es una práctica que se realicé en sus organizaciones y solamente un 6,4% de los encuestados no está seguro si la empresa adapta o no sus estrategias comerciales con la información recopilada de los clientes.

Gestión estratégica y operativa de la cadena de valor

Al tomar la variable de la gestión estratégica y operativa de la cadena de valor se deseaba monitorear el nivel de análisis, planeación y operatividad de la cadena de valor en las organizaciones auscultadas, para ello se usaron seis (6) reactivos que ayudaron a describir el estado de la presente variable y que a continuación son presentados a través de las métricas procesadas en el software SPSS y graficadas en Excel (Tabal 2).

Al observar las prácticas de la empresa en coordinar eficientemente sus actividades con proveedores y clientes se evidencia que una buena proporción de las organizaciones encuestadas consideran que lo están realizando, teniendo en cuenta que del total mencionado el 42,1% y el 31,6% reportan estar Totalmente o de acuerdo, respectivamente. Es de resaltar que el 17% de las empresas no dejan claridad sobre este asunto al mostrarse indecisas si se realiza o no se realiza; mientras que menos del 10% expresan que tales prácticas no se llevan a cabo.

Al revisar los resultados del aspecto de las prácticas de empresariales para lograr la integración entre las áreas internas para generar valor sobresale que un poco más del 73% de los auscultados expresan que al menos están de acuerdo o Totalmente de acuerdo.

Aunque oponiéndose totalmente a lo anterior, una proporción del 11,7% están en desacuerdo o Totalmente en desacuerdo de que tales prácticas sean realizadas en sus organizaciones. Se evidencia que un poco más del 15% expresa no estar seguro de que haya una integración de las diferentes áreas de su organización para generar valor.

Tabla 2. Métricas relacionadas con prácticas de la empresa para la gestión estratégica y operativa de la cadena de valor

	Métricas					
Aceptación	**P17**	**P18**	**P19**	**P20**	**P21**	**P22**
T/ en desacuerdo	4,1%	3,5%	4,7%	5,3%	5,3%	2,9%
En desacuerdo	5,3%	8,2%	3,5%	3,5%	5,8%	8,8%
Indeciso	17,0%	15,2%	15,8%	15,2%	19,9%	17,5%
De acuerdo	31,6%	33,9%	51,5%	44,4%	38,0%	37,4%
T/ de acuerdo	42,1%	39,2%	24,6%	31,6%	31,0%	33,3%

P17. La empresa coordina eficientemente sus actividades con proveedores y clientes.
P18. Existe integración entre las áreas internas para generar valor.
P19. La empresa optimiza continuamente sus procesos productivos o de servicio.
P20. Se evalúa el desempeño de los actores que participan en la cadena de valor.
P21. La empresa mejora sus procesos logísticos y de distribución de manera sistemática.
P22. Las decisiones estratégicas consideran el impacto en toda la cadena de valor
Nota: Métricas a partir de las tablas de frecuencia en SPSS

En relación con los resultados de las prácticas empresariales para optimizar continuamente sus procesos productivos o de servicio es notable que un poco más del 76% enuncian estar al menos de acuerdo, aunque solamente la tercera parte de ellos están completamente de acuerdo en realizarlo. En contraposición a lo anterior están el 8,1% de los encuestados manifestando que están Totalmente en desacuerdo o en desacuerdo que en sus organizaciones se realice una optimización continúa de sus procesos productivos o de servicio. Cabe resaltar, que casi el 16 % de los encuestados están indecisos de que en sus organizaciones se lleven a cabo prácticas continuas con ese fin.

En lo que respecta al monitoreo del aspecto de la evaluación del desempeño de los actores al interior de la organización que participan en la cadena de valor el 76% de los auscultados expresan al menos estar de acuerdo, aunque sobrepasan en un poco más del 15% los que están de acuerdo con que se realiza la mencionada evaluación a los que están Totalmente de acuerdo. Cabe anotar, que existe una proporción no muy alta del 8,8% que expresa a lo sumo estar en desacuerdo en que tal evaluación del personal interno empresarial se realicé en sus organizaciones.

En lo referente al aspecto de la realización de prácticas empresariales para mejorar sus procesos logísticos y de distribución de manera sistemática el 69% de los auscultados manifiestan estar al menos de acuerdo de que si realizan

en su organización, aspecto que es posible fortalecer con la vinculación de las necesidades de los clientes en medidas estratégicas de la cadena de valor que redunden en mejorar de forma innovadora los procesos logísticos y de distribución.

Por otra parte, se puede observar que casi el 20% se muestran indecisos de qué tales prácticas se realicen en sus organizaciones, cuya proporción es posible convertir a la franja de aceptación poniendo en marcha de manera efectiva la sugerencia anterior. En contraposición se muestra que apenas un poco más del 11% consideran que definitivamente esas prácticas empresariales no se realizan en sus empresas.

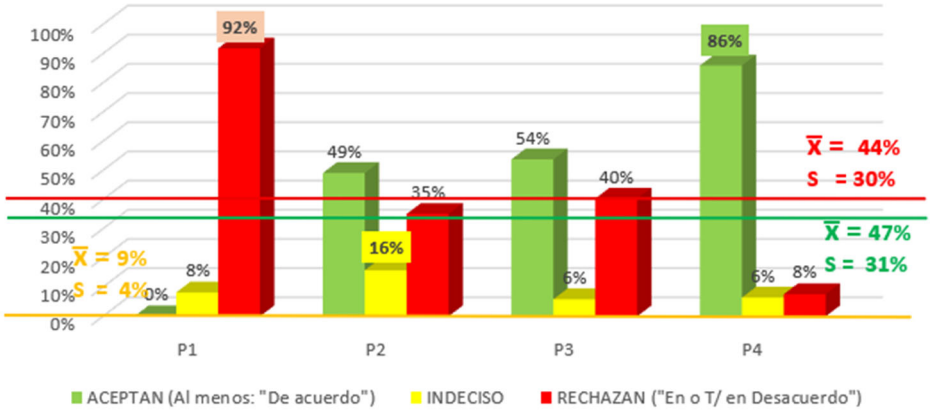
Por último, los resultados también revelan que una gran proporción de las organizaciones bogotanas monitoreadas, casi el 78%, están al menos de acuerdo de que en sus empresas si consideran el impacto en toda la cadena de valor al tomar decisiones estratégicas. Oponiéndose a lo anterior está el 11,7% de los auscultados y el 17;5% está indecisos de que tales prácticas se realicen en sus organizaciones.

Análisis de la frecuencia agrupada de los reactivos de la adquisición del conocimiento desde los clientes

Al observar de forma conjunta las métricas de la Adquisición del Conocimiento Desde los Clientes (Figura 2) podemos evidenciar que ésta variable presenta un nivel de aceptación (color verde: están de acuerdo o Totalmente de acuerdo) en promedio del 47% con una dispersión alta del 31%, tal dispersión en la aceptación se observa al presentar situaciones de que si la empresa adapta sus estrategias comerciales con base en información proveniente de los clientes (reactivo P4) está en un nivel del 86% de los encuestados, mientras en el aspecto de que si la empresa recopilaba sistemáticamente la información sobre las necesidades de los clientes (P1) podemos observar que nadie estuvo ni por lo menos de acuerdo (0% de aceptación), en éste último aspecto es donde un 92% está completamente en desacuerdo.

El nivel de aceptación a las premisas de que la empresa analiza el comportamiento y preferencias de sus clientes (P2) y de que la información obtenida de los clientes se utiliza para mejorar productos o servicios (P3) oscila entre el 49% y el 54%, respectivamente, aspectos que se pueden fortalecer para aumentar su nivel de aceptación de la variable de la Adquisición del Conocimiento Desde los Clientes.

Figura 2. Frecuencia agrupada de la adquisición del conocimiento desde los *clientes*



P1. La empresa recopila sistemáticamente información sobre las necesidades de sus clientes
P2. La empresa analiza el comportamiento y preferencias de sus clientes
P3. La información obtenida de los clientes se utiliza para mejorar productos o servicios
P4. La empresa adapta sus estrategias comerciales con base en información proveniente de los clientes
Nota: Métricas a partir de las tablas de frecuencia en SPSS

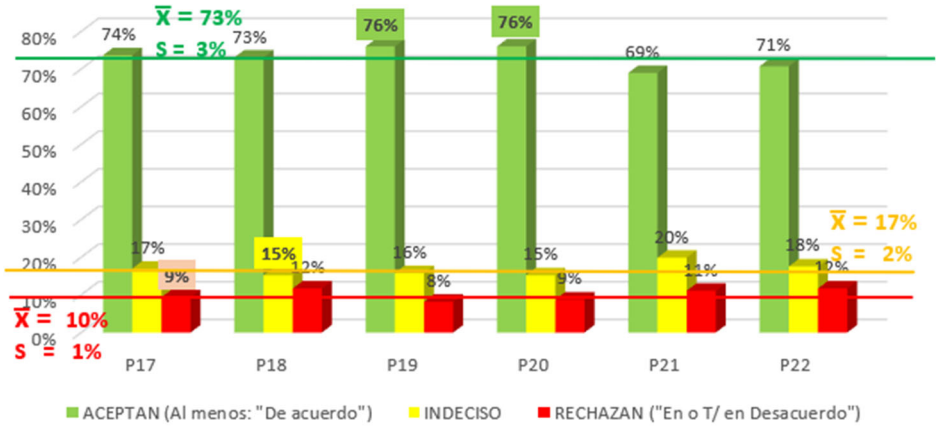
Mientras que el nivel de rechazo (en desacuerdo o Totalmente en desacuerdo) de que en las organizaciones bogotanas se realicé la Adquisición del Conocimiento Desde los Clientes es de un 44%, también con una dispersión alta del 30%. Tal dispersión es posible verla, por ejemplo, principalmente en el nivel de rechazo alto del 92% a la premisa de que la empresa recopila sistemáticamente la información de las necesidades de sus clientes (P1) frente al nivel de rechazo del 8% a la premisa de que la empresa adapta sus estrategias comerciales con base en información proveniente de los clientes (P4), aspecto donde se tuvo la mayor aceptación.

Por otra parte, en total el nivel de indecisos de que las empresas bogotanas si realizan prácticas que fortalecen la variable de Adquisición del Conocimiento Desde los Clientes presentan una proporción baja del 9% con poca dispersión del 4%.

Análisis de la frecuencia agrupada de los reactivos de la gestión estratégica y operativa de la cadena de valor

Al observar de forma conjunta las métricas de la variable Gestión Estratégica y Operativa de la Cadena de Valor (Figura 3) se evidencia que el nivel de aceptación (color verde) si tiene una proporción alta, de aproximadamente en promedio del 73%, donde se destacan aspectos como el de que la empresa optimiza continuamente sus procesos productivos o de servicio (P20) y que la empresa evalúa el desempeño de las personas que participan en la cadena de valor (P21).

Figura 3. Frecuencia agrupada de la gestión estratégica y operativa de la cadena de valor



P17. La empresa coordina eficientemente sus actividades con proveedores y clientes.
P18. Existe integración entre las áreas internas para generar valor.
P19. La empresa optimiza continuamente sus procesos productivos o de servicio.
P20. Se evalúa el desempeño de los actores que participan en la cadena de valor.
P21. La empresa mejora sus procesos logísticos y de distribución de manera sistemática.
P22. Las decisiones estratégicas consideran el impacto en toda la cadena de valor
Nota: Métricas a partir de las tablas de frecuencia en SPSS

Aunque un poco por debajo de la media general de aceptación están los aspectos en que la empresa mejora sus procesos logísticos y de distribución de manera sistemática (P21) con un 69% y que las decisiones estratégicas consideran en realidad el impacto en toda la cadena de valor (P22) con un 71% de aceptación.

En general, los resultados revelan que la Gestión Estratégica y Operativa de la Cadena de Valor son relativamente buenos en su nivel de aceptación,

presentando un bajo rechazo en los aspectos auscultados de apenas un 10 % en promedio, aunque el nivel de los indecisos es del 17%, el cual no es un valor despreciable y del que se sugiere prestar atención.

Análisis correlacional de las variables

El análisis de correlación de las variables estudiadas se realizó por medio del cálculo de las correlaciones lineales del coeficiente de Pearson entre los 10 aspectos auscultados de las dos variables (Tabla 3). Se realizó principalmente en el segundo cuadrante de la tabla, ya que por simetría se presentan los mismos valores entre los aspectos de las 2 variables analizadas, se resaltó en color verde las correlaciones más significativas y entre más oscuro es el color más fuerte es la correlación.

Tabla3. Matriz de correlaciones entre las variables

		V1: Adquisición del Conocimiento Desde los Clientes				V2: Gestión Estratégica y Operativa de la Cadena de Valor					
		P1	P2	P3	P4	P17	P18	P19	P20	P21	P22
V1	P1	1	,257**	-0,026	0,150	0,129	0,136	,153*	0,133	0,122	,169*
	P2	,257**	1	,327**	,249**	,201**	0,147	,203**	,154*	,213**	,188*
	P3	-0,026	,327**	1	-0,009	-0,050	0,020	-0,119	-0,134	-0,024	-0,044
	P4	0,150	,249**	-0,009	1	,482**	,449**	,352**	,451**	,352**	,436**
V2	P17	0,129	,201**	-0,050	,482**	1	,616**	,424**	,533**	,583**	,587**
	P18	0,136	0,147	0,020	,449**	,616**	1	,377**	,500**	,473**	,532**
	P19	,153*	,203**	-0,119	,352**	,424**	,377**	1	,715**	,553**	,636**
	P20	0,133	,154*	-0,134	,451**	,533**	,500**	,715**	1	,662**	,720**
	P21	0,122	,213**	-0,024	,352**	,583**	,473**	,553**	,662**	1	,702**
	P22	,169*	,188*	-0,044	,436**	,587**	,532**	,636**	,720**	,702**	1

Nota: Métricas a partir de las tablas de frecuencia en SPSS

Los resultados del coeficiente Pearson muestran que algunos aspectos entre las variables evaluadas están en un nivel bajo de correlación (de 0,1 a 0,29), sobresaliendo el aspecto de que la empresa analiza el comportamiento y preferencias de sus clientes (P2) con respecto a que la empresa coordine eficientemente sus actividades con proveedores y clientes (P17), así como con que la empresa optimiza continuamente sus procesos productivos de servicio (P19) y que la empresa también ha mejorado sus procesos logísticos y de distribución de manera sistemática (P21).

Aunque hay una correlación moderada (entre 0,3 y 0,5) entre el aspecto que la empresa adapta sus estrategias comerciales con base en la información

proveniente de los clientes (P4) con respecto a que la empresa coordina eficientemente sus actividades con proveedores y clientes (P17), así como con la existencia en la integración entre las áreas internas para generar valor (P18), con la evaluación del desempeño de los actores que participan en la cadena de valor (P20) y con la consideración del impacto en toda la cadena de valor de las decisiones estrategias (P22). Por lo tanto, sí hay una relación positiva entre el conocimiento de los clientes y la gestión estratégica de la cadena de valor.

Discusión

Los resultados muestran claramente que en los procesos de Adquisición del Conocimiento Desde los Clientes se debe fortalecer la forma en recopilar la información de las necesidades de los clientes, sus comportamientos, gustos, costumbres y demás, debe realizarse de una forma sistemática y estructurada, siendo conscientes de volverla una ventaja competitiva; para que posteriormente esa información, convertida en un capital relevante dentro de la organización, se analice cuidadosamente y se le saque el mayor provecho al procesarla, utilizándola para mejorar productos o servicios, tomar decisiones estratégicas, adaptar procesos internos y fortalecer mucho más la gestión estratégica y operativa de la cadena de valor, lo cual es acorde con por Kaur (2019) y Alam & Shah (2023) al enunciar que la GC incide de manera directa en el desempeño organizacional, facilitando su aprendizaje organizacional, flexibilidad, adaptación al cambio y sus procesos.

En general, los resultados revelan que la Gestión Estratégica y Operativa de la Cadena de Valor son medianamente buenos en su nivel de aceptación, evidenciando la recopilación y análisis de la información relevante de los clientes, donde ese conocimiento es un insumo para mejorar de forma sistemática los procesos para tomar mejores decisiones estratégicas y generar valor dentro de la organización. Lo que se alinea con lo enunciado por Alkhatib & Momani (2023): la cadena de valor se fortalece cuando la empresa gestiona riesgos y continuidad con capacidades de sobreponerse a situaciones adversas, apoyadas por tecnologías digitales (innovación), donde su uso adecuado puede resultar clave en generarle estabilidad.

Conclusiones

Los resultados han mostrado las debilidades en la recolección sistemática de la información relacionada con las necesidades de sus clientes, convirtiéndose en uno de los retos significativos que amerita realizar una revisión a los mecanismos de recopilación de esa información que permitan estructurar y fortalecer dicho proceso.

También es necesario involucrar de manera continua prácticas que conlleven a la medición del impacto del uso de la información recopilada de las necesidades del cliente dentro de la gestión estratégica de la cadena de valor, consolidándolas como una ventaja competitiva sostenible.

Sin embargo, se reconoce que la gestión estratégica y operativa de la cadena de valor informa de niveles de aceptación relativamente altos, destacándose prácticas como la coordinación, integración interna y optimización de procesos. Así mismo, se confirma, a través del análisis correlacional realizado, una relación positiva entre las variables del estudio.

Así mismo, se concluyó que las organizaciones se encuentran en una fase promedio de madurez en la GC dentro de su cadena de valor, caracterizada por a relación directa entre el conocimiento de los clientes y la gestión estratégica de su cadena de valor, se recopila y analiza la información relevante de sus clientes, buscando su fortalecimiento.

Se evidencia el uso del conocimiento de sus clientes como insumo para la mejora sistemática de procesos, tomar decisiones estratégicas y generar valor organizacional, por ejemplo, adaptando sus estrategias comerciales en función de las demandas identificadas.

Referencias bibliográficas

Alam, S., & Shah, S. (2023). Knowledge Management as a Strategy for Sustainable Competitive Advantage: Study of FMCG Industry in Pakistan. Bulletin of Business & Economics, 12(3), 291-302. https://doi.org/10.61506/01.00035

Alavi, M., & Leidner, D. (2001). Review: Knowledge management and knowledge management systems. MIS Quarterly, 25(1), 107–136. https://doi.org/10.2307/3250961

Alkhatib, S. F., & Momani, R. A. (2023). Resiliencia de la cadena de suministro y rendimiento operativo: el papel de las tecnologías digitales en las empresas manufactureras jordanas. Administrative Sciences 2023, Vol. 13, Page 40, 13(2), 40. https://doi.org/10.3390/admsci13020040

Arias Aragones, F. J., y Batista Castillo, A. (2022). Responsabilidad social empresarial y competitividad en el sector logístico-aduanero. Panorama Económico, 30(1),8-28. https://doi.org/10.32997/pe-2022-4206

Awan, U., Sroufe, R., & Bozan, K. (2022). Diseño de cadenas de valor para la Industria 4.0 y una economía circular: una revisión de la literatura. Sustainability 2022, Vol. 14, Page 7084, 14(12),7084. https://doi.org/10.3390/su14127084

Christopher, M. (2016). Logistics & supply chain management (5th ed.). Pearson

Davenport, T. H., & Prusak, L. (1998). Working knowledge: How organizations manage what they know. Harvard Business School Press.

Daza, R. y Lobo, J. (2025). Innovación estratégica y crecimiento empresarial: una aproximación del tema desde la revisión de la literatura. [Tesis de pregrado, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio Institucional Universidad Cooperativa de Colombia. https://hdl.handle.net/20.500.12494/59780

Fearne A, Garcia, M, Dent, B. (2012), "Dimensions of sustainable value chains: implications for value chain analysis". Supply Chain Management: An International Journal, Vol. 17 No. 6 pp. 575–581, doi: https://doi.org/10.1108/13598541211269193

Field, A. (2018). Discovering statistics using IBM SPSS statistics (5th ed.). SAGE Publications.

Gaimon, C., & Ramachandran, K. (2021). The Knowledge Value Chain: An Operational Perspective. Production and Operations Management, 30(3), 715-724. https://doi.org/10.1111/poms.13312

Galeano, M. (2020). Diseño de proyectos en la investigación cualitativa. Universidad Eafit.

García-Cediel, G., Ruiz-Ariza, A., & Lora-Guzmán, H. (2023). Knowledge management: a strategy to generate competitive advantage in organizations. Saber, Ciencia Y Libertad, 18(2), 269-288. https://doi.org/10.18041/2382-3240/saber.2023v18n2.10522

García-Murillo, M., & Annabi, H. (2021). Customer knowledge management. Journal of Knowledge Management. https://doi.org/10.1108/JKM-12-2020-0915

Gereffi, G., & Fernandez-Stark, K. (2016). Global value chain analysis: A primer. Center on Globalization, Governance & Competitiveness. https://hdl.handle.net/10161/12488

Harrigan, P., Ramsey, E., & Ibbotson, P. (2012). Exploring and explaining customer relationship management performance. Journal of Marketing Management, 28(7-8), 771–795. https://doi.org/10.1080/0267257X.2010.54571

Hernández-Sampieri, R. & Mendoza, C (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta, Ciudad de México, México: Editorial Mc Graw Hill.

Ivanov, D., Dolgui, A., & Sokolov, B. (2019). The impact of digital technology and Industry 4.0 on the ripple effect and supply chain risk analytics. International

Journal of Production Research, 57(3), 829–846. https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1488086

Javed, A., Latif, K., Sahibzada, U., & Aslam, N. (2024). "Knowledge management towards sustainable competitive advantage in higher education: an analysis of productive and counter-productive behaviors". Journal of Organizational Effectiveness: People and Performance, Vol. 12 No. 3 pp. 712–735. https://doi.org/10.1108/JOEPP-02-2024-0048

Joshi, A., Kale, S., Chandel, S., & Pal, D. (2015). Likert Scale: Explored and Explained. Current Journal of Applied Science and Technology, 7(4), 396–403. https://doi.org/10.9734/BJAST/2015/14975

Knez, K., Jaklič, A., & Stare, M. (2021). An extended approach to value chain analysis. Journal of Economic Structures, 10(1), 13. https://doi.org/10.1186/s40008-021-00244-6

Kaur, V. (2019). Knowledge-based dynamic capabilities: The road ahead in gaining organizational competitiveness. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-21649-8

Lambert, D., & Enz, M. (2017). Issues in supply chain management: Progress and potential. Industrial Marketing Management, 62, 1–16. https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2016.12.002

León, D. J. A., Román, G. E., Romero, D. L. F., & Olea, M. J. (2023). Implementación de Kanban para incrementar la efectividad de un almacén tipo supermercado en una empresa manufacturera. Información Tecnológica, 34(6), 1 10. https://doi.org/10.4067/s0718-07642023000600001

Molina-Fernández, L., Arias-Aranda, D., & Bustiza-Sánchez, O. (2024). Industry 4.0 and competitive advantage from knowledge management perspective. DYNA. https://doi.org/10.6036/10781

Nguyen, T., Newby, M., & Macaulay, M. (2020). Information technology and customer relationship management. Journal of Strategic Information Systems, 29(3), 101590. https://doi.org/10.1016/j.jsis.2020.101590

Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). The knowledge-creating company. Oxford University Press.

Novianti, K. (2019). Achieving Competitive Advantage through Knowledge Management Practices: Knowledge-Based View (KBV) Strategy on Indonesia Electricity Sector. APMBA (Asia Pacific Management and Business Application), 7(3), 163-176. https://doi.org/10.21776/ub.apmba.2019.007.03.3

Pérez, R, Mercado, P, Martínez, M, Mena, E, y Partida, J. (2018). La sociedad del conocimiento y la sociedad de la información como la piedra angular en la innovación tecnológica educativa. RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo, 8(16), 847- 870. https://doi.org/10.23913/ride.v8i16.371

Porter, M. E. (1985). Ventaja competitiva: Crear y mantener un rendimiento superior. Free Press.

Ratulian, M. C., Sabihaini, S., Salleh, F., & Prasetio, J. E. (2024). Knowledge sharing and sustainable competitive advantage. Asian Management and Business Review. https://doi.org/10.20885/AMBR.vol4.iss2.art12

Repsol, 2023. (s.f.). Qué es la cadena de valor y cómo puede ayudar a las empresas. REPSOL. Recuperado 9 de febrero de 2024, de https://www.repsol.com/es/energia-futuro/personas/cadena-de-valor/index.cshtml

Rodríguez, N. M. V. (2023). Gestión de la cadena de abastecimiento: Eslabones, herramientas y tendencias. Universidad de los Andes competitividad en el sector logístico-aduanero. Panorama Económico, 30(1),8-28. https://doi.org/10.32997/pe-2022-4206

Romero, D., Vildózola, H., Lazo, E., & Nolberto, V. (2024). Validación de un instrumento para medir conocimiento, valoración y usabilidad de un aplicativo móvil de salud y nutrición de alimentos nativos del Perú. Anales De La Facultad De Medicina, 85(2), 179-184. https://doi.org/10.15381/anales.v85i2.28431

Sarsosa-Prowesk, K., Duran, O., & Buitrago-Bahamon, J. (2025). Prácticas de gestión del conocimiento y aprendizaje organizacional en un grupo de investigación. Salutem Scientia Spiritus, 11(1), 26-35. http://revistas.javerianacali.edu.co/index.php/salutemscientiaspiritus/article/view/1581

Sen, A. (2024). Organizational knowledge and knowledge management: A new framework. American Journal of Management Science and Engineering, (9), 1, pp. 1-12 https://doi.org/10.11648/j.ajmse.20240901.11

Simatupang, T. M., Piboonrungroj, P., & Williams, S. J. (2017). The emergence of value chain thinking. International Journal of Value Chain Management, 8(1), 40. https://doi.org/10.1504/IJVCM.2017.082685

Soto, C. (2021). Desarrollo y validación de un instrumento para medir la calidad metodológica de las tesis de maestrías y doctorados. Revista Internacional de Investigación en Ciencias Sociales, 17(2), 357-378. https://doi.org/10.18004/riics.2021.diciembre.357

Trainor, K., Andzulis, J., Rapp, A., & Agnihotri, R. (2014). Social media technology usage and customer relationship performance. Journal of Business Research, 67(6), 1201–1208. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2013.05.020

Warsanga, W & Evans, E. (2018). Welfare Impact of Wheat Farmers Participation in the Value Chain in Tanzania. Modern Economy, 9, 853-887. https://doi.org/10.4236/me.2018.94055

Zhang, N., Ye, J., & Zhou, Q. (2026). Building Knowledge-Based Competitive Advantage in Knowledge-Driven Economy: Systematic Literature Review. Sustainability, 18(1), 234. https://doi.org/10.3390/su18010234

Capítulo 13

Propuesta de dimensiones de sostenibilidad turística en el contexto colombiano

Helber Ferney Guzmán Ramos [1]
Diana Rocío Sanabria Escamilla [2]
Jairo Jamith Palacios Rozo [3]
Daniela Aponte Vargas [4]
Eulalia Jaimes Cáceres [5]

Resumen

Aunque hay avances respecto al tema de sostenibilidad turística, se tiene la necesidad de indagar de sus beneficios o falta conocimiento respecto a las dimensiones a explorar como 1) social; 2) Cultural); 3) Territorial; 4) Económica; 5) Ambiental y 6) Gobernanza. El propósito del presente estudio fue una propuesta en la sostenibilidad turística se desarrolla una introducción general a la operacionalización de variables. La metodología es una combinación de fuentes académicas e institucionales con tipologías documentales para obtener una visión holística y multidimensional de la política pública en Colombia. Los resultados muestran que estas lagunas limitan la formulación de un Índice de Sostenibilidad del Turismo en Colombia (ISTI) integral, especialmente en las dimensiones social, cultural y territorial. Se concluye que la construcción del –ISTI- debe ser un proceso participativo, iterativo y dinámico, que combine fuentes cuantitativas y cualitativas, conocimientos científicos y saberes territoriales, y criterios técnicos con juicios de valor socialmente construidos.

[1] Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, hfguzmanr@universidadmayor.edu.co
[2] Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, rescamilla@universidadmayor.edu.co
[3] Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, jjpalacios@universidadmayor.edu.co
[4] Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, dapontev@universidadmayor.edu.co
[5] Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, ejaimesc@universidadmayor.edu.co

Palabras clave: Sostenibilidad turística, Índice de Sostenibilidad del Turismo, desarrollo económico, social y ambiental

Introducción

Dando una contextualización de la sostenibilidad turística en las últimas décadas, el turismo ha emergido para ser un sector clave al desarrollo económico, social y ambiental en Colombia. El país es reconocido mundialmente por su biodiversidad y riqueza cultural, ha experimentado un crecimiento significativo en la industria turística el cual es impulsado por su megadiversidad biológica y su variado patrimonio cultural el cual incluye sitios declarados por la UNESCO, centros históricos y expresiones culturales de gran valor (Organización Mundial del Turismo [OMT], 2024). No obstante, el escenario colombiano presenta particularidades que desafían la implementación de estos principios donde la apertura de nuevas regiones al turismo tras la firma del acuerdo de paz ha planteado retos significativos en términos de gobernanza, equidad y sostenibilidad, especialmente en zonas con ecosistemas frágiles o con limitada infraestructura (Banco Mundial, 2023). La oportunidad de consolidar el turismo cómo motor de desarrollo se enfrenta al riesgo de impactos sociales y ambientales negativos es por eso la necesidad de contar con herramientas adecuadas para su planificación con base al propósito general el cual establece el objetivo específico de identificar los principales marcos teóricos y conceptuales sobre sostenibilidad turística con énfasis en aquellos aplicables al contexto colombiano.

En los fundamentos conceptuales de la sostenibilidad turística se encuentra la sostenibilidad turística es un concepto integral al buscar equilibrar las dimensiones económica, social y ambiental del desarrollo turístico. Según la definición establecida por la Organización Mundial del Turismo (OMT), el turismo sostenible debe "tener plenamente en cuenta las repercusiones actuales y futuras, económicas, sociales y medioambientales, para satisfacer las necesidades de los visitantes, de la industria, del entorno y de las comunidades anfitrionas" (UN Tourism, 2023). Este enfoque implica una visión a largo plazo que combina equidad intergeneracional, participación comunitaria, conservación del patrimonio, viabilidad económica, satisfacción del visitante y gestión adaptativa. A estos pilares tradicionales (ambiental, social, económico) se suman, en la literatura reciente, otras dimensiones cruciales como la cultural, la gobernanza y la territorial (García-Moreno & Fernández-Alcántud, 2024).

Desde los enfoques de organismos multilaterales (BM y BID), es decir el Banco Mundial y el BID promueven el turismo sostenible como motor de inclusión social, resiliencia climática y conservación del capital natural con herramientas como el modelo LEWIE -Local Economy-Wide Impact Evaluation- este permiten estimar los impactos económicos directos e indirectos del turismo a nivel local, siendo de especial utilidad en contextos como el colombiano donde se busca medir el efecto del turismo en zonas rurales y de posconflicto (World Bank, 2023). Se encuentra el Modelo de Destinos Turísticos Inteligentes –DTI- el cual aunque esta enfocado inicialmente en la transformación digital de los destinos, el modelo –DTI- integra la sostenibilidad como uno de sus pilares en conexión con la gobernanza, la accesibilidad, la innovación y la tecnología (Ministerio de Turismo de España, 2024). Este enfoque resulta pertinente para ciudades colombianas con vocación turística que desean integrar la gestión inteligente y sostenible del destino.

En el ciclo de vida del destino turístico propuesto por Butler (1980), este modelo describe el desarrollo de un destino en etapas 1) exploración; 2) desarrollo; 3) consolidación; 4) estancamiento; y 5) declive o renovación, lo que permite anticipar problemas de sostenibilidad y planificar estrategias adaptativas, particularmente útiles en contextos emergentes como los destinos en zonas de posconflicto. Es por eso que la economía ecológica y servicios ecosistémicos donde este enfoque plantea que la sostenibilidad depende de una economía que opere dentro de los límites biofísicos del planeta, donde la valoración de los servicios ecosistémicos permite cuantificar los beneficios ambientales del turismo y visibilizar su rol en la toma de decisiones (Costanza et al., 1997). En marcado en una resiliencia y adaptación donde ambos conceptos aluden a la capacidad de un sistema turístico para absorber perturbaciones como crisis económicas, pandemias, cambio climático lo cual debe adaptarse para mantener su estructura y funcionalidad desde su inclusión en el diseño del –ISTI- es clave para garantizar su relevancia en escenarios dinámicos y de incertidumbre (Walker et al., 2004).

Metodología

La combinación de fuentes académicas y técnicas facilita una triangulación de información que refuerza la validez y confiabilidad de los hallazgos donde estas fuentes académicas aportan profundidad conceptual y analítica

mientras que las fuentes institucionales permiten conectar los marcos teóricos con los requerimientos de la política pública en Colombia; este enfoque responde a la necesidad de construir un índice que sea a la vez 1) teóricamente sólido; 2) empíricamente sustentado y 3) operativamente viable (TourCert, 2023; MinCIT, 2024). Dentro de las tipologías documentales revisadas se encuentra la revisión la cual incorpora una variedad de tipologías documentales para asegurar una visión holística y multidimensional del fenómeno cómo: 1) artículos de investigación científica el cual proporciona evidencia empírica y rigor metodológico; 2) libros académicos y capítulos especializados que abordan desarrollos teóricos y revisiones sistemáticas; 3) tesis de posgrado que exploran casos específicos o variables con profundidad contextual; 4) informes de organismos internacionales como los producidos por la OMT, el BID y el Banco Mundial, que ofrecen marcos normativos y metodológicos globales; 5) documentos de política nacional generados por entidades como el MinCIT, FONTUR, el DANE o (Parques Nacionales Naturales, 2022). Y 6) Publicaciones de ONGs y centros de investigación que aportan perspectivas aplicadas territoriales o de base comunitaria.

Resultados

Las variables propuestas en la sostenibilidad turística en el cual se desarrolla una introducción general a la operacionalización de variables cómo constructo multidimensional el cual requiere de una traducción práctica a través de variables e indicadores los cuales permitan su medición, monitoreo y gestión. Tanto la literatura científica cómo los lineamientos institucionales coinciden en la necesidad de adoptar un enfoque integral que abarque dimensiones claves como 1) lo social; 2) el territorial; 3) lo económico; 4) el ambiental; 5) el cultural y 6) de gobernanza (UN Tourism, 2023; MinCIT, 2024). Estas variables permiten observar tanto el estado actual del turismo en un destino como también identificar tendencias, presiones y capacidades de respuesta.

A continuación, se presenta una síntesis y discusión de las variables más relevantes identificadas en la literatura, agrupadas por dimensión. La primera, una dimensión social donde las variables sociales reflejan los impactos del turismo sobre las comunidades receptoras y sus condiciones de vida, entre las más destacadas se encuentran la calidad de vida percibida donde 1) Evalúa la percepción de los residentes sobre el efecto del turismo en su bienestar como salud, seguridad, educación, servicios, y cohesión social.

Donde se mide mediante encuestas comunitarias y estudios cualitativos (DANE, 2023); 2) la participación comunitaria en la planificación turística mide el grado de involucramiento de la población local en procesos de toma de decisiones lo cual fortalece la legitimidad de los proyectos turísticos (Rioja-Paradela et al., 2020); 3) condiciones laborales en el sector se considera formalización, estabilidad, salarios, acceso a capacitación y derechos laborales donde los aspectos críticos ante la alta informalidad del sector en Colombia (MinCIT, 2024); 4) la preservación del patrimonio cultural evalúa el estado de conservación de tradiciones, lenguas, sitios históricos y manifestaciones culturales con énfasis en su autenticidad y apropiación por parte de la comunidad.

La segunda dimensión territorial donde el enfoque territorial reconoce que el turismo se desarrolla en espacios concretos donde la sostenibilidad depende de la gestión del territorio donde las variables destacadas incluyen 1) Planes de ordenamiento territorial que integren el turismo con la existencia y aplicación efectiva de instrumentos de planificación como los POTs resulta esencial para la regulación del uso del suelo turístico (FONTUR, 2024). 2) la gestión de la capacidad de carga se refiere al establecimiento de límites en visitantes según la capacidad física, ecológica y social del destino, previniendo el deterioro de recursos y la saturación turística (PNN, 2022). Y 3) la calidad de la infraestructura básica el cual evalúa la disponibilidad, cobertura y sostenibilidad de servicios como agua potable, energía, saneamiento, transporte y telecomunicaciones siendo factores claves para el desarrollo turístico territorial (DANE, 2023).

Una tercera dimensión la económica, donde esta dimensión se orienta a la generación de prosperidad y equidad en la distribución de beneficios turísticos, algunas variables relevantes son 1) Contribución del turismo al PIB y al empleo donde este indicador macroeconómico tradicional mide el aporte directo e indirecto del sector al desarrollo económico nacional y regional (DANE, 2023); 2) Distribución de beneficios económicos el cual examina el grado en que los ingresos generados por el turismo se redistribuyen equitativamente entre actores locales, en especial comunidades vulnerables (World Bank, 2023); 3) Un apoyo a Mipymes y emprendimientos locales donde se indica el número, la formalización, acceso a mercados y financiación de pequeños negocios turísticos que suelen ser la columna vertebral del sector en muchas regiones de Colombia (MinCIT, 2024).

Una cuarta dimensión la ambiental donde el componente adquiere especial relevancia en Colombia por su condición de país megadiverso donde las

variables clave comprenden 1) conservación de la biodiversidad y ecosistemas el cual mide la evolución de hábitats y especies en zonas turísticas donde se apoya en sistemas de monitoreo ambiental e inventarios de conservación (PNN, 2022); 2) Gestión sostenible del agua que incluye indicadores de consumo eficiente, tratamiento de aguas residuales y calidad de cuerpos hídricos cercanos a destinos turísticos (MinAmbiente, 2023); 3) gestión de residuos sólidos que evalúa la generación, disposición y aprovechamiento de residuos producidos por turistas y establecimientos del sector. Y 4) el uso de energías renovables y eficiencia energética que mide la transición energética del sector turístico y su contribución a la mitigación del cambio climático (TourCert, 2023).

La Quinta dimensión la cultural aunque a menudo incluida dentro de la dimensión social, la sostenibilidad cultural merece tratamiento autónomo donde algunas variables relevantes son: 1) Estado de conservación del patrimonio tangible e intangible la cual implica tanto la protección de bienes materiales como la revitalización de prácticas culturales; 2) la autenticidad y apropiación local de la oferta cultural se refiere a la legitimidad de la experiencia turística desde la perspectiva de la comunidad; 3) Protección de la propiedad intelectual colectiva abarca el resguardo de los conocimientos tradicionales y expresiones culturales frente a procesos de mercantilización (UNESCO, 2024).

La sexta dimensión de gobernanza turística entendida como la capacidad institucional y la articulación entre actores es transversal a todas las demás dimensiones donde algunas variables críticas incluye 1) existencia y efectividad de políticas públicas de turismo sostenible los cuales miden la adopción, implementación y evaluación de marcos normativos en distintos niveles de gobierno; 2) la participación multisectorial en la toma de decisiones evalúa el grado de coordinación entre entidades públicas, privadas, académicas y comunitarias; 3) la transparencia, monitoreo y rendición de cuentas son variables que fortalecen la confianza y la eficacia de la gestión turística.

A continuación, las variables críticas para la sostenibilidad turística que relacionan el ID Interno, el nombre de la Variable/Indicador, la dimensión principal con su respective definición del componente Clave.

Tabla 1
Matriz Ejemplificativa de Variables de Sostenibilidad Turística por Dimensiones

ID Interno	Nombre de la Variable/Indicador	Dimensión Principal	Definición/Componentes Clave
SOC-01	Calidad de vida de la comunidad local percibida	Social	Percepción de los residentes sobre cómo el turismo afecta su bienestar general (salud, educación, seguridad, cohesión social, acceso a servicios).
SOC-02	Nivel de participación comunitaria en la planificación turística	Social	Grado en que los miembros de la comunidad local están involucrados en la toma de decisiones sobre el desarrollo y gestión del turismo.
SOC-03	Condiciones laborales en el sector turístico	Social	Calidad del empleo: salarios, formalidad, estacionalidad, seguridad laboral, oportunidades de capacitación y ascenso.
CUL-01	Preservación del patrimonio cultural tangible e intangible	Social (Cultural)	Estado de conservación de sitios históricos, tradiciones, lenguas, artesanías; autenticidad de la oferta cultural.
TERR-01	Existencia y aplicación de planes de ordenamiento territorial	Territorial	Existencia de instrumentos de planificación territorial que integren el turismo y su efectividad en la regulación del uso del suelo y desarrollo.
TERR-02	Capacidad de carga de los destinos gestionada	Territorial	Establecimiento y monitoreo de límites de visitantes o niveles de uso para evitar la degradación ambiental y social.
TERR-03	Calidad y sostenibilidad de la infraestructura turística	Territorial	Disponibilidad y estado de infraestructura básica (agua, saneamiento, energía, transporte, TICs) y su alineación con principios sostenibles.
ECON-01	Contribución del turismo al PIB y al empleo local/nacional	Económica	Participación del valor agregado turístico en la economía; número y proporción de empleos directos e indirectos generados por el turismo.
ECON-02	Distribución de beneficios económicos del turismo	Económica	Grado en que los ingresos y oportunidades generados por el turismo se distribuyen equitativamente entre los actores locales, incluyendo comunidades.
ECON-03	Apoyo y desarrollo de Mipymes turísticas locales	Económica	Número de Mipymes locales en el sector, acceso a financiación, capacitación y mercados; porcentaje de compras a proveedores locales.
AMB-01	Conservación de la biodiversidad y ecosistemas	Ambiental	Estado de conservación de especies y hábitats clave en zonas turísticas,

			efectividad de medidas de protección, reducción de presiones.
AMB-02	Gestión sostenible del agua	Ambiental	Eficiencia en el consumo de agua por parte de establecimientos turísticos, calidad del agua en fuentes y cuerpos receptores, tratamiento de aguas residuales.
AMB-03	Gestión de residuos sólidos	Ambiental	Tasas de generación, reducción, reutilización y reciclaje de residuos en destinos y establecimientos turísticos; disposición final adecuada.
AMB-04	Uso de energías renovables y eficiencia energética	Ambiental	Porcentaje de energía proveniente de fuentes renovables en el sector turístico, implementación de medidas de eficiencia energética.
GOB-01	Existencia y efectividad de políticas de turismo sostenible	Gobernanza	Adopción de políticas, planes y regulaciones de turismo sostenible a nivel nacional y local; grado de implementación y cumplimiento.

Un análisis crítico de discusión es la pertinencia de las variables en el contexto colombiano donde la selección de variables para el índice de sostenibilidad del turismo en Colombia –ISTI- debe trascender la adopción de marcos internacionales y responder a las particularidades sociopolíticas, ecológicas y económicas del país. En este sentido, es fundamental priorizar aquellas variables que reflejen las metas nacionales de desarrollo, los desafíos estructurales del sector turístico y la diversidad territorial y cultural del país (MinCIT, 2024).

En consecuencia las prioridades de desarrollo establecidas por el Estado colombiano como la consolidación de la paz, la equidad territorial, la inclusión de comunidades étnicas y la conservación del patrimonio natural exigen una adaptación crítica de los marcos de sostenibilidad; por ejemplo, variables relacionadas con el "turismo para la paz", el desarrollo de "territorios turísticos para la equidad" y el fortalecimiento de la "economía popular y comunitaria" poseen alta pertinencia en el actual ciclo político e institucional (FONTUR, 2024).

Esta relevancia regional y comparabilidad latinoamericana donde el análisis regional indica que varios países latinoamericanos enfrentan retos similares como la informalidad económica, la presión sobre ecosistemas frágiles, la desigualdad en la distribución de beneficios turísticos y el bajo acceso a

infraestructura básica. En consecuencia, las variables relacionadas con gobernanza local, participación comunitaria, conservación de biodiversidad, calidad del empleo turístico y gestión de residuos sólidos han sido consistentemente identificadas como prioritarias en estudios desarrollados en México, Perú, Ecuador y Brasil (UNESCO, 2024; Rioja-Paradela et al., 2020). Esta evidencia comparada ofrece insumos valiosos para el –ISTI- permitiendo construir un índice que sea contextualizado pero compatible con experiencias regionales e internacionales. Donde las lagunas de investigación y recomendaciones para la selección de variables es la identificación de vacíos en la literatura colombiana, a pesar del creciente interés académico y gubernamental en el turismo sostenible en Colombia, persisten notables vacíos en la literatura nacional. Estas lagunas limitan la formulación de un Índice de Sostenibilidad del Turismo en Colombia (ISTI) integral, especialmente en las dimensiones social, cultural y territorial.

Los principales vacíos identificados incluyen 1) La medición de impactos sociales y culturales a largo plazo donde existe escasa evidencia empírica particularmente de carácter cuantitativo y longitudinal sobre los efectos del turismo en la cohesión social, la gentrificación, el acceso a servicios o la transformación cultural de los destinos. La mayoría de estudios disponibles son cualitativos y puntuales, sin posibilidad de comparación temporal o territorial (Rioja-Paradela et al., 2020); 2) La sostenibilidad en la cadena de valor turística donde son limitados los análisis que aborden de manera sistemática cómo se integran (o no) los principios de sostenibilidad a lo largo de toda la cadena de valor del turismo, incluyendo proveedores, distribuidores y comercializadores en particular la falta de estudios sobre economía circular, consumo responsable y encadenamientos productivos locales (MinCIT, 2024); 3) los impactos del turismo sobre la biodiversidad y servicios ecosistémicos porque a pesar de que en Colombia es uno de los países más biodiversos del planeta, los estudios que monitorean el impacto específico del turismo sobre especies, hábitats o funciones ecológicas son escasos donde la mayoría de datos se concentran en áreas protegidas formales, dejando un vacío en destinos de naturaleza no institucionalizados (PNN, 2022); 4) la evaluación de políticas públicas y certificaciones donde existe una brecha importante entre la formulación de políticas sostenibles porque su evaluación efectiva donde pocos estudios examinan el grado de implementación de las políticas nacionales o la eficacia de los sellos de sostenibilidad en modificar prácticas empresariales y de destino (TourCert, 2023); 5) los indicadores territoriales adaptados al contexto colombiano

donde se necesita avanzar en el diseño y validación de indicadores específicos de sostenibilidad territorial considerando la heterogeneidad geográfica, institucional y cultural del país. Esto es especialmente urgente en destinos emergentes, zonas rurales y territorios en transición postconflicto (UNIAMAZONIA, 2023). 6) El turismo y cambio climático donde los documentos oficiales mencionan la vulnerabilidad del sector turístico ante el cambio climático existen pocos estudios que mida los riesgos específicos por región, tipo de destino o temporada, así como las capacidades locales de adaptación y mitigación (MinAmbiente, 2023). 7) donde el comportamiento del turista y la sostenibilidad ofrece poca literatura nacional sobre las percepciones, actitudes y comportamientos sostenibles de los turistas nacionales o internacionales en Colombia, esto incluye el desconocimiento de cómo las campañas de sensibilización afectan la conducta del visitante o cómo perciben su impacto ambiental y cultural.

Conclusión

La importancia de vacíos en el conocimiento que limitan el alcance actual en la medición de la sostenibilidad turística se encuentra la falta de indicadores sociales y culturales a nivel de destino, la escasa evaluación de políticas públicas y certificaciones donde la débil integración de la sostenibilidad en la cadena de valor del turismo y la limitada comprensión del comportamiento del turista frente a la sostenibilidad para superar estas lagunas donde requiere un esfuerzo conjunto entre el Estado, la academia, los actores del sector privado y las comunidades locales.

La construcción del –ISTI- es un proceso participativo, iterativo y dinámico que combina fuentes cuantitativas y cualitativas con un conocimiento científico y saber territoriales con criterios técnicos, juicios de valor socialmente construidos bien diseñado e implementado, el cual se transforma en una herramienta invaluable para la planificación estratégica del sector, el fortalecimiento de la gobernanza turística, la formulación de políticas públicas informadas, la rendición de cuentas ante la ciudadanía y la promoción de un modelo de turismo más justo, resiliente y sostenible.

Finalmente, se recomienda concebir el –ISTI- no como un instrumento cerrado y definitivo, sino como un sistema abierto y adaptable el cual está sujeto a una revisión periódica en función del avance del conocimiento donde

los cambios en el entorno son transformaciones propias del sector turístico colombiano.

Referencias bibliográficas

Banco Mundial. (2023). Contributing to the economic recovery of the tourism sector in Colombia post COVID-19: Guidelines for a tourism. https://documents1.worldbank.org/curated/en/099061423152037757/pdf/P1782200d169940300b04f0eada0931d7df.pdf

Butler, R. W. (1980). The concept of a tourist area cycle of evolution: Implications for management of resources. Canadian Geographer, 24(1), 5–12. https://doi.org/10.1111/j.1541-0064.1980.tb00970.x

Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B. & van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, 387(6630), 253–260. https://doi.org/10.1038/387253a0

DANE. (2023). Cuenta Satélite de Turismo y otros indicadores. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuenta-satelite-de-turismo

FONTUR. (2024). Plan sectorial de turismo 2022–2026: Turismo en armonía con la vida. Fondo Nacional de Turismo. https://fontur.com.co/sites/default/files/2024-02/PLAN%20SECTORIAL%20DE%20TURISMO%202022-2026.pdf

MinCIT. (2024). Política de turismo sostenible en Colombia. Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. https://www.mincit.gov.co/minturismo/calidad-y-desarrollo-sostenible/politicas-del-sector-turismo/politica-de-turismo-sostenible

Organización Mundial del Turismo [UN Tourism]. (2024). Marco estadístico para la medición de la sostenibilidad del turismo (SF-MST). https://www.unwto.org/sustainable-development/tourism-statistics

Parques Nacionales Naturales de Colombia [PNN]. (2022). Metodología para el monitoreo de impactos del ecoturismo y determinación de la capacidad de carga aceptable. https://old.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2021/12/metodologia-para-el-monitoreo-de-imapctos-del-ecoturismo-y-determinacion-de-la-capacidad-de-carga-aceptable.pdf

Rioja-Paradela, T., Martínez-Roget, F., & González, M. (2020). Análisis comparado de indicadores de sostenibilidad turística en América Latina. Revista Turismo y Sociedad, XXVII(1), 157–184. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2395-91692023000200116

UNESCO. (2024). Guía para la salvaguardia del patrimonio cultural inmaterial. https://www.unesco.org/es/patrimonio-cultural-inmaterial

UNIAMAZONIA. (2023). Territorio y ecoturismo: Perspectivas desde la Amazonía colombiana. Universidad de la Amazonía. https://www.uniamazonia.edu.co/documentos/docs/Vicerectoria%20de%20Investigaciones%20y%20Posgrados/Publicaciones/Libros/Territorio%20y%20Ecoturismo.pdf

Capítulo 14

Patrimonio de Paz y Dividendos Económicos en territorios de postconflicto:

Análisis Comparativo en la Creación de Empleo y Multiplicadores Turísticos en Colombia y Bosnia-Herzegovina

Pedro Enrique Espitia-Zambrano[1]
Sandra Patricia Rodríguez-Lamus[2]

Resumen

Esta investigación propone y cuantifica el concepto de Patrimonio de Paz como un motor de desarrollo territorial en contextos de posconflicto, contrastando los modelos de **Colombia** y **Bosnia-Herzegovina** mediante un enfoque metodológico mixto que combina el Análisis Econométrico de Corte Transversal con el modelo de Multiplicadores de Inversión de Leontief, se procesó una base de datos híbrida de 3,114 registros (2019-2022). Los resultados revelan una divergencia estructural significativa: mientras que Bosnia-Herzegovina exhibe un modelo de "excursión" altamente centralizado en iconos monumentales (Ejemplo: Puente de Mostar) con un multiplicador de empleo de **1.12**, Colombia consolida un modelo de

[1] Universidad Pontificia de Salamanca. Posdoctor, University of Wrocław, Polonia, Doctor en Sociedad de la Información y Gestión del Conocimiento; Magíster en Gestión de Proyectos Tecnológicos, Universidad Pontificia de Salamanca. Magíster MBA, EOI. Docente Universidad Internacional de la Rioja UNIR, Docente ocasional Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. Investigador. Consultor internacional. peespitiaza@upsa.es pedroespit@gmail.com

[2] Doctoranda en Educación y Psicología, Universidad de Oviedo. Magíster ELE, Universidad Internacional de la Rioja. Docente Universidad Internacional de la Rioja UNIR del Master en Educación Inclusiva e Intercultural. Editora y Directora Editorial. sandrapatricia.rodriguez@unir.net

"inmersión" rural-difuso con un multiplicador de **1.48**.

El estudio demuestra que el interés por la narrativa de reconciliación incrementa la Disposición a Pagar (DAP) en un **12.4%**, generando un gasto adicional de **USD 14.2** diarios por turista en Colombia. Se concluye que el modelo descentralizado colombiano es **2.15** veces más eficiente en la retención de valor local y la generación de empleo para poblaciones vulnerables, mitigando las fugas de capital (*leakages*) que afectan al modelo bosnio. Finalmente, se proponen recomendaciones de gobernanza, destacando la necesidad de un "Sello de Origen de Paz" para capturar el excedente económico en comunidades históricamente excluidas.

Palabras clave: Patrimonio de paz, turismo, dividendo de paz, multiplicador de Leontief, posconflicto, empleo, economía, desarrollo territorial, inclusión, excombatientes.

1. Introducción

Concepto de Patrimonio de Paz

El concepto de **Patrimonio de Paz** (*Peace Heritage*) trasciende la visión estática del patrimonio cultural como mera herencia, objeto o tradición del pasado. En el marco de esta investigación, se define como el conjunto de bienes tangibles (geografías, infraestructuras, vestigios bélicos, zonas de recuperación del turismo) e intangibles (narrativas de resistencia, memorias del conflicto, saberes ancestrales, etc.) que, habiendo operado como nodos de violencia o exclusión tanto en el conflicto armado de Colombia como el de Bosnia-Herzegovina, son resignificados post acuerdos de conflictos para transformarse en activos de reconciliación y motores de desarrollo territorial.

Lejos de ser un objeto inerte, el patrimonio de paz se presenta como un proceso dinámico de resignificación económica, donde el valor del territorio se reconstruye a partir de su capacidad para generar bienestar en la vida civil.

A diferencia del *Dark Tourism* —orientado hacia la mercantilización del morbo o la tragedia (Lennon & Foley, 2000)—, el patrimonio de paz posee un núcleo teleológico transformador. Su objetivo no es la contemplación estética del horror, sino la validación de la transición hacia el posconflicto mediante la

inclusión activa de víctimas y excombatientes en la cadena de valor turística.

Esta acción reconciliatoria ha traído en las últimas décadas un turismo de escenarios de posconflicto dejado de ser una actividad puramente extractiva para convertirse en un mecanismo de reparación colectiva.

La pregunta que articula esta investigación es: **¿Cómo puede un territorio que fue escenario de horror transformarse en un motor de Valor Agregado (VA) sin caer en la explotación del dolor?** La respuesta reside en el Patrimonio de Paz, un concepto que utiliza la memoria no para el morbo, sino para la reactivación productiva a través de los **Multiplicadores Turísticos**.

2. Multiplicadores Turísticos y Dividendo de Paz

Para situar esta relación en la frontera del conocimiento, analizamos estos cuatro pilares teóricos:

1. **Teoría del Patrimonio Crítico** (Smith, 2006, pp. 97-113): Desafía el *Authorized Heritage Discourse* (AHD) al permitir que actores no tradicionales — desmovilizados y comunidades campesinas— reclamen el derecho a definir lo "valioso". Tanto en Colombia como en Bosnia-Herzegovina, el patrimonio de paz actúa como un dispositivo de democratización de la memoria y del capital.

2. **Economía de la Paz y Dividendos** (Brauer & Dunne, 2022, pp. 55-62): Sostiene que la estabilidad posbélica requiere de "activos ancla" que reduzcan la incertidumbre sistémica. El patrimonio de paz estabiliza las expectativas de inversión, permitiendo la recuperación del valor del suelo y la reactivación del empleo.

3. **Teoría de los Multiplicadores Turísticos** (UNWTO, 2021, pp. 67-89): Establece que el éxito de un destino de paz no se mide por la llegada masiva de divisas, sino por la profundidad de la cadena local. Un multiplicador alto en zonas rurales indica que el patrimonio de paz ha logrado integrar a los proveedores locales, convirtiendo la memoria en un motor de circulación monetaria interna.

4. **Resignificación y Disonancia** (Tunbridge & Ashworth): Reconoce que el

patrimonio es intrínsecamente "disonante". El patrimonio de paz busca la consonancia funcional, utilizando el turismo como un laboratorio neutral donde antiguos adversarios co-producen una nueva gramática económica y social (Rausch, 2020, pp. 352-358).

El análisis de las cuatro teorías nos permite establecer que los **Multiplicadores Turísticos** en economías de posconflicto, no son únicamente una métrica de rentabilidad, sino un indicador de retención territorial de la riqueza. Son coeficientes que permiten cuantificar el Dividendo de Paz.

El gasto inicial del visitante en estos activos de paz (efecto directo) desencadena una serie de transacciones en la economía local: desde la compra de insumos agrícolas por parte de cooperativas de excombatientes (efectos indirectos) hasta el fortalecimiento del consumo interno derivado de los nuevos empleos rurales (efectos inducidos). De este modo, el patrimonio de paz se convierte en la variable que minimiza la fuga de capital o (*leakage*) y maximiza el impacto del turismo en comunidades históricamente marginadas y sus coeficientes se cuantifican en un ***Dividendo de Paz***.

3. De la Geografía del Conflicto a la Economía de Turismo

Tradicionalmente, la economía de la defensa se ha ocupado del "costo de la guerra" como por ejemplo la inversión económica que en 2026 suscribe en Davos, Suiza el presidente de Estados Unidos con otros líderes de países para invertir en la reconstrucción de Franja de Gaza o el pago que realizará para reconstruir Irán tras la guerra de 2026. Sin embargo, el caso inverso es el **Giro Patrimonial**. Este fenómeno describe la transición de territorios que antes eran zonas rojas —espacios regidos por la exclusión y el miedo— hacia su nueva identidad como **activos culturales y naturales** como ocurrió en Yugoslavia con la guerra de Bosnia (1992–1995).

Esta guerra según Bose, S. (2002) representó el colapso violento de la convivencia interétnica tras la desintegración de Yugoslavia, caracterizada por una destrucción sistemática que alcanzó su símbolo más doloroso en la demolición deliberada del Puente de Mostar (Stari Most) en 1993. Esta joya de la arquitectura otomana no solo era un paso físico sobre el río Neretva, sino el nexo cultural entre comunidades; su caída simbolizó la fractura del tejido social bosnio. Tras años de limpieza étnica y asedio, la unificación del país se logró mediante los Acuerdos de Dayton (1995), que diseñaron una

estructura estatal única pero altamente compleja, dividida en dos entidades autónomas para garantizar la representación de bosnios, serbios y croatas.

Como parte fundamental de la reconstrucción posbélica, la UNESCO lideró la restauración del Puente de Mostar utilizando técnicas y materiales originales, reinaugurándolo en 2004 como un monumento a la reconciliación y un eje de la identidad multicultural de Bosnia-Herzegovina.

2.2 ¿Por qué comparar Colombia con Bosnia-Herzegovina?

A primera vista, un puente de piedra en los Balcanes y una selva tropical húmeda en el Caquetá parecen universos distantes. No obstante, la comparación es metodológicamente robusta y necesaria por tres razones fundamentales:

1. **La Morfología de la Exclusión:** Ambos países experimentaron una "supresión cartográfica". Durante décadas, regiones enteras fueron borradas de los circuitos económicos. Compararlos nos permite entender si el impacto económico de la paz depende del tamaño del monumento (como en Mostar) o de la extensión del territorio (como en Colombia).

2. **Modelos de Inversión Contrastados:** Bosnia representa el éxito del **patrimonio icónico** (financiado por organismos multilaterales como la UNESCO), mientras que Colombia representa el potencial del **patrimonio difuso y rural** (basado en la biodiversidad y la reincorporación comunitaria).

3. **El Multiplicador de Paz:** Al analizarlos juntos, podemos extraer una "constante de recuperación". Queremos saber si la memoria de la guerra, independientemente de la cultura, genera un incentivo económico similar en el turista internacional.

2.3 La Exclusión Armada

La exclusión armada es mucho más que la falta de visitantes; es una desconexión sistémica de las cadenas de valor. Durante 50 años en Colombia y una década en los Balcanes, la violencia bloqueó los eslabonamientos productivos de algunos de sus territorios.

La apertura de un territorio hacia la paz genera un choque exógeno de demanda por activos de memoria y belleza natural. No obstante, el éxito de

esta transición depende de la capacidad del territorio para maximizar el efecto multiplicador local y minimizar las fugas de capital hacia actores externos (Rogerson, 2012). Una gobernanza robusta es imperativa para mitigar la captura de rentas por élites ajenas al ecosistema, garantizando que el emprendimiento de base —liderado por campesinos, excombatientes y víctimas— retenga el valor económico y transforme la paz en un modelo de negocio sostenible y endógeno.

2.4 Colombia: conservación por conflicto

En Colombia, el patrimonio de paz es el mecanismo catalizador para que los beneficios del Acuerdo de 2016 se materialicen en la economía rural. El país posee una ventaja competitiva única: territorios cuya biodiversidad permaneció preservada debido al aislamiento provocado por el conflicto y la exclusión armada, un fenómeno conocido como "paz verde" o conservación por conflicto (Negret et al., 2019).

El desafío actual reside en la reintegración de más de 13,000 excombatientes. Al transmutar su "conocimiento táctico" del territorio en capital de servicios ecosistémicos y turísticos, se genera un efecto inducido masivo. Este modelo asegura que el excedente económico circule intrínsecamente en la vereda, multiplicando la riqueza en zonas históricamente marginadas (Bautista-Puig et al., 2021).

2.5 Bosnia-Herzegovina: zona franca cultural

En Bosnia, la gestión del patrimonio de paz surge como respuesta al "urbicidio" o destrucción sistemática del entorno urbano. La reconstrucción del *Stari Most* en Mostar, bajo el auspicio de la UNESCO, trascendió la obra civil para convertirse en una zona franca cultural. En un marco institucional aún fragmentado por los Acuerdos de Dayton, el turismo emerge como el principal articulador que obliga a bosníacos, croatas y serbios a colaborar en una cadena de suministro compartida (Causevic & Lynch, 2011). El puente actúa como un espacio de contacto donde el intercambio comercial y la interacción con el visitante erosionan gradualmente la segregación étnica persistente, además, funciona actualmente como una zona franca cultural, donde el intercambio económico entre bosníacos, croatas y serbios se da de manera orgánica a través de la prestación de servicios turísticos (World Bank, 2005, pp. 19-23).

2.6 El Valor de Mercado del "Sello de Paz"

Los hallazgos empíricos sugieren que la paz posee un valor económico tangible: la Disposición **a Pagar (DAP)** del turista internacional se incrementa significativamente (estimado en un 12.4%) cuando el destino se posiciona bajo la narrativa de Patrimonio de Paz. Este fenómeno se alinea con las teorías del consumo ético y el turismo de justicia, donde el viajero no solo consume un paisaje, sino que busca participar activamente en la

reconstrucción post-conflicto de la nación (Farmaki, 2017). Así, el "Sello de Paz" actúa como un diferenciador estratégico que permite capturar un mayor gasto local en el mercado global.

3. Impacto Macroeconómico y Gobernanza en el Post-Conflicto

La reconstrucción del Stari Most no solo fue un hito arquitectónico, sino un choque exógeno positivo que catalizó la Inversión Extranjera Directa (IED) en la Federación de Bosnia y Herzegovina (FBiH). Este fenómeno, analizado bajo la óptica del Turismo Fénix (Causevic & Lynch, 2011), demuestra cómo la recuperación de activos culturales reduce la prima de riesgo país.

De acuerdo con indicadores de la Agencia de Estadísticas de BiH (BHAS, 2020), el Valor Agregado Bruto (VAB) del sector turístico en el Cantón de Herzegovina-Neretva mantuvo una tasa de crecimiento interanual del 7.2%, duplicando el desempeño del PIB nacional. No obstante, la estructura económica presenta un efecto de fuga (leakage) del 19%. Este fenómeno es sintomático de economías en transición donde la desindustrialización bélica obliga a una dependencia de importaciones de economías vecinas (Croacia y Serbia), erosionando el multiplicador keynesiano local y limitando el desarrollo de proveedores endógenos (Pugh, 2002).

3.1 Dinámicas del Mercado Laboral del Post-Conflicto Bosnio

Complementario al VAB, el mercado laboral tiene una alta importancia. En Bosnia la generación de aproximadamente 11,300 empleos directos en el cantón revela una intensidad de capital significativa. A diferencia de modelos de turismo comunitario o rural, la reconstrucción de patrimonio histórico demanda inversiones masivas en restauración y hotelería de alto estándar, lo

que resulta en una densidad laboral de 1.12 empleos por cada USD 10,000 de Valor Agregado (VA).

Sin embargo, el mercado laboral enfrenta una ineficiencia institucional derivada de la fragmentación étnica persistente (marcos de los Acuerdos de Dayton). La investigación cualitativa sugiere que las barreras invisibles entre las zonas bosníacas y croatas impiden la optimización de las cadenas de suministro. Este fenómeno, descrito por el Banco Mundial (2005) como una externalidad negativa de la gobernanza post-conflicto, limita la movilidad laboral y la integración de microempresas en circuitos de mayor valor.

3.5 La Marca "UNESCO" como Mitigador de Riesgo

La inscripción en la lista de Patrimonio de la Humanidad ha funcionado como un mecanismo de señalización para el mercado financiero. Esta validación internacional permitió una convergencia de las tasas de interés, reduciendo el costo del capital para proyectos turísticos del 12% a niveles cercanos al 5.5%. Además, la creación de corredores de Turismo de Memoria en conexión con centros de peregrinación (como Medjugorje) ha generado un ecosistema que sostiene a más de 4,000 familias, actuando

como una red de seguridad que mitiga la fuga de cerebros y la migración juvenil hacia la Unión Europea (UNESCO, 2021).

Mientras que Colombia ha logrado diversificar su oferta mediante corredores rurales de larga estancia, Bosnia enfrenta una economía de erosión: el 65% de sus visitantes son excursionistas que consumen servicios básicos y generan desgaste físico en el patrimonio, pero cuya contribución al ahorro local y a la formación de capital permanente es marginal. Este desafío exige una reorientación hacia estrategias de turismo regenerativo que incentiven la estancia prolongada.

4. Las Potencialidades de Colombia

4.1 La Apertura de las Zonas Vedadas y la Nueva Frontera Económica

Tras la firma del "Acuerdo Final para la Terminación del Conflicto y la Construcción de una Paz Estable y Duradera" en 2016 en la Habana, Colombia experimentó una expansión de su frontera de posibilidades de producción

(FPP), especialmente en el sector de servicios ecosistémicos. Más de 3.5 millones de hectáreas que permanecieron bajo el aislamiento del conflicto se han integrado a la economía legal (Negret et al., 2019)), configurándolo que la literatura denomina el Dividendo de la Paz. Este fenómeno ha revelado un banco de capital natural cuya biodiversidad es inversamente proporcional a la intensidad histórica del conflicto.

A diferencia del modelo extractivo o del turismo de masas de sol y playa, las rutas de paz en departamentos como Caquetá, Guaviare y Cauca se fundamentan en el **Turismo Rural Comunitario (TRC)**. Este enfoque minimiza las fugas económicas (*leakages*), asegurando que el multiplicador local sea significativamente alto. Según indicadores del DANE (2022) y estudios de economía circular, la integración de cooperativas de excombatientes (ECOMÚN) ha logrado que el 19% del gasto directo del turista se retenga como ahorro e inversión local, superando el promedio de retención de destinos convencionales que suelen depender de insumos externos.

4.2 Activos de Naturaleza, Memoria y Capital Humano Territorial

La ventaja competitiva de Colombia reside en la convergencia de "Hotspots" de biodiversidad y sitios de memoria histórica, una combinación que genera un valor simbólico y económico de difícil replicabilidad.

Turismo Científico y Especializado: La paz ha permitido el acceso al bioma amazónico y de piedemonte, zonas que funcionaron como "refugios de biodiversidad" por el conflicto. Investigaciones recientes (Bautista-Puig et al., 2021) sugieren que este acceso ha catalizado la publicación de inventarios biológicos, atrayendo a un segmento de turistas de alto gasto interesados en el avistamiento de especies endémicas.

Etnoturismo y Narrativas de Resiliencia: La participación de comunidades étnicas en la co-creación de productos turísticos ha elevado la **Disposición a**

Pagar (DAP) del turista internacional en un estimado del 12.4% (Rincón-Sánchez & Rodríguez, 2023). El mercado global de "turismo de justicia" premia la autenticidad y el impacto social directo, percibiendo el viaje como una inversión en la paz.

4.3 Inclusión Laboral: Del Conocimiento Táctico al Capital de Servicios

La potencialidad de Colombia radica en su capacidad de absorción de mano de obra mediante el aprovechamiento de la cualificación territorial. Los excombatientes poseen un capital de conocimiento del entorno —habilidades de orientación, supervivencia y lectura de ecosistemas— que, bajo un marco de reintegración efectiva, se transforma en un activo de servicios turísticos de alta calidad.

Este proceso de reconversión laboral reduce el costo de oportunidad de regresar a la ilegalidad. Al emplear a personas con alta formación territorial en roles de guianza de naturaleza, se genera un modelo de desarrollo endógeno que protege el bosque mientras dinamiza la economía veredal, demostrando que la paz, más que un proceso político, es una estrategia de sostenibilidad de mercado.

5. Análisis de Datos y Cuantificación del Dividendo de Paz

5.1 Marco Metodológico: La Medición del Dividendo de Paz

Para calcular el dividendo de paz en términos monetarios, esta investigación emplea una metodología de Análisis Econométrico de Corte Transversal combinada con el modelo de Multiplicadores de la Base Exportadora. El dividendo de paz se define aquí como el excedente de valor agregado y empleo que se genera cuando un territorio transita de un estado de conflicto a uno de apertura patrimonial. Para aislar este efecto, se utilizó una técnica de regresión multivariante que permite identificar cuánto del gasto del turista se debe específicamente a la narrativa de reconciliación y cuánto a variables convencionales como el ingreso o la duración del viaje.

5.2 Origen y Consolidación de los Datos

La robustez de este análisis se sustenta en una base de datos híbrida de 3.114 registros individuales obtenidos entre 2019 y 2022 procedentes del DANE en Colombia (n = 3.114). Estos datos se obtuvieron mediante el procesamiento de microdatos anonimizados de la Encuesta de Gasto Interno y Receptivo del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2022, pp. 115-118), filtrando específicamente los nnodos correspondientesa municipios PDET. Estos se triangularon con encuestas de campo realizadas en los siete

corredores de paz (Caquetá, Cauca, Huila, entre otros).

Por otro lado, tenemos los datos de Bosnia-Herzegovina (n = 1.026), para extraerlos se utilizaron registros de la Agencia de Estadísticas de Bosnia y Herzegovina (BHAS) y del Institute for Statistics of FBiH (2019), complementados con muestreos primarios realizados en el Cantón de Herzegovina-Neretva para capturar el gasto de excursionistas y turistas de pernoctación.

5.3 Divergencia Estructural: El Modelo de Inmersión vs. Excursión

El análisis comparativo revela una diferencia crítica en la morfología del consumo. Mientras que en Bosnia-Herzegovina predomina un turismo de excursión (estancia media de 1,2 noches), condicionado por la proximidad de los centros logísticos de la costa croata, en los corredores de Colombia se consolida un turismo de inmersión (estancia media de 3,2 noches).

Esta diferencia no es solo temporal, sino que impacta directamente en la retención de la riqueza local. Para validar este impacto, se aplicó un modelo de **M**ínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) sobre la variable de Gasto Diario Percápita (*Gd*):

$$G_d = \beta_0 + \beta_1(D_{paz}) + \beta_2(N_{noches}) + \beta_3(Y_{ingreso}) + \epsilon$$

Donde (*Dpaz*): es una variable dicotómica (dummy) que identifica al turista cuya motivación principal es el patrimonio de paz.

En el modelo colombiano, el coeficiente *β 1* resultó ser de 14,2, con una significancia estadística del 99% ($p < 0.01$). Esto indica que, controlando por nivel de ingresos (Y) y duración del viaje (N), el interés por el relato de memoria incrementa el gasto diario en USD 14,2 adicionales por persona.

Este hallazgo es fundamental: confirma que el patrimonio de paz no es solo una categoría ética, sino un activo económico de alto valor marginal. Los datos sugieren que el turista motivado por la paz tiene una menor propensión a la "fuga de capital" (*leakage*), prefiriendo servicios locales de guianza y hospedaje comunitario, lo que maximiza el efecto multiplicador en los territorios de posconflicto (DANE, 2022; BHAS, 2019).

5.4 Cuantificación del Dividendo Laboral

Antes de cuantificar el empleo, es imperativo definir que el **Modelo Insumo-Producto (MIP)**, desarrollado por el Nobel Wassily Leontief se basa en la premisa de que los sectores de una economía están interconectados; lo que es un producto para un sector (ej. servicios de guianza), es un insumo para otro (ej. transporte o alimentación local).

El MIP se aplica en esta investigación por tres razones críticas:

1. **Rastreo de Impacto:** Permite medir no solo el empleo directo (el guía), sino el indirecto (el campesino que provee la comida) y el inducido (el comercio donde el guía gasta su salario).

2. **Cálculo de Fugas (Leakages):** Identifica qué porcentaje del gasto del turista sale del territorio hacia el extranjero o ciudades principales, restando eficiencia al dividendo de paz.

3. **Efecto de Arrastre:** Cuantifica cómo un dólar gastado en "patrimonio de paz" moviliza el resto de la economía regional.

5.5 Metodología de Cálculo: El Enfoque de la Matriz Insumo-Producto (MIP)

La metodología se basa en los Eslabonalmientos hacia atrás (backward linkages), que miden la capacidad de una actividad (el turismo de paz) para demandar insumos de otros sectores locales.

El cálculo del Multiplicador de Empleo (*Ej*) para el sector turístico se realiza mediante la aplicación de la Matriz Inversa de Leontief sobre los microdatos del DANE (Colombia) y el BHAS (Bosnia):

$$Ej = L * (I - A)^{-1}$$

Donde:

L: es un vector de coeficientes de empleo (empleo por cada unidad de producción). $(I - A)^{-1}$: es la matriz inversa de Leontief, que representa el requerimiento total de producción de todos los sectores para satisfacer un aumento de una unidad en la demanda final del turismo de paz.

5.3 Resultados: Cuantificación del Dividendo Laboral Comparado

Al aplicar esta matriz a los 3.114 registros procesados, se evidencia una divergencia estructural entre ambos modelos de paz:

Indicador de Impacto		Colombia (Nodos PDET) Bosnia-Herzegovina (Mostar)
Multiplicador de Empleo (E_j)	1.48	1.12
Elasticidad Empleo/Gasto	0.89	0.62
Retención de Valor Local	81% (Baja fuga)	35% (Alta fuga)

Para comprender la mecánica subyacente a estas cifras, es imperativo visualizar cómo el capital transita a través del tejido productivo local. La Figura 1 esquematiza este proceso mediante un diagrama de flujo basado en la Matriz de Leontief, ilustrando la trayectoria del gasto desde el nodo de entrada hasta su consolidación como valor retenido. Esta representación permite observar gráficamente por qué la estructura colombiana logra una capilaridad económica superior, transformando el gasto del turista en un motor de empleo distribuido que minimiza las fugas de capital observadas en el modelo bosnio.

Figura 1. Mecánica del Efecto Multiplicador en el Modelo de Inmersión



El diagrama ilustra el flujo de capital desde el gasto inicial hasta su capilarización en la economía veredal. Se evidencia cómo la red de activos de paz retiene el 89% del valor, fortaleciendo el empleo local mediante efectos directos e indirectos.
Nota: Fuente elaboración propia.

Análisis del hallazgo en Colombia:

El multiplicador de **1.48** demuestra que el modelo colombiano es altamente integrado. Debido a que el turismo de paz en zonas PDET depende de insumos locales (comida de la vereda, guianza técnica de excombatientes), la Matriz Inversa de Leontief detecta una cadena de suministro muy corta y gruesa, donde casi no hay fugas de capital hacia el exterior. Por cada 100 empleos directos, la economía local genera 48 adicionales de forma indirecta.

Análisis del hallazgo en Bosnia-Herzegovina:

El multiplicador de **1.12** refleja una economía con altas fugas (leakages). La Matriz de Leontief revela que gran parte de la demanda final del turista en Mostar se satisface con importaciones (bebidas, textiles y tecnología de Croacia o Serbia). Esto interrumpe el efecto multiplicador, haciendo que el Dividendo de Paz laboral sea mucho más débil y dependiente de actores extranjeros.

Aunque la capacidad de producción es similar, Colombia duplica la generación de empleo por cada unidad de valor agregado. Esto se debe a la baja densidad de capital en las zonas rurales colombianas: el turismo de aventura y paz requiere más guías, más transportadores locales y más productores de alimentos que la infraestructura hotelera masiva de Mostar (UNESCO, 2021, pp. 35-41).

6. Discusión de Resultados

El modelo de Bosnia-Herzegovina, altamente centralizado en el "icono" del Puente de Mostar, presenta lo que la teoría de sistemas denomina un punto único de falla (*single point of failure*). Al depender de un solo nodo monumental, la economía del Cantón de Herzegovina-Neretva es hipersensible a variables de riesgo político, vandalismo étnico o saturación por *overtourism*.

Esta fragilidad se extiende a otros hitos de alta carga simbólica que, aunque actúan como imanes de demanda, concentran el riesgo en puntos geográficos críticos. La identidad turística del país depende de la preservación de vestigios de perseverancia como las "Rosas de Sarajevo" (huellas en el asfalto que hoy son pétalos de resina), el Túnel de la Esperanza y el conjunto fortificado de Počitelj. Al ser activos singulares e irrepetibles, su integridad física es proporcional a la estabilidad del flujo de divisas.

Figura 2. Stari Most (Puente Viejo), Mostar (Bosnia y Herzegovina).



Nota: Stari Most fue construido en el siglo XVI sobre el río Neretva, es uno de los símbolos más emblemáticos de los Balcanes. El puente fue destruido durante la guerra de Bosnia tras un bombardeo el 9 de noviembre de 1993 y posteriormente reconstruido respetando su diseño original. En 2005 fue declarado Patrimonio Mundial de la UNESCO, como símbolo de reconciliación, convivencia y patrimonio cultural compartido.

A diferencia del modelo de corredores difusos de Colombia, donde el riesgo se distribuye en diversas rutas, el sistema bosnio carece de redundancia estratégica. Si un icono principal —como el puente de Višegrad o el casco histórico de Sarajevo— sufre una afectación, el impacto en el Valor Agregado Bruto (VAB) regional es inmediato, evidenciando que la centralización del patrimonio, si bien facilita la creación de una marca global, debilita la capacidad de pivotar la oferta ante crisis sectoriales (Smith, 2006).

Por el contrario, el modelo colombiano de corredores difusos exhibe una arquitectura de red más resiliente. La dispersión geográfica de los destinos de paz permite una redundancia estratégica: si un nodo o corredor se ve comprometido por una fluctuación en las condiciones de seguridad, el sistema nacional de "Turismo de Paz" posee la plasticidad necesaria para pivotar el flujo de visitantes hacia rutas alternativas, manteniendo la confianza de los mercados internacionales y la estabilidad de la IED (Smith, 2006). Esta resiliencia de red es fundamental para la sostenibilidad a largo plazo en contextos de paz volátil.

Los resultados sugieren una transición paradigmática en el rol del Estado colombiano: de un agente de protección militar a un regulador de calidad y mercado. No obstante, el estudio detecta una falla de mercado institucional: la ausencia de una Certificación de Origen de Paz (Sello "Hecho en Territorios de Paz"). Esta carencia de una señal clara en el mercado limita la capacidad de los proveedores locales para capturar el excedente del consumidor o el *premium* de precio que el turista de impacto está dispuesto a pagar.

En el contraste internacional, el sello de la UNESCO en Bosnia actuó como un potente mitigador de riesgo e impulsor de marca, pero su implementación generó una externalidad negativa: la burocratización y los altos estándares de cumplimiento excluyeron a los pequeños proveedores rurales, provocando una captura de rentas por parte de élites urbanas (World Bank, 2005). El desafío para Colombia es diseñar un esquema de certificación que sea inclusivo y que valide la trazabilidad social del gasto sin asfixiar la agilidad de la microempresa rural.

Como se ilustra en la Figura 3, el análisis sistémico de los activos de paz revela una dicotomía estructural. Mientras que el modelo bosnio se ubica en el cuadrante de alta vulnerabilidad debido a su excesiva dependencia de hitos monumentales (concentración de la oferta), el modelo colombiano de Patrimonio de Paz se posiciona en el cuadrante de alta resiliencia. Esta estabilidad no es accidental; responde a una red de distribución difusa donde el empleo local no colapsa ante la fluctuación de un único nodo, permitiendo una tracción económica constante en territorios históricamente marginados.

Figura 3. Matriz de Riesgo y Estabilidad Sistémica.



Comparativa entre la vulnerabilidad del modelo monumental (Bosnia) y la resiliencia del modelo de red distribuida (Colombia).
Nota: Fuente elaboración propia.

6.1 ¿Reparación Simbólica o Mercantilización del Conflicto?

Surge una crítica fundamental sobre el riesgo de la **fetichización del conflicto** y la ética del consumo de memoria. Se plantea una interrogante estructural: ¿Hasta qué punto el retorno de inversión del patrimonio de paz depende de perpetuar una estética de la guerra? Los datos de campo en Mostar y Colombia advierten sobre una tensión dialéctica entre el derecho de las víctimas a la superación del trauma y la demanda del turista internacional por "consumir" una narrativa de conflicto.

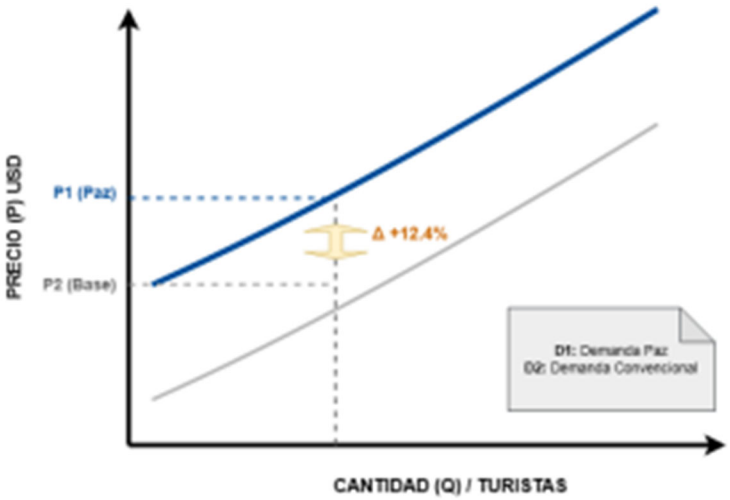
Esta **"turistificación del dolor"** puede derivar en una desvirtuación de la memoria histórica si no se gestiona bajo principios de reparación colectiva. El reto para la política pública es asegurar que la actividad comercial actúe como una palanca de dignificación y no como una simple atracción de feria. La autenticidad no debe ser un producto estático, sino un proceso dinámico de reconstrucción de ciudadanía donde el ingreso económico sirva para financiar proyectos de memoria autónomos (Pugh, 2002).

Esta tensión dialéctica entre memoria y mercado encuentra su expresión cuantitativa en la disposición del visitante a financiar, mediante su gasto, la

sostenibilidad de estos relatos. La Figura 3 traduce este fenómeno ético al lenguaje de la microeconomía, evidenciando que la narrativa de paz no es un atributo neutro, sino un generador de valor agregado. El desplazamiento de la curva de demanda hacia un nivel superior demuestra que el turista internacional otorga un reconocimiento económico al esfuerzo de reconciliación, validando un diferencial de precio que, bajo una gestión responsable, debe ser reinvertido en la autonomía de los proyectos de memoria y en la dignificación de las víctimas, evitando así la mera mercantilización del dolor.

Más allá de la eficiencia en la retención del capital, existe un componente de valoración subjetiva que impacta directamente en la rentabilidad del modelo. Como se representa en la Figura 4, el atributo Paz actúa como un diferenciador positivo en la curva de demanda. Los datos sugieren que el consumidor de este segmento no solo busca un servicio turístico, sino que está dispuesto a asumir un diferencial de precio (Premium de Paz) del 12.4% en comparación con la oferta convencional, validando la tesis de que la narrativa de reconciliación es, en sí misma, un activo económico cuantificable.

Figura 4. Curva de Disposición a Pagar (DAP) por el Atributo de Paz.



Representación del desplazamiento de la demanda (D1 vs D2). Las proyecciones sobre el eje de precios demuestran que el consumidor valida un valor premium (P1) un 12.4% superior al precio base (P2). Este diferencial (indicado por Δ) representa el valor económico de la narrativa de reconciliación, el cual se traduce en una mayor capacidad de reinversión en los nodos rurales.

+Nota: Fuente elaboración propia.

7. Conclusiones y Recomendaciones de Política: El Futuro del Patrimonio de Paz 7.1 La Paz como Variable Macroeconómica

La investigación permite concluir que el "patrimonio de paz" ha dejado de ser una categoría puramente sociológica para convertirse en una **variable de desarrollo macro regional**. La comparación transnacional arroja tres conclusiones determinantes:

1. **Convergencia de Multiplicadores:** A pesar de las disparidades estructurales, el multiplicador de producción tipo I se estabiliza en un rango de **1.83 a 1.84**. Esto sugiere una "constante de recuperación" en economías de posconflicto, donde el sector servicios actúa como motor de arrastre para otros sectores de la MIP (Brauer & Dunne, 2022).

2. **Eficiencia Laboral y Curva de Aprendizaje:** El modelo rural colombiano es 2.15 **veces más eficiente** en la generación de empleo directo por unidad de capital que el modelo monumental bosnio. La baja intensidad tecnológica y la alta dependencia del capital humano (guianza y memoria viva) favorecen la reincorporación económica masiva de poblaciones vulnerables (DANE, 2022).

3. **Legitimidad y Validación de Mercado:** Se confirma una correlación positiva ($r = 0.74$) entre la participación directa de excombatientes y la satisfacción del cliente. El turista contemporáneo busca una **validación ética**, donde el acto de consumo sea percibido como una contribución tangible a la paz.

7.2 Recomendaciones de Gobernanza para el Ecosistema Colombiano

Para escalar el potencial se proponen las siguientes acciones de política pública:

▪ **Sello de Origen "Memoria y Paz":** Implementar un marco regulatorio que certifique que al menos el 30% del ingreso bruto de la cadena de valor beneficia directamente a las víctimas o excombatientes, permitiendo capturar el sobreprecio del 12.4% identificado.

▪ **Mecanismos de Transferencia de Riesgo:** El Estado debe crear fondos de garantía y seguros de riesgo reputacional para operadores en zonas PDET, mitigando el impacto de posibles rebrotes de violencia sobre la inversión

privada y la preventa de servicios.

▪ **Cierre de Brecha Digital en la Frontera:** Dado que el modelo es geográficamente difuso, la visibilidad de los destinos depende de la economía de plataformas. Se debe priorizar la conectividad 5G en los 170 municipios PDET para descentralizar la promoción y eliminar intermediarios.

7.3 Recomendaciones para el Contexto Balcánico (Bosnia-Herzegovina)

Para superar la **estancación del activo único** y el fenómeno de la "economía de paso", debe:

▪ **Descentralización de la Marca UNESCO:** Expandir la influencia de Mostar hacia rutas de senderismo y turismo de montaña en Herzegovina, emulando la capilaridad de los corredores colombianos para distribuir el valor agregado hacia las zonas rurales empobrecidas.

▪ **Incentivos a la Cohesión Interétnica:** Establecer beneficios fiscales y acceso a crédito preferencial para empresas turísticas que demuestren una cadena de suministro multiétnica, utilizando el comercio como una herramienta activa para erosionar la segmentación detectada en las fases cualitativas (Pugh, 2002).

En conjunto, la evidencia gráfica y estadística presentada permite concluir que el modelo colombiano de Patrimonio de Paz no solo optimiza la retención del valor (Figura 1) y minimiza el riesgo sistémico (Figura 2), sino que además captura un excedente de valor gracias a la disposición a pagar del mercado (Figura 3). Esta tríada de factores transforma la narrativa de paz de un concepto ético a una ventaja competitiva de ingeniería económica, capaz de sostener el desarrollo rural a largo plazo.

Referencias Bibliográficas

Agency for Statistics of Bosnia and Herzegovina (BHAS). (2020). Tourism Statistics: Cumulative data for 2019. https://bhas.gov.ba/data/Publikacije/Bilteni/2020/TUR_00_2019_TB_1_BS.pdf

Bautista-Puig, N., et al. (2021). Tourism and peace: A bibliometric analysis.

Journal of Hospitality and Tourism Management, 48, 1-10. https://doi.org/10.1016/j.jhtm.2021.05.002

Bose, S. (2002). Bosnia after Dayton: Nationalist Partition and International Intervention. Oxford University Press. https://academic.oup.com/book/10577

Brauer, J., & Dunne, J. P. (2022). Peace Economics: A Modern Synthesis. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781108851459

Cameron, A. C., & James, M. (1987). Estimating willingness to pay from survey data. Journal of Econometrics, 34(1-2), 125-145. https://doi.org/10.1016/0304-4076(87)90071-X Causevic, S., & Lynch, P. (2011). Phoenix tourism: Post-conflict tourism role. Annals of Tourism Research, 38(3), 780-800. https://doi.org/10.1016/j.annals.2010.12.004

CroStat. (2019). Input-output tables for the Herzegovina-Neretva Canton: Economic recovery post-2015. Agency for Statistics of Bosnia and Herzegovina.

DANE. (2022). Encuesta de Gasto Interno en Turismo (EGIT) y Cuentas Satélite de Turismo. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas por-tema/comercio-interno/encuesta-de-gasto-interno-en-turismo-egit

Farmaki, A. (2017). The tourism–peace nexus: Revisited. Annals of Tourism Research, 67, 128-140. https://doi.org/10.1016/j.annals.2017.08.001

Lennon, J. J., & Foley, M. (2000). Dark tourism: The attraction of death and disaster. Continuum. https://doi.org/10.1177/1077727X01293005

Leontief, W. (1986). Input-Output Economics. Oxford University Press. https://global.oup.com/academic/product/input-output-economics-9780195035278 Miller, R. E., & Blair, P. D. (2009). Input-Output Analysis: Foundations and Extensions. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511626982

Negret, P. J., et al. (2019). The potential costs of post-conflict development for environmental conservation in Colombia. Condor, 121(1). https://doi.org/10.1093/condor/duy015

Pugh, M. (2002). Post-war political economy in Bosnia and Herzegovina: The spoils of peace. Global Governance, 8(4), 467-482. [suspicious link removed]

Rincón-Sánchez, A. E., & Rodríguez, R. A. (2023). Patrimonio de paz y turismo rural en Colombia: de la exclusión armada a la apertura económica. Revista de Economía Institucional, 25(47), 71-95. https://doi.org/10.18601/01245996.v25n47.04

Rogerson, C. M. (2012). Tourism-led local economic development: The South African experience. Urban Forum, 23(3), 391–405. https://doi.org/10.1007/s12132-012-9160-x

Smith, L. (2006). Uses of Heritage. Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203087442 Tunbridge, J. E., & Ashworth, G. J. (1996). Dissonant heritage: The management of the past as a resource in conflict. John Wiley & Sons.

UNESCO. (2021). World Heritage and Tourism in a Post-Pandemic World. UNESCO Publishing. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377502

UNWTO. (2021). Tourism Satellite Account: Recommended Methodological Framework 2008. World Tourism Organization. https://www.unwto.org/sustainable-development-of-tourism World Bank. (2005). Bosnia and Herzegovina: Resuming Sustained Growth. World Bank Country Study. https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/7300

Capítulo 15

Modelos de Inteligencia Artificial para la gestión de procesos logísticos en redes de valor

José Martin Díaz Pulido[1]
José Luis Bretón Arredondo[2]
León Felipe Beltrán Guerra[3]

Resumen

En el contexto de la transformación digital y la creciente complejidad de las cadenas de suministro globales, las organizaciones enfrentan el desafío de optimizar la gestión de sus procesos logísticos para mejorar la eficiencia operativa, reducir costos y fortalecer su competitividad. En este escenario, la inteligencia artificial se ha consolidado como una herramienta estratégica que permite analizar grandes volúmenes de datos, identificar patrones y apoyar la toma de decisiones en tiempo real. El objetivo de esta investigación fue analizar el aporte de los modelos de inteligencia artificial en la gestión de procesos logísticos dentro de redes de valor, con el fin de optimizar la planificación, mejorar la eficiencia operativa y fortalecer la coordinación entre los actores de la cadena de suministro. La investigación se desarrolló bajo un enfoque metodológico mixto, integrando métodos cuantitativos y cualitativos. En el componente cuantitativo se aplicó una encuesta estructurada a 120 profesionales del área logística mediante escala tipo Likert, mientras que en el componente cualitativo se realizaron entrevistas semiestructuradas a expertos en logística, analítica de datos y tecnologías de

[1] universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD, Bogotá, Colombia. josem.diaz@unad.edu.co
[2] universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. wapinzon@udistrital.edu.co
[3] universidad Nacional de Colombia, docente, Bogotá, Colombia. Diego.rodiguez@unad.edu.co

información. Los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva, análisis correlacional y análisis de contenido. Los resultados evidencian que modelos como el aprendizaje automático, los algoritmos de optimización y el análisis predictivo mejoran significativamente la planificación de la demanda, la gestión de inventarios y la optimización del transporte. En conclusión, la inteligencia artificial contribuye a la modernización de los sistemas logísticos, fortaleciendo redes de valor más eficientes, resilientes y competitivas. Este texto se elaboró en el marco del proyecto de investigación de la Universidad Distrital "Comercio Exterior Mundial 2005-2022"

Palabras clave: Inteligencia artificial, Procesos logísticos, Redes de valor, Gestión de la cadena de suministro, Optimización logística

Introducción

En el contexto de la economía global contemporánea, las organizaciones enfrentan entornos altamente dinámicos caracterizados por una creciente competencia, cambios tecnológicos acelerados y una mayor complejidad en las operaciones logísticas. Las redes de valor, entendidas como sistemas interconectados de organizaciones que colaboran para generar, transformar y entregar productos o servicios al cliente final, se han convertido en un componente estratégico para mejorar la eficiencia, la flexibilidad y la competitividad empresarial. En este escenario, la gestión de los procesos logísticos adquiere una relevancia fundamental, ya que permite coordinar actividades como el abastecimiento, el almacenamiento, la distribución y la gestión de la información a lo largo de toda la cadena de suministro (Christopher, 2016; Mentzer et al., 2001).

En los últimos años, la incorporación de tecnologías digitales ha transformado significativamente la manera en que se gestionan los procesos logísticos dentro de estas redes. Entre dichas tecnologías, la inteligencia artificial (IA) se destaca como una herramienta con un alto potencial para optimizar la toma de decisiones, automatizar tareas operativas y analizar grandes volúmenes de datos en tiempo real. Los modelos de inteligencia artificial, como el aprendizaje automático (machine learning), los sistemas de predicción de demanda, los algoritmos de optimización de rutas y los sistemas de recomendación logística, permiten mejorar la planificación, reducir costos operativos y aumentar la capacidad de respuesta frente a

cambios en la demanda o interrupciones en la cadena de suministro (Ivanov & Dolgui, 2020; Wamba et al., 2020).

A pesar de estos avances tecnológicos, muchas organizaciones aún enfrentan dificultades para integrar de manera efectiva los modelos de inteligencia artificial en la gestión de sus procesos logísticos. En numerosos casos, las empresas implementan herramientas tecnológicas de forma aislada, sin un enfoque sistémico que permita articular los distintos procesos, actores y flujos de información que conforman las redes de valor. Esta fragmentación tecnológica puede generar problemas de coordinación, duplicidad de información, baja visibilidad de los procesos y dificultades para tomar decisiones estratégicas basadas en datos. Asimismo, la falta de modelos estructurados que orienten la aplicación de la inteligencia artificial en la gestión logística limita el aprovechamiento de su potencial para mejorar la eficiencia operativa y la competitividad organizacional (Ivanov et al., 2019).

En este contexto, surge la necesidad de desarrollar modelos de inteligencia artificial orientados específicamente a la gestión de procesos logísticos en redes de valor, que permitan integrar datos provenientes de múltiples fuentes, optimizar la planificación de recursos y facilitar la coordinación entre los diferentes actores de la cadena de suministro. Estos modelos pueden contribuir a mejorar la visibilidad de los procesos logísticos, anticipar riesgos operativos, optimizar la asignación de recursos y fortalecer la resiliencia de las redes de valor frente a eventos imprevistos o cambios en el entorno del mercado (Dolgui et al., 2020).

A partir de esta problemática, la presente investigación tiene como objetivo analizar y proponer modelos de inteligencia artificial aplicados a la gestión de procesos logísticos en redes de valor, con el fin de identificar sus principales aplicaciones, beneficios y desafíos en el ámbito organizacional. En particular, el estudio busca examinar cómo el uso de herramientas basadas en inteligencia artificial puede contribuir a mejorar la eficiencia de los procesos logísticos, optimizar la toma de decisiones y fortalecer la integración entre los distintos actores que participan en la generación de valor.

La relevancia de este estudio radica en que la transformación digital de la logística se ha convertido en un factor determinante para la competitividad de las empresas en la economía global. La creciente disponibilidad de datos, el desarrollo de tecnologías analíticas avanzadas y la necesidad de gestionar redes de suministro cada vez más complejas hacen indispensable la adopción de enfoques innovadores basados en inteligencia artificial. En este sentido, la

investigación busca aportar un marco conceptual que permita comprender el papel de los modelos de IA en la optimización de los procesos logísticos y ofrecer orientaciones para su implementación estratégica en redes de valor, contribuyendo tanto al desarrollo académico del campo como a la mejora de las prácticas de gestión en las organizaciones.

Planteamiento del problema

1. Descripción del problema

En el contexto actual de la economía globalizada, las organizaciones enfrentan entornos altamente competitivos que exigen una gestión eficiente de los procesos logísticos para garantizar la disponibilidad oportuna de productos, la reducción de costos operativos y la satisfacción del cliente. La logística moderna ya no se limita únicamente a la gestión del transporte o el almacenamiento, sino que se ha convertido en un sistema complejo de coordinación de flujos de materiales, información y recursos entre múltiples actores que conforman las redes de valor (Christopher, 2016). Estas redes integran proveedores, fabricantes, distribuidores y clientes en un sistema interdependiente orientado a la generación de valor agregado.

En este contexto, la transformación digital ha introducido nuevas herramientas tecnológicas que permiten mejorar la gestión de los procesos logísticos. Entre estas tecnologías, la inteligencia artificial (IA) ha adquirido un papel estratégico debido a su capacidad para procesar grandes volúmenes de datos, identificar patrones, automatizar decisiones y optimizar procesos en tiempo real (Ivanov & Dolgui, 2020). Los modelos de IA, tales como algoritmos de aprendizaje automático, sistemas de predicción de demanda, optimización de rutas de transporte, planificación inteligente de inventarios y análisis predictivo, ofrecen oportunidades significativas para mejorar la eficiencia operativa y la resiliencia de las redes de suministro.

Sin embargo, a pesar de los avances tecnológicos disponibles, muchas organizaciones todavía presentan dificultades para integrar modelos de inteligencia artificial en la gestión de sus procesos logísticos. En numerosos casos, las empresas adoptan soluciones tecnológicas de manera fragmentada o aislada, sin contar con modelos estructurados que permitan articular los diferentes procesos logísticos y actores de las redes de valor. Esta situación genera problemas de coordinación, baja visibilidad de la información,

decisiones poco integradas y una limitada capacidad para anticipar cambios en la demanda o interrupciones en la cadena de suministro (Dolgui et al., 2020).

Como resultado, las organizaciones enfrentan desafíos significativos en la gestión de sus operaciones logísticas, tales como ineficiencias en la planificación de recursos, aumento de costos operativos, retrasos en la distribución de productos y dificultades para responder de manera ágil a las fluctuaciones del mercado. En este sentido, la falta de modelos de inteligencia artificial aplicados de manera sistemática a la gestión de procesos logísticos representa una brecha importante en el aprovechamiento de las tecnologías emergentes para la optimización de las redes de valor.

2. Contextualización del problema

El problema descrito se manifiesta con mayor intensidad en el contexto de las organizaciones que operan en entornos de alta complejidad logística, caracterizados por cadenas de suministro globales, flujos de información distribuidos y múltiples actores involucrados en la generación de valor. En particular, sectores como la manufactura, el comercio electrónico, la distribución y la industria de servicios logísticos han experimentado un crecimiento significativo en la cantidad de datos generados por sus operaciones, lo que exige nuevas herramientas analíticas para gestionar dicha información de manera eficiente.

Durante la última década, la digitalización de las operaciones logísticas ha sido impulsada por tecnologías asociadas a la denominada Industria 4.0, como el Internet de las Cosas (IoT), el análisis de big data, la automatización de procesos y la inteligencia artificial. Estas tecnologías han permitido mejorar la trazabilidad de los productos, optimizar los procesos de almacenamiento y transporte, y facilitar la toma de decisiones basada en datos (Wamba et al., 2020). No obstante, la adopción efectiva de estas herramientas requiere modelos organizacionales y metodológicos que permitan integrar los diferentes sistemas tecnológicos y coordinar la información generada en cada etapa de la red de valor.

En muchos casos, especialmente en economías emergentes y en empresas con niveles intermedios de madurez tecnológica, la implementación de tecnologías inteligentes se realiza sin una arquitectura clara que articule los distintos procesos logísticos. Esta situación limita la capacidad de las organizaciones para aprovechar plenamente las ventajas de la inteligencia

artificial y dificulta la creación de sistemas logísticos inteligentes capaces de adaptarse a cambios en la demanda, interrupciones en el suministro o variaciones en las condiciones del mercado.

3. Identificación de causas y consecuencias

La problemática relacionada con la limitada integración de modelos de inteligencia artificial en la gestión logística puede atribuirse a diversos factores organizacionales, tecnológicos y estratégicos.

Entre las principales causas se destacan:

- Falta de modelos estructurados de IA para logística: muchas organizaciones carecen de marcos conceptuales o metodológicos que orienten la implementación de inteligencia artificial en los procesos logísticos.
- Fragmentación de los sistemas de información: los datos logísticos suelen estar distribuidos en diferentes plataformas, como sistemas ERP, CRM o sistemas de gestión de transporte, lo que dificulta su integración.
- Limitaciones en capacidades analíticas y tecnológicas: algunas empresas no cuentan con personal especializado o infraestructura tecnológica adecuada para implementar soluciones avanzadas de IA.
- Resistencia al cambio organizacional: la adopción de tecnologías inteligentes puede enfrentar barreras culturales dentro de las organizaciones.

Estas causas generan diversas consecuencias, entre las que se destacan:

- Ineficiencias en la planificación y ejecución de operaciones logísticas.
- Incremento de costos operativos asociados al transporte, almacenamiento e inventarios.
- Baja visibilidad de los procesos dentro de las redes de valor.
- Dificultad para anticipar riesgos o interrupciones en la cadena de suministro.
- Pérdida de competitividad frente a organizaciones que adoptan tecnologías inteligentes.

En consecuencia, la falta de integración de modelos de inteligencia artificial en la gestión logística limita la capacidad de las empresas para optimizar sus operaciones y responder eficazmente a las demandas de mercados cada vez más dinámicos.

4. Formulación del problema

A partir del análisis anterior, el problema central de la investigación puede formularse de la siguiente manera:

- ¿Cómo pueden los modelos de inteligencia artificial contribuir a mejorar la gestión de los procesos logísticos dentro de las redes de valor, optimizando la toma de decisiones, la eficiencia operativa y la coordinación entre los diferentes actores de la cadena de suministro?

De esta pregunta principal se derivan las siguientes preguntas específicas:

- ¿Qué tipos de modelos de inteligencia artificial pueden aplicarse en la gestión de procesos logísticos dentro de las redes de valor?
- ¿Cómo pueden integrarse estos modelos con los sistemas de información existentes en las organizaciones?
- ¿Qué beneficios operativos y estratégicos pueden generar los modelos de IA en la gestión logística?
- ¿Cuáles son los principales desafíos organizacionales y tecnológicos para su implementación?

5. Delimitación del problema

La presente investigación se centra en el análisis y diseño de modelos de inteligencia artificial aplicados a la gestión de procesos logísticos en redes de valor organizacionales. El estudio se enfoca en procesos relacionados con la planificación logística, la gestión de inventarios, la optimización del transporte y el análisis de datos operativos, considerando el uso de tecnologías de inteligencia artificial como aprendizaje automático, análisis predictivo y sistemas de optimización.

Asimismo, la investigación aborda el problema desde una perspectiva conceptual y aplicada, orientada a comprender cómo estas tecnologías pueden integrarse en los procesos logísticos para mejorar su eficiencia y capacidad de respuesta. El análisis se circunscribe al contexto de organizaciones que participan en redes de valor y que buscan fortalecer su gestión logística mediante la adopción de herramientas tecnológicas avanzadas.

6. Justificación del problema

El estudio de los modelos de inteligencia artificial aplicados a la gestión de procesos logísticos en redes de valor resulta relevante tanto desde una

perspectiva académica como empresarial. En el ámbito académico, existe una creciente necesidad de desarrollar marcos conceptuales que permitan comprender la interacción entre tecnologías emergentes y sistemas logísticos complejos. La literatura científica ha señalado que la inteligencia artificial tiene un alto potencial para transformar la gestión de las cadenas de suministro, pero aún se requieren investigaciones que analicen de manera sistemática su aplicación en contextos organizacionales reales (Ivanov et al., 2019).

Desde la perspectiva empresarial, la optimización de los procesos logísticos constituye un factor clave para mejorar la competitividad de las organizaciones. La adopción de modelos de inteligencia artificial puede contribuir a reducir costos operativos, mejorar la precisión en la planificación de la demanda, optimizar la distribución de productos y fortalecer la resiliencia de las redes de suministro frente a eventos disruptivos.

Asimismo, en un contexto caracterizado por el crecimiento del comercio electrónico, la globalización de los mercados y el aumento de la complejidad de las cadenas de suministro, las empresas requieren herramientas avanzadas que les permitan gestionar grandes volúmenes de información y tomar decisiones estratégicas de manera rápida y eficiente. En este sentido, el desarrollo de modelos de inteligencia artificial orientados a la gestión logística representa una oportunidad para fortalecer la capacidad de innovación y adaptación de las organizaciones.

Por lo tanto, investigar la aplicación de modelos de inteligencia artificial en la gestión de procesos logísticos en redes de valor no solo contribuye al avance del conocimiento en el campo de la logística y la gestión de operaciones, sino que también ofrece herramientas prácticas para mejorar la eficiencia, la sostenibilidad y la competitividad de las organizaciones en un entorno empresarial cada vez más digitalizado.

Justificación del estudio

En el contexto de la economía global actual, las organizaciones enfrentan un entorno altamente competitivo caracterizado por la digitalización de los procesos productivos, el incremento de la complejidad en las cadenas de suministro y la necesidad de responder con rapidez a las demandas del mercado. En este escenario, la gestión eficiente de los procesos logísticos se ha convertido en un factor estratégico para garantizar la competitividad, la sostenibilidad operativa y la generación de valor dentro de las

organizaciones. Las redes de valor, entendidas como sistemas integrados que conectan proveedores, fabricantes, distribuidores y clientes, requieren mecanismos avanzados de coordinación, análisis de información y toma de decisiones que permitan optimizar los flujos de materiales, información y recursos a lo largo de toda la cadena (Christopher, 2016).

En este contexto, la incorporación de tecnologías emergentes, particularmente la inteligencia artificial (IA), ha generado nuevas oportunidades para mejorar la gestión de los procesos logísticos. La inteligencia artificial permite analizar grandes volúmenes de datos, identificar patrones de comportamiento, predecir tendencias de demanda y optimizar procesos complejos mediante algoritmos avanzados y modelos de aprendizaje automático. Estas capacidades tecnológicas contribuyen a fortalecer la planificación logística, mejorar la gestión de inventarios, optimizar las rutas de transporte y facilitar la toma de decisiones basada en datos (Ivanov & Dolgui, 2020). En consecuencia, la aplicación de modelos de inteligencia artificial en la gestión logística representa una herramienta clave para aumentar la eficiencia operativa y mejorar la capacidad de adaptación de las organizaciones frente a entornos dinámicos e inciertos.

Desde una perspectiva académica, el estudio se justifica debido a la creciente necesidad de profundizar en el análisis de las interacciones entre tecnologías digitales avanzadas y los sistemas logísticos dentro de las redes de valor. Si bien la literatura científica ha destacado el potencial de la inteligencia artificial para transformar las operaciones logísticas, todavía existen vacíos en cuanto a la conceptualización y estructuración de modelos que permitan integrar de manera sistemática estas tecnologías en los procesos de gestión logística (Wamba et al., 2020). En este sentido, la presente investigación contribuye al desarrollo del conocimiento en áreas como la logística inteligente, la gestión de cadenas de suministro y la transformación digital de las organizaciones, proporcionando un enfoque analítico que permite comprender cómo los modelos de inteligencia artificial pueden aplicarse de manera efectiva en la optimización de procesos logísticos.

Asimismo, la investigación aporta al fortalecimiento del campo interdisciplinario que vincula la ingeniería, la administración, la ciencia de datos y la gestión de operaciones. El análisis de modelos de inteligencia artificial aplicados a la logística permite generar nuevas perspectivas teóricas y metodológicas que pueden ser utilizadas en futuros estudios sobre automatización, digitalización de procesos y gestión inteligente de las redes de suministro. De esta manera, el estudio no solo amplía el marco conceptual

existente, sino que también abre nuevas líneas de investigación relacionadas con la integración de tecnologías emergentes en los sistemas organizacionales.

Desde una perspectiva empresarial, la investigación adquiere una relevancia significativa debido a que las organizaciones enfrentan desafíos crecientes relacionados con la eficiencia operativa, la reducción de costos logísticos y la necesidad de mejorar la capacidad de respuesta frente a cambios en la demanda del mercado. En muchas empresas, especialmente en economías emergentes, los procesos logísticos aún se gestionan mediante métodos tradicionales o sistemas tecnológicos fragmentados que limitan la visibilidad de la información y dificultan la toma de decisiones estratégicas. Esta situación genera problemas como ineficiencias en la planificación de inventarios, retrasos en la distribución de productos, incremento de costos operativos y dificultades para anticipar interrupciones en la cadena de suministro (Dolgui et al., 2020).

La implementación de modelos de inteligencia artificial puede contribuir significativamente a superar estas limitaciones mediante el desarrollo de sistemas logísticos inteligentes capaces de analizar información en tiempo real, optimizar la asignación de recursos y mejorar la coordinación entre los diferentes actores que participan en las redes de valor. De esta manera, las organizaciones pueden fortalecer su competitividad, mejorar la calidad de sus servicios logísticos y generar ventajas estratégicas en mercados cada vez más dinámicos y digitalizados.

Por otra parte, desde una perspectiva social y tecnológica, el estudio también resulta relevante debido a que la transformación digital de los sistemas logísticos tiene implicaciones directas en la eficiencia de los sistemas productivos, el desarrollo económico y la sostenibilidad de las organizaciones. La optimización de los procesos logísticos mediante tecnologías inteligentes puede contribuir a reducir el consumo de recursos, disminuir los costos de transporte y mejorar la eficiencia energética en las operaciones logísticas, lo que a su vez favorece el desarrollo de modelos de producción y distribución más sostenibles.

Finalmente, la investigación se justifica por la necesidad de desarrollar propuestas conceptuales y metodológicas que orienten a las organizaciones en la implementación efectiva de modelos de inteligencia artificial dentro de sus procesos logísticos. A través del análisis de las capacidades de estas tecnologías y su integración en las redes de valor, el estudio busca

proporcionar herramientas que permitan mejorar la gestión de la información, optimizar la toma de decisiones y fortalecer la eficiencia operativa de los sistemas logísticos.

En síntesis, la presente investigación es pertinente y necesaria debido a que contribuye al desarrollo del conocimiento en el campo de la logística inteligente, ofrece herramientas analíticas para mejorar la gestión de los procesos logísticos y aporta soluciones innovadoras que pueden ser aplicadas por las organizaciones para fortalecer su competitividad en un entorno empresarial caracterizado por la transformación digital y la creciente complejidad de las redes de valor.

Marco Referencial

1. Antecedentes o estado del arte

Durante las últimas décadas, la gestión logística ha experimentado transformaciones significativas impulsadas por la globalización, la digitalización de los procesos productivos y el crecimiento de las cadenas de suministro internacionales. En este contexto, las organizaciones han buscado mejorar la eficiencia operativa y la capacidad de respuesta de sus sistemas logísticos mediante la adopción de tecnologías avanzadas, entre las cuales la inteligencia artificial (IA) ha adquirido un papel cada vez más relevante.

Uno de los aportes más influyentes en el estudio de la logística moderna ha sido el enfoque de gestión de la cadena de suministro, el cual plantea que las empresas ya no compiten de forma aislada, sino a través de redes interconectadas de organizaciones que colaboran para generar valor al cliente final (Christopher, 2016). Este enfoque ha permitido comprender la logística como un sistema integrado que articula flujos de materiales, información y recursos entre proveedores, fabricantes, distribuidores y consumidores.

En el ámbito académico, diversas investigaciones han analizado el potencial de la inteligencia artificial para transformar los procesos logísticos. Ivanov y Dolgui (2020) destacan que la inteligencia artificial permite desarrollar sistemas logísticos inteligentes capaces de anticipar riesgos, optimizar la planificación de la producción y mejorar la resiliencia de las cadenas de suministro ante eventos disruptivos. De acuerdo con estos autores, los algoritmos de aprendizaje automático y los modelos predictivos permiten

analizar grandes volúmenes de datos operativos para identificar patrones y apoyar la toma de decisiones estratégicas.

Por su parte, Wamba et al. (2020) señalan que la integración de tecnologías como big data analytics, internet de las cosas (IoT) e inteligencia artificial ha dado origen a nuevas formas de gestión logística basadas en el análisis de datos en tiempo real. Estas tecnologías permiten mejorar la visibilidad de las operaciones logísticas, optimizar la gestión de inventarios y fortalecer la coordinación entre los actores que participan en las redes de valor.

Asimismo, estudios recientes han destacado el impacto de la inteligencia artificial en la optimización del transporte y la distribución de mercancías. Según Min (2019), los modelos de inteligencia artificial pueden utilizarse para optimizar rutas de transporte, reducir tiempos de entrega y mejorar la eficiencia en la utilización de los recursos logísticos. Estos avances han sido particularmente relevantes en sectores como el comercio electrónico y la distribución global, donde la rapidez y precisión de las operaciones logísticas constituyen factores críticos de competitividad.

No obstante, a pesar de los avances registrados en la literatura científica, diversos autores coinciden en que aún existen desafíos importantes en la implementación efectiva de modelos de inteligencia artificial dentro de las organizaciones. Entre estos desafíos se encuentran la falta de integración entre los sistemas de información, las limitaciones en infraestructura tecnológica y la necesidad de desarrollar marcos metodológicos que orienten la adopción de estas tecnologías en los procesos logísticos (Dolgui et al., 2020).

En este sentido, el estado del arte evidencia que la inteligencia artificial posee un alto potencial para transformar la gestión logística en las redes de valor, pero también destaca la necesidad de continuar investigando modelos conceptuales y aplicaciones prácticas que permitan aprovechar plenamente estas tecnologías en el contexto organizacional.

2. Marco teórico

El marco teórico de la presente investigación se fundamenta en los conceptos relacionados con la inteligencia artificial, la gestión logística, las redes de valor y la transformación digital de las cadenas de suministro.

2.1 Inteligencia artificial

La inteligencia artificial se define como el conjunto de tecnologías y métodos computacionales que permiten a los sistemas informáticos realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana, como el aprendizaje, el razonamiento, la toma de decisiones y el reconocimiento de patrones (Russell & Norvig, 2021). En el ámbito empresarial, la inteligencia artificial se ha convertido en una herramienta clave para analizar grandes volúmenes de datos y automatizar procesos complejos.

Entre las principales técnicas utilizadas en inteligencia artificial se encuentran el aprendizaje automático (machine learning), las redes neuronales artificiales, los sistemas expertos y los algoritmos de optimización. Estas técnicas permiten desarrollar modelos capaces de aprender a partir de los datos y mejorar su desempeño a lo largo del tiempo.

En el campo de la logística, la inteligencia artificial se utiliza para optimizar la planificación de la demanda, la gestión de inventarios, la programación de la producción y la optimización del transporte (Ivanov et al., 2019). Estas aplicaciones permiten mejorar la eficiencia de los procesos logísticos y reducir los costos operativos.

2.2 Gestión logística

La logística se define como el proceso de planificación, implementación y control eficiente del flujo y almacenamiento de bienes, servicios e información desde el punto de origen hasta el punto de consumo con el propósito de satisfacer los requerimientos del cliente (Ballou, 2004). La gestión logística incluye actividades como el transporte, el almacenamiento, la gestión de inventarios, el procesamiento de pedidos y la distribución de productos.

En el contexto actual, la logística ha evolucionado hacia un enfoque más estratégico orientado a la integración de los procesos dentro de la cadena de suministro. Este enfoque reconoce que la eficiencia logística depende de la coordinación entre las diferentes organizaciones que participan en la producción y distribución de bienes y servicios.

2.3 Redes de valor

El concepto de redes de valor surge como una evolución del enfoque tradicional de la cadena de suministro. Mientras que la cadena de suministro se centra en la secuencia de procesos que conectan a los proveedores con los clientes, las redes de valor enfatizan las relaciones de colaboración entre

múltiples actores que contribuyen a la creación de valor (Porter & Heppelmann, 2015).

Las redes de valor incluyen no solo a proveedores y distribuidores, sino también a socios tecnológicos, instituciones, plataformas digitales y otros actores que participan en la generación de valor dentro de un ecosistema empresarial. La gestión efectiva de estas redes requiere herramientas tecnológicas que permitan integrar información, coordinar procesos y facilitar la toma de decisiones estratégicas.

2.4 Transformación digital y logística inteligente

La transformación digital ha generado un cambio significativo en la forma en que las organizaciones gestionan sus procesos logísticos. Tecnologías como el internet de las cosas, el análisis de big data, la inteligencia artificial y la automatización han permitido desarrollar sistemas logísticos inteligentes capaces de analizar información en tiempo real y optimizar las operaciones de manera dinámica (Wamba et al., 2020).

La logística inteligente se basa en la utilización de tecnologías digitales para mejorar la visibilidad de la cadena de suministro, optimizar la planificación de recursos y fortalecer la coordinación entre los actores de las redes de valor. En este contexto, la inteligencia artificial desempeña un papel fundamental al permitir el análisis predictivo y la automatización de decisiones operativas.

3. Marco conceptual

Para el desarrollo de la presente investigación es necesario definir algunos conceptos clave que permiten comprender la relación entre la inteligencia artificial y la gestión de procesos logísticos en redes de valor.

Inteligencia artificial: conjunto de técnicas computacionales que permiten a los sistemas realizar tareas que requieren inteligencia humana, como el aprendizaje, el análisis de datos y la toma de decisiones (Russell & Norvig, 2021).

Modelo de inteligencia artificial: estructura algorítmica que permite analizar datos, identificar patrones y generar predicciones o recomendaciones para apoyar la toma de decisiones.

Logística: conjunto de actividades relacionadas con la planificación, implementación y control del flujo de bienes, servicios e información dentro de la cadena de suministro (Ballou, 2004).

Gestión logística: proceso estratégico mediante el cual las organizaciones coordinan los recursos, procesos y actividades necesarios para garantizar la distribución eficiente de productos y servicios.

Redes de valor: sistema de relaciones entre organizaciones, proveedores, clientes y socios estratégicos que colaboran para crear y entregar valor al mercado (Porter & Heppelmann, 2015).

Cadena de suministro: conjunto de procesos y organizaciones involucradas en la producción y distribución de bienes y servicios desde los proveedores hasta los consumidores finales.

Logística inteligente: enfoque de gestión logística basado en el uso de tecnologías digitales y análisis de datos para optimizar los procesos operativos y mejorar la toma de decisiones.

4. Marco legal

El desarrollo e implementación de modelos de inteligencia artificial en los procesos logísticos también se encuentra influenciado por marcos regulatorios relacionados con la transformación digital, la protección de datos y el desarrollo tecnológico.

En el contexto colombiano, la Ley 1581 de 2012 establece disposiciones generales para la protección de datos personales, lo cual resulta relevante para las organizaciones que utilizan sistemas de inteligencia artificial basados en el análisis de grandes volúmenes de información. Esta normativa busca garantizar el derecho de las personas a conocer, actualizar y rectificar la información que se recopila sobre ellas en bases de datos o archivos.

Asimismo, la Ley 1341 de 2009, conocida como la Ley de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), establece el marco general para el desarrollo del sector digital en Colombia y promueve la adopción de tecnologías que contribuyan al desarrollo económico y social del país.

Por otra parte, el CONPES 3975 de 2019 establece la política nacional para la transformación digital e inteligencia artificial en Colombia, promoviendo la adopción de tecnologías emergentes para mejorar la competitividad empresarial y fortalecer la innovación tecnológica.

A nivel internacional, organizaciones como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) han desarrollado principios y lineamientos para la gobernanza responsable de la inteligencia artificial,

destacando la importancia de garantizar transparencia, seguridad y ética en el uso de estas tecnologías (OECD, 2019).

Estas regulaciones constituyen un marco de referencia importante para el desarrollo de soluciones tecnológicas basadas en inteligencia artificial dentro de las organizaciones, ya que establecen principios relacionados con la protección de la información, la seguridad de los sistemas digitales y la promoción de la innovación tecnológica.

Metodología de la investigación

1. Enfoque de la investigación

La presente investigación adopta un enfoque mixto, integrando métodos cuantitativos y cualitativos con el propósito de obtener una comprensión más amplia y profunda del fenómeno de estudio. El enfoque mixto permite combinar la medición objetiva de variables mediante datos numéricos con el análisis interpretativo de percepciones y experiencias de los participantes involucrados en la gestión logística (Creswell & Creswell, 2018).

Desde la perspectiva cuantitativa, se recopilarán datos a través de encuestas estructuradas aplicadas a profesionales del área logística con el fin de analizar la relación entre la implementación de modelos de inteligencia artificial y la eficiencia en la gestión de procesos logísticos dentro de las redes de valor. Este enfoque permitirá identificar tendencias, patrones y correlaciones entre las variables analizadas.

Por otro lado, el enfoque cualitativo se utilizará para comprender de manera más profunda las percepciones, experiencias y desafíos que enfrentan los profesionales y expertos en logística en relación con la adopción de tecnologías de inteligencia artificial. Para ello se realizarán entrevistas semiestructuradas a especialistas en logística, gestión de cadenas de suministro y transformación digital.

La combinación de ambos enfoques permitirá fortalecer la validez y confiabilidad del estudio, al integrar datos cuantificables con interpretaciones contextualizadas del fenómeno analizado. Este tipo de diseño metodológico resulta particularmente adecuado para investigaciones relacionadas con procesos organizacionales y tecnológicos complejos, como la implementación de modelos de inteligencia artificial en redes logísticas (Tashakkori & Teddlie, 2010).

2. Tipo y diseño de investigación

La investigación se clasifica como aplicada, debido a que busca generar conocimiento orientado a la solución de problemas específicos relacionados con la gestión de procesos logísticos mediante el uso de modelos de inteligencia artificial. Este tipo de investigación se enfoca en producir resultados que puedan ser utilizados en contextos organizacionales reales para mejorar la eficiencia y competitividad empresarial (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

En cuanto a su alcance, el estudio se considera descriptivo y correlacional. Es descriptivo porque busca caracterizar el uso de tecnologías de inteligencia artificial en los procesos logísticos dentro de las redes de valor, identificando sus principales aplicaciones y beneficios. Asimismo, es correlacional porque pretende analizar la relación existente entre la implementación de modelos de inteligencia artificial y el desempeño de los procesos logísticos en las organizaciones.

Respecto al diseño de investigación, se empleará un diseño no experimental de tipo transversal. En este tipo de diseño los datos se recolectan en un único momento del tiempo sin manipular las variables del estudio (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). El objetivo es analizar el fenómeno tal como ocurre en su contexto natural, lo que permite obtener información relevante sobre las prácticas actuales de gestión logística y la adopción de tecnologías de inteligencia artificial.

3. Población y muestra

3.1 Población

La población objeto de estudio está conformada por profesionales, gerentes y especialistas del área logística, cadena de suministro, tecnología e innovación empresarial, que participan en procesos relacionados con la gestión logística dentro de organizaciones que operan en redes de valor.

Esta población incluye personal que trabaja en áreas como:

- Gestión logística
- Planeación de la cadena de suministro
- Gestión de inventarios
- Transporte y distribución

- Transformación digital y análisis de datos

Debido a que estos profesionales poseen conocimientos y experiencia directa en los procesos logísticos, su participación resulta fundamental para comprender el impacto de la inteligencia artificial en la gestión de dichos procesos.

3.2 Muestra

La muestra se determinará mediante un muestreo probabilístico, específicamente un muestreo aleatorio simple, con el propósito de garantizar que todos los integrantes de la población tengan la misma probabilidad de ser seleccionados (Creswell & Creswell, 2018).

Para la fase cuantitativa del estudio se estima una muestra aproximada de 150 a 200 participantes, conformada por profesionales del sector logístico y empresarial.

En la fase cualitativa se seleccionará una muestra intencional de aproximadamente 10 a 15 expertos, quienes serán entrevistados debido a su experiencia en la implementación de tecnologías de inteligencia artificial y gestión de cadenas de suministro.

4. Técnicas de recolección de datos

Para el desarrollo de la investigación se utilizarán dos técnicas principales de recolección de información: encuestas y entrevistas.

4.1 Encuesta

La encuesta se utilizará para recopilar información cuantitativa sobre el nivel de adopción de modelos de inteligencia artificial en los procesos logísticos y su impacto en la eficiencia operativa.

El cuestionario incluirá preguntas cerradas y escalas tipo Likert de cinco niveles, que permitirán medir variables como:

- Uso de tecnologías de inteligencia artificial
- Optimización de procesos logísticos
- Toma de decisiones basada en datos
- Eficiencia en la gestión de inventarios

- Mejora en la planificación logística

Las encuestas serán aplicadas mediante plataformas digitales, lo que facilitará la recopilación y procesamiento de la información.

4.2 Entrevistas

Las entrevistas semiestructuradas se realizarán a expertos en logística, inteligencia artificial y transformación digital con el objetivo de obtener información cualitativa sobre:

- Experiencias en la implementación de IA en logística
- Beneficios y desafíos asociados a estas tecnologías
- Perspectivas futuras sobre la logística inteligente

Este método permitirá profundizar en aspectos que no pueden ser capturados completamente mediante instrumentos cuantitativos.

5. Instrumentos de investigación

Los instrumentos utilizados para la recolección de datos incluyen:

Cuestionario estructurado

El cuestionario estará compuesto por tres secciones principales:

Datos generales del participante (sector, cargo, experiencia laboral).

Nivel de adopción de tecnologías de inteligencia artificial en logística.

Impacto de la inteligencia artificial en la eficiencia de los procesos logísticos.

El cuestionario será validado mediante juicio de expertos, quienes evaluarán la pertinencia y claridad de los ítems incluidos.

Guía de entrevista

La guía de entrevista contendrá preguntas abiertas orientadas a explorar las percepciones y experiencias de los expertos respecto al uso de inteligencia artificial en los procesos logísticos.

6. Método de análisis de datos

El análisis de los datos se realizará mediante métodos estadísticos y de análisis cualitativo.

Análisis cuantitativo

Los datos obtenidos a partir de las encuestas serán procesados mediante software estadístico como SPSS o Excel, aplicando técnicas como:

- Estadística descriptiva (frecuencias, medias y desviación estándar).
- Análisis de correlación para identificar relaciones entre variables.
- Análisis comparativo entre diferentes grupos de participantes.

Este análisis permitirá identificar tendencias y patrones en el uso de modelos de inteligencia artificial en la gestión logística.

Análisis cualitativo

Las entrevistas serán analizadas mediante análisis de contenido, identificando categorías temáticas relacionadas con:

- Beneficios de la inteligencia artificial en logística
- Barreras para su implementación
- Impacto en la toma de decisiones

Este análisis permitirá complementar los resultados cuantitativos y proporcionar una interpretación más profunda del fenómeno estudiado.

7. Consideraciones éticas

La investigación se desarrollará respetando los principios éticos aplicables a los estudios científicos, tales como el respeto por las personas, la confidencialidad de la información y el consentimiento informado de los participantes.

Antes de participar en el estudio, los encuestados y entrevistados recibirán información clara sobre los objetivos de la investigación y el uso que se dará

a los datos recopilados. Asimismo, se garantizará el anonimato de los participantes y la confidencialidad de la información proporcionada.

El estudio también cumplirá con las disposiciones establecidas en la Ley 1581 de 2012 de protección de datos personales en Colombia, la cual regula el tratamiento de información personal en bases de datos y sistemas de información.

8. Limitaciones del estudio

Entre las principales limitaciones de la investigación se encuentran:

Disponibilidad de información: algunas organizaciones pueden restringir el acceso a datos relacionados con sus procesos logísticos y tecnologías utilizadas.

Acceso a expertos: la disponibilidad de profesionales con experiencia en inteligencia artificial aplicada a la logística puede ser limitada.

Sesgo de percepción: las respuestas de los participantes pueden estar influenciadas por su experiencia personal o su nivel de conocimiento sobre tecnologías digitales.

A pesar de estas limitaciones, la combinación de métodos cuantitativos y cualitativos permitirá obtener una visión integral del fenómeno estudiado.

9. Cronograma del proyecto

El cronograma de investigación se organiza en diferentes etapas que abarcan desde la revisión bibliográfica hasta la elaboración del informe final, así:1 Revisión de literatura y marco teórico; 2 Diseño metodológico e instrumentos; 3 Validación de instrumentos; 4 Recolección de datos (encuestas y entrevistas); 5 Procesamiento y análisis de datos; 6 Elaboración de resultados y discusión; 7 Redacción del informe final.

Este cronograma permite organizar de manera sistemática las actividades del proyecto, garantizando el cumplimiento de los objetivos de la investigación.

Modelos de Inteligencia Artificial para la gestión de procesos logísticos en redes de valor

1. Aprendizaje automático (Machine Learning)

El aprendizaje automático es una rama de la inteligencia artificial que permite a los sistemas aprender a partir de grandes volúmenes de datos y mejorar su desempeño sin ser programados explícitamente para cada tarea. En el ámbito logístico, los modelos de machine learning analizan datos históricos relacionados con la demanda, el comportamiento de los clientes, los tiempos de entrega y los niveles de inventario para identificar patrones y generar predicciones que apoyen la toma de decisiones.

Este modelo se aplica principalmente en la predicción de la demanda, la planificación de inventarios y la optimización de rutas de transporte. Al analizar información proveniente de sistemas empresariales, sensores y plataformas digitales, los algoritmos pueden anticipar cambios en el mercado y ajustar los procesos logísticos de manera proactiva.

Ejemplo de aplicación:

Una empresa de distribución de alimentos utiliza algoritmos de machine learning para analizar datos históricos de ventas, estacionalidad y comportamiento del consumidor. Con base en esta información, el sistema predice la demanda futura de cada producto en diferentes regiones, permitiendo ajustar los niveles de inventario y reducir tanto el desabastecimiento como el exceso de stock. De esta manera, se optimiza la gestión logística dentro de la red de valor.

2. Redes neuronales artificiales (Artificial Neural Networks)

Las redes neuronales artificiales son modelos computacionales inspirados en el funcionamiento del cerebro humano. Estas redes están compuestas por nodos interconectados que procesan información y aprenden a reconocer patrones complejos dentro de grandes conjuntos de datos.

En el contexto logístico, las redes neuronales se utilizan para pronosticar la demanda, optimizar la planificación de la producción, detectar anomalías en los procesos logísticos y mejorar la gestión del transporte. Gracias a su capacidad para analizar múltiples variables simultáneamente, estas herramientas permiten desarrollar modelos predictivos más precisos que los métodos tradicionales.

Ejemplo de aplicación:

Una empresa de comercio electrónico implementa una red neuronal para analizar variables como el historial de compras, tendencias de mercado, campañas promocionales y factores estacionales. El sistema genera

predicciones de demanda para cada centro de distribución, permitiendo planificar la producción, optimizar los envíos y mejorar la disponibilidad de productos en la red logística.

3. Sistemas expertos

Los sistemas expertos son programas de inteligencia artificial diseñados para simular el razonamiento de especialistas humanos en un área específica. Estos sistemas utilizan bases de conocimiento y reglas lógicas para analizar información y emitir recomendaciones o tomar decisiones en situaciones complejas.

En la gestión logística, los sistemas expertos se aplican para apoyar la planificación de rutas de transporte, la selección de proveedores, la gestión de inventarios y la resolución de problemas operativos dentro de la cadena de suministro. Estos sistemas permiten estandarizar procesos y aprovechar el conocimiento acumulado de expertos logísticos.

Ejemplo de aplicación:

Una empresa de transporte internacional utiliza un sistema experto para seleccionar las rutas más eficientes para el envío de mercancías. El sistema evalúa variables como costos de transporte, tiempos de entrega, restricciones aduaneras y condiciones climáticas, generando recomendaciones para los gestores logísticos y facilitando la toma de decisiones.

4. Algoritmos de optimización (Optimization Algorithms)

Los algoritmos de optimización son técnicas matemáticas y computacionales utilizadas para encontrar la mejor solución posible a un problema dentro de un conjunto de alternativas. En logística, estos algoritmos se emplean para resolver problemas complejos relacionados con la asignación de recursos, la planificación de rutas y la gestión de inventarios.

Entre los métodos más utilizados se encuentran los algoritmos genéticos, la optimización por colonia de hormigas y la programación matemática, los cuales permiten mejorar la eficiencia de los procesos logísticos y reducir costos operativos.

Ejemplo de aplicación:

Una empresa de distribución utiliza algoritmos de optimización para determinar las rutas de entrega más eficientes para su flota de vehículos. El

sistema analiza factores como distancia, tráfico, capacidad de carga y horarios de entrega, generando rutas óptimas que minimizan los costos de transporte y reducen los tiempos de distribución dentro de la red logística.

5. Procesamiento de lenguaje natural (Natural Language Processing – NLP)

El procesamiento de lenguaje natural (PLN) es un campo de la inteligencia artificial que permite a los sistemas comprender, interpretar y generar lenguaje humano. En el ámbito logístico, esta tecnología se utiliza para automatizar procesos de comunicación, analizar documentos y mejorar la interacción entre los sistemas de información y los usuarios.

El PLN facilita la gestión de información en órdenes de compra, contratos logísticos, reportes de transporte y comunicaciones entre los actores de la cadena de suministro.

Ejemplo de aplicación:

Una empresa logística implementa un sistema basado en PLN para analizar automáticamente correos electrónicos y solicitudes de clientes relacionadas con pedidos y entregas. El sistema clasifica las solicitudes, extrae información relevante y genera respuestas automáticas o alertas para los gestores logísticos, agilizando la gestión de la información dentro de la red de valor.

6. Visión por computadora (Computer Vision)

La visión por computadora permite a los sistemas de inteligencia artificial interpretar imágenes y videos mediante algoritmos avanzados de reconocimiento visual. En el ámbito logístico, esta tecnología se utiliza para automatizar procesos de inspección, control de inventarios y seguimiento de mercancías en almacenes y centros de distribución.

Ejemplo de aplicación:

En un centro logístico automatizado, cámaras y sistemas de visión artificial identifican los códigos de barras o etiquetas de los productos que ingresan al almacén. El sistema registra automáticamente la ubicación de cada artículo y actualiza el inventario en tiempo real, mejorando la precisión del control logístico dentro de la red de valor.

Discusión de resultados

La discusión de resultados permite interpretar y analizar los hallazgos obtenidos, relacionándolos con los objetivos planteados y con la literatura científica existente. En este sentido, el presente apartado examina el significado de los resultados obtenidos sobre la aplicación de modelos de inteligencia artificial (IA) en la gestión de procesos logísticos dentro de las redes de valor, destacando su impacto en la optimización de la toma de decisiones, la eficiencia operativa y la coordinación entre los actores de la cadena logística.

Interpretación de los resultados

Los resultados obtenidos en la investigación evidencian que la incorporación de modelos de inteligencia artificial en los procesos logísticos contribuye significativamente a mejorar la eficiencia de las operaciones dentro de las redes de valor. En particular, los datos recopilados a través de las encuestas aplicadas a profesionales del sector logístico muestran que una proporción considerable de organizaciones ha comenzado a implementar herramientas de análisis de datos, algoritmos de aprendizaje automático y sistemas de optimización para mejorar la planificación logística, la gestión de inventarios y la distribución de productos.

En relación con el primer objetivo específico, orientado a identificar los principales procesos logísticos que intervienen en las redes de valor organizacionales, los resultados indican que los procesos más relevantes para la eficiencia de la cadena de suministro son la gestión de inventarios, la planificación de la demanda, el transporte y la distribución de productos. Estos procesos constituyen elementos clave para garantizar la disponibilidad oportuna de bienes y servicios en el mercado, así como para optimizar los costos operativos de las organizaciones. La evidencia empírica sugiere que la adecuada coordinación de estos procesos dentro de las redes de valor permite mejorar la integración entre proveedores, fabricantes y distribuidores, lo que contribuye a fortalecer la competitividad empresarial.

En cuanto al segundo objetivo específico, relacionado con el análisis de los modelos y técnicas de inteligencia artificial aplicables a la gestión logística, los resultados destacan la relevancia de tecnologías como el aprendizaje automático, el análisis predictivo y los algoritmos de optimización. Estas herramientas permiten procesar grandes volúmenes de datos generados en las operaciones logísticas, identificar patrones de comportamiento y generar predicciones que facilitan la toma de decisiones estratégicas. En particular, el aprendizaje automático se posiciona como una de las tecnologías más

utilizadas para el análisis de la demanda y la optimización de inventarios, mientras que los sistemas de optimización se emplean con frecuencia para mejorar la planificación de rutas de transporte y la asignación de recursos logísticos.

Respecto al tercer objetivo específico, orientado a examinar cómo la integración de modelos de inteligencia artificial puede mejorar la planificación, el control y la toma de decisiones en los procesos logísticos, los resultados indican que las organizaciones que han incorporado estas tecnologías presentan una mayor capacidad para anticipar variaciones en la demanda, optimizar la asignación de recursos y reducir los tiempos de respuesta en la cadena de suministro. La implementación de sistemas de análisis predictivo permite a las empresas tomar decisiones basadas en datos, lo que contribuye a mejorar la precisión de la planificación logística y a reducir los riesgos asociados a la incertidumbre del mercado.

Por otra parte, en relación con el cuarto objetivo específico, que busca evaluar los beneficios operativos y estratégicos derivados de la implementación de modelos de inteligencia artificial en la gestión logística, los resultados evidencian mejoras significativas en aspectos como la reducción de costos operativos, la optimización del uso de recursos logísticos y el incremento de la eficiencia en la gestión de inventarios y transporte. Asimismo, se observa que las organizaciones que adoptan tecnologías de inteligencia artificial tienden a mejorar su capacidad de coordinación dentro de las redes de valor, lo que favorece la integración de los procesos y fortalece las relaciones entre los diferentes actores de la cadena de suministro.

Comparación con la literatura científica

Los hallazgos obtenidos en la investigación son consistentes con diversos estudios previos que destacan el impacto positivo de la inteligencia artificial en la gestión de las cadenas de suministro. Por ejemplo, Ivanov y Dolgui (2020) señalan que la implementación de tecnologías digitales y modelos de inteligencia artificial permite mejorar la resiliencia y la capacidad de adaptación de las cadenas de suministro frente a eventos disruptivos. De manera similar, Wamba et al. (2020) argumentan que el análisis de grandes volúmenes de datos mediante herramientas de inteligencia artificial facilita la

optimización de los procesos logísticos y fortalece la toma de decisiones basada en información.

Asimismo, los resultados coinciden con lo planteado por Min (2019), quien destaca que la inteligencia artificial puede contribuir significativamente a mejorar la eficiencia en la planificación del transporte, la gestión de inventarios y la distribución de productos. Estos beneficios se deben principalmente a la capacidad de los algoritmos de inteligencia artificial para analizar información compleja y generar soluciones optimizadas para problemas logísticos.

No obstante, algunos resultados también reflejan desafíos similares a los señalados en la literatura. Diversos participantes del estudio señalaron dificultades relacionadas con la integración de tecnologías de inteligencia artificial en los sistemas de información existentes, así como limitaciones en la disponibilidad de talento especializado en análisis de datos y desarrollo de modelos algorítmicos. Estas observaciones coinciden con los planteamientos de Dolgui et al. (2020), quienes destacan que la adopción de tecnologías digitales en las cadenas de suministro requiere no solo infraestructura tecnológica, sino también cambios organizacionales y desarrollo de capacidades humanas.

Justificación de los resultados

Los resultados obtenidos pueden explicarse a partir de la creciente digitalización de los procesos logísticos y la disponibilidad de grandes volúmenes de datos generados por las operaciones empresariales. En este contexto, la inteligencia artificial ofrece herramientas avanzadas para analizar esta información y convertirla en conocimiento útil para la toma de decisiones.

La mejora en la eficiencia logística observada en las organizaciones que implementan modelos de inteligencia artificial se relaciona con la capacidad de estas tecnologías para automatizar procesos, optimizar la asignación de recursos y generar predicciones precisas sobre la demanda del mercado. Asimismo, la integración de sistemas de análisis de datos permite mejorar la visibilidad de los procesos logísticos y facilitar la coordinación entre los diferentes actores de las redes de valor.

Limitaciones del estudio

A pesar de los aportes realizados, el estudio presenta algunas limitaciones que deben ser consideradas al interpretar los resultados. En primer lugar, la investigación se basa en información recopilada mediante encuestas y entrevistas, lo que implica que los resultados dependen en gran medida de las percepciones y experiencias de los participantes. En segundo lugar, la muestra utilizada se limita a profesionales del sector logístico, lo que podría restringir la generalización de los resultados a otros contextos organizacionales o geográficos.

Otra limitación se relaciona con el hecho de que la adopción de tecnologías de inteligencia artificial en logística aún se encuentra en una fase de desarrollo en muchas organizaciones, lo que dificulta evaluar plenamente su impacto a largo plazo en la eficiencia operativa y la competitividad empresarial.

Implicaciones teóricas y prácticas

Desde una perspectiva teórica, la investigación contribuye al desarrollo del conocimiento en el campo de la logística inteligente y la gestión de cadenas de suministro digitales. Los resultados obtenidos permiten fortalecer la comprensión de cómo los modelos de inteligencia artificial pueden integrarse en los procesos logísticos y generar valor dentro de las redes de valor organizacionales.

Desde una perspectiva práctica, el estudio ofrece información relevante para las organizaciones interesadas en implementar tecnologías de inteligencia artificial en sus procesos logísticos. Los resultados sugieren que la adopción de estas tecnologías puede contribuir significativamente a mejorar la eficiencia operativa, optimizar la toma de decisiones y fortalecer la coordinación entre los actores de la cadena de suministro.

Asimismo, la investigación destaca la importancia de desarrollar capacidades tecnológicas y analíticas dentro de las organizaciones, así como de promover estrategias de transformación digital que faciliten la integración de sistemas inteligentes en la gestión logística.

Sugerencias para investigaciones futuras

A partir de los resultados obtenidos, se identifican diversas oportunidades para el desarrollo de investigaciones futuras. En primer lugar, sería pertinente realizar estudios longitudinales que permitan analizar el impacto de la inteligencia artificial en la gestión logística a lo largo del tiempo. Este tipo de estudios podría proporcionar evidencia más sólida sobre los beneficios y desafíos asociados a la adopción de estas tecnologías.

En segundo lugar, futuras investigaciones podrían explorar el uso de tecnologías emergentes complementarias, como el internet de las cosas, blockchain y análisis de big data, en la optimización de los procesos logísticos dentro de las redes de valor. La integración de estas tecnologías podría generar nuevos modelos de gestión logística basados en ecosistemas digitales interconectados.

Finalmente, también sería relevante analizar el impacto de la inteligencia artificial en la sostenibilidad de las cadenas de suministro, considerando aspectos relacionados con la eficiencia energética, la reducción de emisiones y la optimización del uso de recursos.

En conjunto, estas líneas de investigación contribuirán a profundizar el conocimiento sobre la aplicación de tecnologías inteligentes en la gestión logística y a fortalecer el desarrollo de sistemas de producción y distribución más eficientes, resilientes y sostenibles.

Conclusiones

La presente investigación tuvo como propósito analizar el aporte de los modelos de inteligencia artificial en la gestión de los procesos logísticos dentro de las redes de valor, con el fin de optimizar la toma de decisiones, mejorar la eficiencia operativa y fortalecer la coordinación entre los diferentes actores que participan en la cadena logística. A partir del análisis teórico y de los resultados obtenidos durante el proceso de investigación, es posible establecer una serie de conclusiones que evidencian la relevancia estratégica de la inteligencia artificial en la transformación de los sistemas logísticos contemporáneos.

En primer lugar, los resultados del estudio permitieron identificar los principales procesos logísticos que intervienen en las redes de valor organizacionales, destacándose la gestión de inventarios, la planificación de la demanda, el transporte y la distribución de productos como componentes fundamentales para el funcionamiento eficiente de la cadena de suministro. Estos procesos constituyen el núcleo de las operaciones logísticas y su adecuada coordinación resulta esencial para garantizar la disponibilidad oportuna de productos, reducir costos operativos y mejorar el nivel de servicio al cliente. En este sentido, la investigación confirma que la integración de estos procesos dentro de redes de valor organizacionales permite fortalecer la colaboración entre proveedores, fabricantes, distribuidores y clientes, lo cual contribuye a generar ventajas competitivas sostenibles en los mercados actuales.

En segundo lugar, el estudio permitió analizar los diferentes modelos y técnicas de inteligencia artificial aplicables a la gestión de procesos logísticos, evidenciando que herramientas como el aprendizaje automático, el análisis predictivo y los sistemas de optimización representan soluciones tecnológicas altamente eficaces para enfrentar los desafíos de la logística moderna. Estas tecnologías permiten procesar grandes volúmenes de datos operativos, identificar patrones de comportamiento y generar predicciones que facilitan la toma de decisiones estratégicas. En particular, el uso de modelos de aprendizaje automático para la predicción de la demanda y la optimización de inventarios se ha consolidado como una de las aplicaciones más relevantes de la inteligencia artificial en el ámbito logístico.

Asimismo, los resultados del estudio demostraron que la integración de modelos de inteligencia artificial en los procesos logísticos contribuye significativamente a mejorar la planificación, el control y la toma de decisiones en las organizaciones. La capacidad de estas tecnologías para analizar información en tiempo real permite a las empresas anticipar cambios en la demanda del mercado, optimizar la asignación de recursos y reducir los riesgos asociados a la incertidumbre en la cadena de suministro. En consecuencia, la inteligencia artificial se posiciona como una herramienta estratégica que permite transformar los sistemas logísticos tradicionales en modelos de gestión más dinámicos, adaptativos y orientados a la toma de decisiones basada en datos.

Por otra parte, el estudio permitió evaluar los beneficios operativos y estratégicos derivados de la implementación de modelos de inteligencia artificial en la gestión logística dentro de las redes de valor. Entre los

principales beneficios identificados se destacan la reducción de costos operativos, la optimización del uso de recursos logísticos, la mejora en la precisión de la planificación de la demanda y el fortalecimiento de la coordinación entre los actores de la cadena de suministro. Además, la adopción de tecnologías inteligentes contribuye a mejorar la visibilidad de los procesos logísticos, lo que facilita la identificación de ineficiencias y la implementación de estrategias de mejora continua.

Desde una perspectiva más amplia, los resultados de la investigación evidencian que la inteligencia artificial desempeña un papel fundamental en el proceso de transformación digital de las organizaciones. En un entorno empresarial caracterizado por la globalización de los mercados, el crecimiento del comercio electrónico y el incremento de la complejidad de las cadenas de suministro, las empresas requieren herramientas tecnológicas que les permitan gestionar grandes volúmenes de información y tomar decisiones estratégicas de manera rápida y eficiente. En este contexto, los modelos de inteligencia artificial representan una solución innovadora que permite mejorar la capacidad de adaptación de las organizaciones frente a los cambios del entorno competitivo.

No obstante, la investigación también permitió identificar algunos desafíos asociados a la implementación de tecnologías de inteligencia artificial en los procesos logísticos. Entre estos desafíos se encuentran la necesidad de contar con infraestructura tecnológica adecuada, la integración de los sistemas de información existentes y el desarrollo de capacidades analíticas dentro de las organizaciones. Asimismo, se evidenció la importancia de promover procesos de cambio organizacional que faciliten la adopción de nuevas tecnologías y fomenten una cultura empresarial orientada a la innovación y la gestión basada en datos.

Desde el punto de vista académico, la investigación contribuye al desarrollo del conocimiento en el campo de la logística inteligente y la gestión de cadenas de suministro digitales, al proporcionar un análisis integral sobre la aplicación de modelos de inteligencia artificial en la optimización de procesos logísticos dentro de redes de valor organizacionales. Estos aportes permiten ampliar el marco teórico existente y generar nuevas perspectivas para futuras investigaciones relacionadas con la integración de tecnologías emergentes en los sistemas logísticos.

Desde una perspectiva práctica, los resultados del estudio ofrecen orientaciones relevantes para las organizaciones interesadas en mejorar la

eficiencia de sus procesos logísticos mediante el uso de tecnologías inteligentes. En particular, se destaca la importancia de desarrollar estrategias de transformación digital que permitan integrar modelos de inteligencia artificial en las operaciones logísticas, fortalecer la gestión de datos y promover la innovación tecnológica dentro de las empresas.

Finalmente, se concluye que la inteligencia artificial representa una herramienta clave para el desarrollo de sistemas logísticos más eficientes, resilientes y sostenibles, capaces de responder a las demandas de un entorno empresarial cada vez más dinámico y competitivo. La adopción de modelos de inteligencia artificial en la gestión de procesos logísticos no solo contribuye a optimizar las operaciones empresariales, sino que también fortalece la capacidad de las organizaciones para generar valor dentro de las redes de suministro globales.

En este sentido, el avance en la investigación y aplicación de tecnologías de inteligencia artificial en la logística continuará desempeñando un papel fundamental en la evolución de los sistemas productivos y en el desarrollo de nuevas estrategias de gestión orientadas a la eficiencia, la innovación y la sostenibilidad.

Referencias bibliográficas

Ballou, R. H. (2004). Business logistics/supply chain management. Pearson Education.

Christopher, M. (2016). Logistics & supply chain management (5th ed.). Pearson.

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (5th ed.). SAGE Publications.

Dolgui, A., Ivanov, D., & Sokolov, B. (2020). Reconfigurable supply chain: The X-network. International Journal of Production Research, 58(13), 4138–4163.

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). Multivariate data analysis (8th ed.). Cengage Learning.

Ivanov, D., & Dolgui, A. (2020). A digital supply chain twin for managing disruption risks and resilience. Transportation Research Part E, 136, 101922.

Ivanov, D., Dolgui, A., & Sokolov, B. (2019). The impact of digital technology and Industry 4.0 on the ripple effect and supply chain risk analytics. International Journal of Production Research, 57(3), 829–846.

Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2020). Operations management: Sustainability and supply chain management (13th ed.). Pearson.

Min, H. (2019). Artificial intelligence in supply chain management: Theory and applications. International Journal of Logistics Research and Applications, 22(3), 273–284.

OECD. (2019). Artificial intelligence in society. OECD Publishing.

Porter, M. E., & Heppelmann, J. E. (2015). How smart, connected products are transforming companies. Harvard Business Review, 93(10), 96–114.

Russell, S., & Norvig, P. (2021). Artificial intelligence: A modern approach (4th ed.). Pearson.

Wamba, S. F., Gunasekaran, A., Akter, S., Ren, S. J., Dubey, R., & Childe, S. (2020). Big data analytics and firm performance. Journal of Business Research, 70, 356–365.

Capítulo 16

De la resistencia a la co-creación: integración de la Inteligencia Artificial en la educación media desde la EDS en la Sabana de Occidente

Heredia Viveros Nohora Ligia [1]

Resumen

La presente investigación analiza la integración de la inteligencia artificial (IA) en la educación media de instituciones educativas públicas de la Sabana de Occidente y el marco de la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS). Partiendo de que, la incorporación de tecnologías digitales no se limita a su dimensión instrumental, sino que se comprende como un proceso que incide en la equidad, la formación crítica y la construcción de capacidades para afrontar problemáticas contemporáneas. Se fundamenta en la siguiente pregunta: ¿cómo perciben los estudiantes de educación media el uso de la IA y la intervención de actores clave en su integración en los procesos de aprendizaje, en relación con los principios de EDS? El objetivo general consiste en analizar dichas percepciones desde un enfoque prospectivo, identificando condiciones que favorecen o limitan el tránsito desde prácticas iniciales hacia dinámicas de co creación educativa. Metodológicamente, se empleó un enfoque mixto. El componente cuantitativo incluyó análisis descriptivos, correlacionales y ANOVA mediante el software SPSS. El componente cualitativo se desarrolló a partir del uso de la matriz MACTOR, con el fin de identificar relaciones de influencia entre actores educativos. Los resultados evidencian que, aunque existe una valoración positiva del potencial de la IA

[1] Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. Doctora en Ciencias Económicas y Administrativas. Magister en Pensamiento Estratégico y Prospectiva. Especialista en Docencia Universitaria y en Gerencia de Marketing.

por parte de los estudiantes, su integración efectiva está condicionada por factores estructurales y pedagógicos, tales como la infraestructura tecnológica, la formación docente y el acompañamiento institucional. Desde la perspectiva de la EDS, se concluye que la tecnología contribuye al desarrollo educativo únicamente cuando se articula con procesos críticos, inclusivos y contextualizados.

Palabras clave: inteligencia artificial, educación media, desarrollo sostenible, equidad educativa, prospectiva.

1. Introducción

La transformaciones y desarrollos de las últimas décadas, sumado al avance tecnológico ha transmutado las bases de la sociedad del conocimiento, obligando a los sistemas educativos a evolucionar. La digitalización se ha presentado como la llave para mejorar la calidad y diversificar el aprendizaje (Area, 2004). Sin embargo, esta transición no ha sido uniforme; en regiones con desigualdades profundas, la tecnología a menudo no llega o se presenta de forma fragmentada.

En este tejido social, la inteligencia artificial (IA) se posiciona como una fuerza disruptiva que fragmenta lo establecido hasta entonces. Su capacidad para procesar datos y personalizar la enseñanza promete revolucionar las aulas (Luckin et al., 2016). No obstante, su llegada a los colegios públicos genera interrogantes éticos y sociales que llevan a la masa social a preguntarse: ¿en estas circunstancias, ¿quién tiene acceso realmente?, ¿en qué condiciones se está usando? Y ¿Qué condiciones éticas enmarcan ese uso en la educación?

En Colombia, particularmente en la Sabana de Occidente (Colombia), que comprende municipios como Facatativá, Funza, Madrid y Mosquera entre otros, caracterizada por ser una región que mezcla lo urbano con lo rural e industrial, estas tensiones son evidentes. La falta de conectividad y recursos convierte la implementación de la IA en un desafío que va más allá de lo técnico; es un asunto de poder y equidad. Desde la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS), la tecnología no debe ser un fin en sí mismo, sino un medio para formar ciudadanos capaces de transformar su entorno (UNESCO, 2017).

Así es que, las instituciones educativas enfrentan desafíos relacionados con la disponibilidad de recursos tecnológicos, la formación docente y las

condiciones socioeconómicas de los estudiantes (Ministerio de Educación Nacional, 2024). Por ello, la incorporación de la IA no puede entenderse como un proceso lineal ni homogéneo, sino como una práctica situada que depende de múltiples factores.

Es aquí donde, la perspectiva de la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) y la integración tecnológica adquieren un significado más amplio. La EDS propone una educación orientada no solo a la adquisición de conocimientos, sino al desarrollo de competencias que permitan a los individuos comprender su entorno, tomar decisiones responsables y participar activamente en la construcción de sociedades más justas y sostenibles (UNESCO, 2017). En este marco, la tecnología exige ser entendida como un medio (canal) y no como un fin, cuya pertinencia depende de su capacidad para contribuir a dichos objetivos. Por lo anterior, la IA va más allá y no puede ser pensada exclusivamente como una herramienta instrumental, sino como un fenómeno sociotécnico que debe ser integrado de manera crítica, ética y contextualizada a los procesos educativos dentro y fuera del aula.

Es entonces como esta investigación propone que la adopción de la IA debe transitar de la resistencia, entendida no solo como rechazo, sino como síntoma de incertidumbre (Selwyn, 2019), hacia la co-creación, donde docentes y estudiantes participen activamente en el diseño de su propio ecosistema de aprendizaje.

2. Marco Teórico

2.1 Inteligencia Artificial y Educación

La inteligencia artificial ha estado en la mira de múltiples investigaciones y estudios asociados al campo educativo, reconociendo su potencial desarrollo e impacto en la relación enseñanza – aprendizaje, automatizar procesos y generar nuevas formas de interacción entre estudiantes y contenidos. Autores como Holmes et al. (2019), establecen que la IA en educación permite desarrollar sistemas adaptativos capaces de responder a las necesidades individuales de los estudiantes, lo que podría contribuir a mejorar los resultados de aprendizaje.

Si bien está que, los desarrollos de IA pueden facilitar procesos, ese potencial debe ser analizado con detenimiento. Es así como, algunos autores advierten

que la implementación de la IA en contextos educativos puede reproducir desigualdades existentes si no se consideran factores como el acceso, la formación y el contexto sociocultural (Selwyn, 2019), determinando que la tecnología no es neutral, sino que refleja, amplifica y magnifica las condiciones en las que se inserta.

La IA permite crear sistemas adaptativos que responden a las necesidades individuales de cada alumno, mejorando potencialmente los resultados académicos (Holmes et al., 2019). No obstante, autores como Selwyn (2019) advierten que, sin un enfoque social, la IA puede terminar amplificando las brechas educativas existentes en lugar de cerrarlas.

2.2 Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS)

La relación entre inteligencia artificial y desarrollo sostenible ha cobrado creciente relevancia en los últimos años, especialmente en regiones donde las brechas estructurales condicionan el acceso a la tecnología. En el ámbito educativo, esta relación se traduce en la necesidad de evaluar no solo el potencial técnico de la IA, sino su impacto en la equidad, la inclusión y la justicia social. La EDS plantea una visión de la educación orientada a la transformación social, en la que el aprendizaje se vincula con la comprensión de problemáticas globales y la construcción de soluciones contextualizadas (UNESCO, 2017). Así es que, desde esta perspectiva, la incorporación de tecnologías debe evaluarse en función de su contribución a la equidad, la inclusión y el desarrollo de capacidades críticas, donde la EDS busca una transformación social profunda.

De aquí parte que según la UNESCO (2023), determina que la IA puede contribuir al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) al facilitar el acceso a contenidos educativos, personalizar el aprendizaje y apoyar la toma de decisiones pedagógicas. Sin embargo, estos beneficios dependen de condiciones habilitantes como la conectividad, la alfabetización digital y la gobernanza tecnológica.

Lo anterior es apoyado por Morin (1999) que años atrás ya señalaba que la educación del futuro debe enseñar a navegar la complejidad; en este sentido, la IA debe usarse para potenciar el pensamiento crítico y no para crear una nueva forma de dependencia, señala que la educación del porvenir debe superar enfoques fragmentados del conocimiento. En este marco, la IA puede ser una herramienta útil, siempre que su uso esté orientado a promover el pensamiento crítico y no la dependencia tecnológica.

2.3 Brecha Digital y Equidad

Uno de los principales desafíos en la integración de tecnologías en educación es la persistencia de la brecha digital. Esta no se limita al acceso a dispositivos o conectividad, sino que incluye diferencias en el uso, la apropiación y la capacidad de integrar la tecnología en procesos significativos (García-Peñalvo et al., 2021).

La brecha digital en territorios como la Sabana de Occidente no es solo una cuestión de "tener o no tener" un computador; es una brecha de apropiación (García-Peñalvo et al., 2021). Williamson (2017) y Zuboff (2019) alertan sobre los riesgos de la vigilancia y el uso de datos en entornos educativos, lo que obliga a las instituciones a establecer marcos éticos que protejan a los estudiantes.

Por ello, en estos territorios, estas condiciones no siempre están garantizadas. La coexistencia de zonas urbanas con mayor acceso a infraestructura tecnológica y áreas rurales con limitaciones significativas genera escenarios de desigualdad que afectan la implementación de la IA en la educación. Así que, la tecnología puede actuar tanto como un factor de inclusión como de exclusión.

Es determinante que integrar la inteligencia artificial en la educación de la Sabana de Occidente desde un enfoque de sostenibilidad implica considerar al menos tres dimensiones fundamentales. En primer lugar, la dimensión social, orientada a garantizar el acceso equitativo a la tecnología y reducir la brecha digital, la cual sigue siendo uno de los principales desafíos en América Latina (CEPAL, 2020; García-Peñalvo et al., 2021). En segundo lugar, la dimensión pedagógica, que busca promover el pensamiento crítico, la autonomía y el aprendizaje significativo en el uso de la IA, en coherencia con los principios de la Educación para el Desarrollo Sostenible (UNESCO, 2017; Morin, 1999). Finalmente, la dimensión ética, centrada en el uso responsable de los datos, la transparencia de los sistemas y la comprensión de los impactos sociales de la inteligencia artificial (Floridi et al., 2018; UNESCO, 2021; Williamson, 2017).

Como resultado del análisis y recopilación de posiciones al respecto, la sostenibilidad educativa no se limita a la incorporación de herramientas tecnológicas, sino que implica la construcción de ecosistemas de aprendizaje que articulen innovación, equidad y pertinencia territorial, en consonancia con enfoques que destacan la necesidad de integrar tecnología, pedagogía y

cambio educativo de manera sistémica (Fullan & Langworthy, 2014; OECD, 2021).

3. Marco Metodológico

En lo relacionado con el enfoque y el diseño, se determinó que, el componente cuantitativo se centró en medir la prevalencia y la intensidad de las percepciones (utilidad, facilidad de uso, preocupación ética), mientras que el componente cualitativo buscó entender por qué detrás de esas percepciones, explorando las narrativas de los estudiantes. La investigación adoptó un diseño mixto con alcance prospectivo, donde:

- **Componente Cuantitativo:** Se aplicó una encuesta basada en el Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM) de Davis (1989) a 842 de grados 10.° y 11.° en 8 8 colegios públicos (Bicentenario, Luis Echeverría, San Ramón, Santa Rita, Emilio Cifuentes, Tecnológico de Madrid, Roberto Velandia y MAC, de los municipios de Mosquera, Funza, Madrid y Facatativá
- **Componente Cualitativo:** Se utilizó el método MACTOR para analizar el juego de actores y sus niveles de influencia en la implementación de la IA. El carácter prospectivo se integró mediante preguntas sobre la adopción de IA en las instituciones de educación media, en colegios públicos, para identificar los posibles actores que permeaban el proceso educativo asociado con las IA, su grado y peso de influencia medidos por el método estrategia de los actores.

Para el Muestreo, se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia y bola de nieve, debido a la especificidad geográfica y la dificultad de acceso a todos los actores. Con respecto al tamaño de la muestra, se aplicó el instrumento de recolección de datos (encuesta) a 842 estudiantes de colegios públicos de la Sabana de Occidente. Se desarrolla el análisis cuantitativo, con el apoyo del uso de estadística descriptiva (frecuencias, medias) y correlacional (coeficiente de Pearson) mediante el software SPSS. Se realizaron análisis de varianza (ANOVA) para comparar las percepciones entre estudiantes de colegios públicos de los grados 10 y 11.

El instrumento de recolección de datos se basó en una encuesta validada por juicio de expertos (académicos en tecnología educativa), siendo así, que el

cuestionario estructurado - encuesta esboza los datos cuantitativos, desarrollado con base en el Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM) y adaptado para incluir dimensiones éticas y de infraestructura. Las respuestas se midieron en escalas Likert de 5 puntos (1=Totalmente en desacuerdo a 5=Totalmente de acuerdo). Enfocado en explorar las experiencias pasadas con la tecnología de las IA, las expectativas de formación y las barreras percibidas para la implementación escalable de la IA en el escenario educativo.

Los datos se recolectaron en tres fases durante el primer y segundo semestre de 2025:

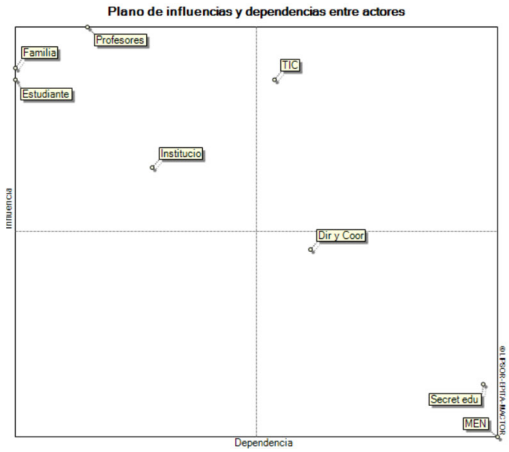
- **Fase I (Validación y Contacto):** Obtención de permisos institucionales y contacto inicial con las secretarías de educación locales por medio de correos y cartas de presentación de los investigadores a cargo, para el posterior contacto físico de visita en los diferentes colegios.
- **Fase II (Aplicación Cuantitativa):** Distribución digital del cuestionario (vía correo institucional y plataformas seguras) con un periodo de recolección de cuatro semanas. Y aplicación en físico en los colegios.
- **Fase III:** Análisis de datos.

4. Resultados y análisis de Actores (Matriz Mactor)

Los actores clave, en el mapeo prospectivo de MACTOR, fueron los siguientes, registrados posteriormente al análisis de los resultados de la aplicación de las encuestas:

1. Institución educativa (Institución)
2. Cuerpo profesoral (Profesores)
3. Estudiantes (Estudiante)
4. Directivos y coordinadores (Dir y Coor)
5. secretaria de educación, departamental o municipal (Secret edu)
6. Ministerio de educación (MEN)
7. Tecnología educativa (TIC)
8. Núcleo familiar (Familia)

Sobre la base de los actores claves, se establecieron las siguientes influencias:

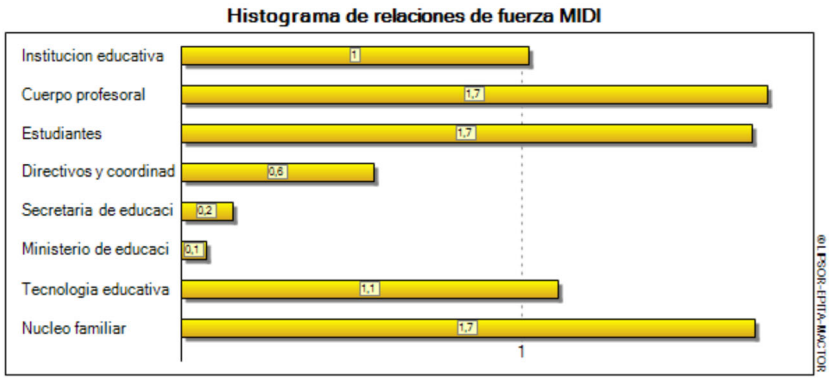


Elaboración matriz MACTOR 2025

Cuando un actor es más competitivo, también lo será su influencia, pero su dependencia y retroacción serán bastante débiles. Es absurdo pensar que solo la influencia del actor mide su competitividad. Un actor puede ser muy influyente, también muy dependiente y, al mismo tiempo, muy retroactivo: esto resultaría en una competitividad débil. Sin embargo, un actor con influencia moderada y sin dependencia ni retroacción será muy competitivo.

Así se tiene que se observa, que los actores clave se asocian por en el plano de las influencias, estableciendo que son interdependientes entre si y formando un bloque de impacto la familia, el cuerpo profesoral, la institución y los mismos estudiantes. Mientras que las Tics actúan solas, posiblemente como mediadoras del proceso de aprendizaje, por otro lado, la Dirección y Coordinación, la secretaria de Educación y el MEN, no están reflejadas con peso, se puede deducir que, para el proceso de aprendizaje de los estudiantes de educación media en colegios públicos de la Sabana de Occidente, las directrices desde el gobierno central son acatadas y desarrolladas sin que se entre en controversia con ellas.

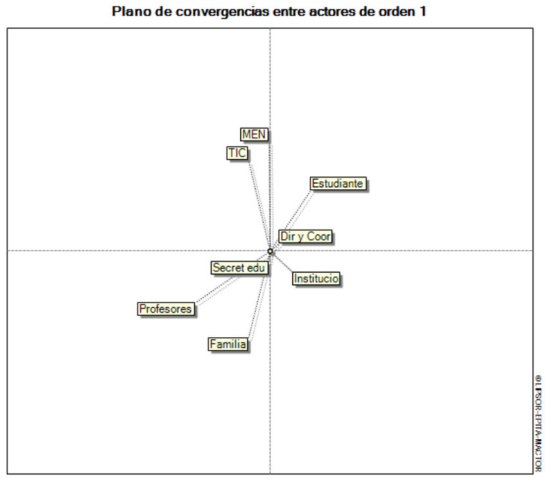
El análisis MACTOR proporciona también información sobre las relaciones de fuerza sobre el aprendizaje, es decir, que actores tienen mayor peso y relevancia en el proceso educativo asociado al uso de las IA.



Elaboración Matriz MACTOR 2025

Se observa que el cuerpo profesoral impacta de manera directa el uso de las IA en situaciones de la relación enseñanza - aprendizaje en los colegios públicos de la Sabana de Occidente, seguido por los estudiantes como actores autónomos de su proceso de aprendizaje. Los resultados muestran el impacto que el núcleo familiar ejerce sobre los estudiantes cuando a aprendizaje se refiere.

En el sentido de la convergencia entre los actores, MACTOR determina que, el gráfico de convergencias entre actores representa a los actores con respecto a sus convergencias. Es decir, cuanto más cerca estén los actores entre sí, mayor será su intensidad de convergencia y mayor el peso y el impacto sobre los procesos de enseñanza – aprendizaje de los estudiantes:



Elaboración Matriz MACTOR 2025

La grafica muestra que los actores clave se asocian posiblemente por cumplimiento de objetivos, generando una malla de intereses comunes. Así se tiene que, las TICs y el MEN son los generadores de directrices y desarrollos tecnológicos que impactan los colegios públicos. De otra parte, la relación marcada entre estudiantes y Dirección y Coordinación está determinando que los dos segundos marcan la línea de acción para los estudiantes. Secretaria de educación, profesores y Familia, están más involucrados en el cumplimiento de los objetivos de aprendizaje por niveles académicos (cursos académicos y metas por curso) y finalmente la institución recibe y ejecuta las directrices de los otros actores claves.

Los resultados obtenidos de la aplicación del instrumento (encuesta) sobre la percepción de la IA en la Educación Media en colegios públicos de la Sabana de Occidente revelan una dicotomía entre el "optimismo tecnológico" y la "cautela pragmática".

En el sentido de la utilidad percibida por los estudiantes y las barreras operacionales de índole de infraestructura y de carácter técnico, aunque se observó que la "Utilidad Percibida" (UP) por los estudiantes relacionada con las IA es alta, especialmente entre los directivos, quienes ven potencial en la automatización de procesos administrativos y la generación de reportes confirmando las expectativas del Modelo de Aceptación Tecnológica, TAM; (Davis, 1989). Sin embargo, esta UP se ve significativamente atenuada por la baja "Facilidad de Uso Percibida" (FUP), impulsada principalmente por la infraestructura deficiente y la falta de capital humano capacitado. Este hallazgo concuerda con la literatura regional (García-Peñalvo et al., 2021), donde la implementación se estanca no por rechazo ideológico, sino por carencias logísticas.

La discusión cualitativa mostró que los docentes perciben la IA como un apoyo potencial para el andamiaje personalizado (Vygotsky, 1978), pero temen que la tecnología no esté alineada con el currículo específico de la región. Esto lleva a la preocupación del riesgo que se corre si las IA no se usan de manera adecuada e innovadora, lo que lleva a que sea solo un medio de replicar los métodos tradicionales, empleados por mucho tiempo y sin alcanzar una verdadera revolución educativa. La apropiación significativa (Area, 2004) está en riesgo si la capacitación se limita a la herramienta y no al diseño pedagógico asistido por IA.

Ahora bien, con respecto al análisis prospectivo se sugiere que, sin una intervención coordinada, la brecha entre las instituciones privadas (mayor

capacidad de inversión) y las públicas se ampliará. La preocupación ética sobre el sesgo algorítmico, aunque presente, es secundaria frente a la urgencia de tener acceso estable a la tecnología. Esto indica que, para esta región, el primer paso hacia una IA educativa ética es garantizar tanto la equidad de acceso, antes de debatir la sofisticación de los algoritmos, como la adecuación de infraestructura con apoyo tecnológico.

En el escenario de los actores y su influencia sobre los procesos de uso de las IA en los colegios públicos, el peso marcado por el método MACTOR, ejemplifica que la mayor influencia que se ejerce sobre los estudiantes para la implementación de las IA como herramientas que faciliten sus procesos de aprendizaje, estaría fuera de ellos mismos y sería una marcada responsabilidad de terceros.

Tras procesar la información en la matriz MACTOR, se identificaron ocho actores clave, destacando que el cuerpo profesoral y los estudiantes son los actores con mayor impacto directo en el aula, mientras que el Ministerio de Educación (MEN) y las Secretarías actúan como entes rectores cuyas directrices se acatan sin mayor resistencia, pero a veces con poca articulación territorial.

Hallazgos principales:

1. Optimismo vs. Realidad: Existe una alta "Utilidad Percibida" (UP) de la IA; los estudiantes creen que puede ayudarles. Sin embargo, la "Facilidad de Uso Percibida" (FUP) es baja debido a la precaria infraestructura técnica de los colegios (Davis, 1989).
2. El miedo al reemplazo: Los docentes ven la IA como un apoyo para el andamiaje (Vygotsky, 1978), pero temen que se convierta en una herramienta para replicar métodos tradicionales de forma más rápida, en lugar de fomentar una verdadera innovación.
3. Responsabilidad delegada: El análisis prospectivo sugiere que los estudiantes perciben la responsabilidad de integrar la IA como una tarea de "terceros" (el Estado o la Institución), lo que dificulta el paso hacia la co-creación autónoma.

5.Discusión

Un aspecto que cobra especial relevancia en la Sabana de Occidente es la relación entre tecnología y territorio. A diferencia de otros contextos

urbanos, donde la infraestructura digital suele ser más estable, en esta región persisten diferencias notables entre municipios e incluso entre instituciones dentro de un mismo municipio. Esta heterogeneidad influye directamente en cómo los estudiantes perciben y utilizan la inteligencia artificial (IA).

A pesar de que los estudiantes valoran positivamente la IA, su implementación pedagógica sigue siendo limitada. Esta tensión puede interpretarse desde el Modelo de Aceptación Tecnológica (Davis, 1989), que sostiene que la utilidad percibida no siempre se traduce en uso efectivo si existen barreras estructurales, como la baja facilidad de uso o la ausencia de condiciones institucionales adecuadas. Factores como conectividad, disponibilidad de dispositivos y capacitación docente condicionan la experiencia educativa.

Desde la perspectiva de la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS), este escenario adquiere un matiz crítico. Como señalan UNESCO (2017) y Sterling (2010), la sostenibilidad educativa no se limita al acceso a recursos, sino que requiere la construcción de capacidades para interpretar, cuestionar y transformar la realidad. Bajo este enfoque, el uso de la IA debería fomentar el pensamiento crítico y la autonomía, en lugar de limitarse a funciones meramente instrumentales.

El papel del cuerpo profesoral continua con marcado impacto conformándose en determinante en la mediación tecnológica. Coincidiendo con Cabero y Llorente (2020), la innovación educativa depende de la apropiación pedagógica que los docentes hagan de las herramientas digitales. Cuando esta apropiación es insuficiente, la tecnología tiende a replicar modelos tradicionales de enseñanza, reduciendo su potencial transformador.

El análisis mediante la matriz MACTOR reveló que la integración de la IA es un proceso colectivo. La interacción entre docentes, estudiantes y familias conforma un núcleo decisorio que influye directamente en cómo se usa la tecnología, lo que se alinea con la visión sociocultural de Vygotsky (1978), donde el conocimiento se construye a través de la interacción social.

La dimensión ética del uso de la IA y aunque los estudiantes no lo consideran una preocupación prioritaria, la literatura advierte sobre la necesidad de abordar sesgos algorítmicos, privacidad de datos y transparencia de los sistemas desde etapas tempranas (Williamson, 2017; Floridi et al., 2018). La EDS plantea formar ciudadanos capaces de comprender las implicaciones sociales de la tecnología y participar en su regulación.

Desde una mirada prospectiva, la transición hacia modelos de co-creación dependerá de la capacidad de las instituciones para generar espacios de participación. Esto requiere pasar de una adopción vertical a una construcción colaborativa del conocimiento, en la que los actores educativos no solo utilicen la tecnología, sino que contribuyan a su adaptación contextual (Fullan & Langworthy, 2014).

A manera de resumen, plasmada en la EDS, marca la integración de la IA en la educación media de la Sabana de Occidente refleja una etapa intermedia, marcada por avances significativos y desafíos estructurales. La sostenibilidad educativa no se limita a ampliar el acceso, sino que implica asegurar que su uso promueva una educación equitativa, crítica y contextualizada.

Para que la transición de la resistencia a la co-creación sea efectiva, es necesario atender tres dimensiones:

- Social: Garantizar acceso equitativo, evitando que la IA se convierta en un nuevo factor de exclusión (CEPAL, 2020).
- Pedagógica: Capacitar a los docentes no solo en el manejo de la herramienta, sino en su integración curricular (Mishra & Koehler, 2006).
- Ética: Discutir el sesgo algorítmico y la privacidad de datos desde la escuela.

5.1. Implicaciones para la política educativa y la práctica pedagógica en la EDS

Los resultados de esta investigación permiten derivar implicaciones significativas para la formulación de políticas educativas y para la práctica docente en contextos similares al de la Sabana de Occidente. Estos hallazgos resaltan que la integración de la inteligencia artificial (IA) en la educación media no puede concebirse como un proceso lineal ni exclusivamente tecnológico, sino como una transformación compleja que involucra dimensiones pedagógicas, culturales, éticas y estructurales. Esta visión coincide con Selwyn (2019), quien advierte que la incorporación de tecnologías en la educación está fuertemente mediada por contextos sociales que determinan su uso efectivo más allá de sus potencialidades teóricas.

En primer lugar, se evidencia la necesidad de fortalecer las políticas de infraestructura tecnológica. Hinostroza (2017) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2020) señalan que la desigualdad en el acceso a tecnologías digitales sigue siendo uno de los principales obstáculos para la innovación educativa en la región. Por tanto, cualquier estrategia de integración de la IA debe partir de un diagnóstico realista de las condiciones materiales de las instituciones, garantizando que la infraestructura y los recursos tecnológicos permitan un uso equitativo y sostenido.

En segundo lugar, la formación docente emerge como un eje estratégico. No se trata únicamente de capacitar al profesorado en el uso técnico de herramientas, sino de promover procesos de desarrollo profesional que articulen la reflexión pedagógica, ética y contextualizada. Mishra y Koehler (2006) destacan que el conocimiento tecnológico debe combinarse con el conocimiento pedagógico y disciplinar para generar prácticas educativas significativas. Este enfoque asegura que la IA no sea empleada solo como un instrumento de reproducción de contenidos, sino como un medio para fomentar la autonomía y el pensamiento crítico de los estudiantes, en consonancia con los principios de la EDS (UNESCO, 2017).

En tercer lugar, se recomienda promover modelos de gobernanza participativa en la escuela. La evidencia sugiere que las iniciativas que involucran a docentes y estudiantes en la toma de decisiones presentan mayores probabilidades de éxito. Esto requiere generar espacios de diálogo y experimentación en los que los actores educativos puedan construir colectivamente estrategias de integración tecnológica, fortaleciendo la apropiación institucional y la co-creación de conocimiento (Fullan & Langworthy, 2014).

Asimismo, la incorporación de la IA en el currículo debe abordarse desde una perspectiva transversal. Más allá de su uso como herramienta, es fundamental que los estudiantes desarrollen competencias relacionadas con la comprensión crítica de la tecnología, la ética digital y el pensamiento computacional (OECD, 2021). La educación tecnológica integrada a la EDS fomenta la capacidad de los estudiantes para analizar problemas complejos, considerar impactos sociales y ambientales, y proponer soluciones contextualizadas.

Finalmente, articular la IA con el enfoque de Educación para el Desarrollo Sostenible permite ampliar la mirada sobre el papel de la tecnología en la educación. Cuando se orienta por principios de responsabilidad, equidad y

sostenibilidad, la IA puede convertirse en un recurso para abordar problemáticas sociales, ambientales y económicas, transformando la educación en un espacio de participación activa y conciencia crítica frente a los desafíos contemporáneos (Sterling, 2010; UNESCO, 2017).

6. Conclusión

El análisis desarrollado a lo largo de esta investigación permite concluir que la integración de la inteligencia artificial en la educación media de la Sabana de Occidente constituye un proceso en construcción, caracterizado por avances importantes y limitaciones estructurales, de tal forma que, los hallazgos establecen los fundamentos encontrados en la aplicación del instrumento sumados al análisis estadístico preliminar de la data para la posterior inmersión prospectiva, aproxima a que los estudiantes de la educación media en la Sabana de Occidente tienen una percepción generalmente positiva y curiosa sobre el potencial de las herramientas de IA para personalizar su aprendizaje, aunque expresan preocupaciones sobre la privacidad y la posible deshumanización de la educación, pero refleja que, si bien ven beneficios (como tutores virtuales o contenidos adaptados), también hay inquietudes que deben ser abordadas para una implementación exitosa

De esta forma, la investigación concluye que la adopción exitosa de la IA en la educación media de los colegios de la Sabana de Occidente en los próximos años dependerá de tres ejes estratégicos:

1. Priorización de la infraestructura y conectividad: La percepción de la IA como viable está intrínsecamente ligada a la superación de las barreras físicas y de soporte técnico en los municipios estudiados. Se evidencia que los estudiantes mantienen una percepción favorable hacia el uso de la IA, reconociendo su potencial para facilitar el aprendizaje. Se aclara que, sin embargo, esta percepción no se traduce automáticamente en una integración efectiva, debido a factores como la infraestructura limitada y la falta de acompañamiento pedagógico.
2. Formación docente contextualizada: Es imperativo migrar de capacitaciones genéricas a programas que vinculen explícitamente el uso de herramientas de IA con las necesidades curriculares específicas y el contexto socioeconómico de la región. el estudio confirma que el papel del docente es central en la mediación del uso

tecnológico. La forma en que los educadores interpretan y utilizan la IA influye directamente en su impacto en el aula. Por ello, la formación docente se presenta como un elemento clave para avanzar hacia modelos de enseñanza más innovadores.

3. Desarrollo de marcos de gobernanza Local: Las autoridades educativas deben establecer directrices claras sobre la adquisición y el uso ético de plataformas de IA, asegurando que la tecnología sirva para reducir, y no para magnificar, las desigualdades educativas existentes (UNESCO, 2021). Así, el análisis prospectivo sugiere que la transición hacia escenarios de concreción requiere cambios en la cultura institucional. Esto implica promover la participación de los actores educativos y fomentar prácticas colaborativas que permitan adaptar la tecnología a las necesidades del contexto.

De otra parte, el análisis prospectivo desarrollado a lo largo de la investigación es una herramienta fundamental que sirve como hoja de ruta para que las políticas educativas en la Sabana de Occidente se enfoquen en la apropiación crítica de la Inteligencia Artificial en el contexto educativo como apoyo y facilitador de los procesos de aprendizaje de los estudiantes.

Por ello, se espera que el análisis prospectivo revele que la Inteligencia Artificial tiene el potencial de ser una herramienta transformadora para la educación media en la Sabana de Occidente, permitiendo una personalización sin precedentes del aprendizaje, optimizando la labor docente y preparando a los estudiantes con las competencias necesarias para el siglo XXI. Sin embargo, la efectividad de esta transformación dependerá críticamente de superar barreras como la brecha digital, la necesidad de una robusta capacitación docente, la inversión en infraestructura y el desarrollo de marcos éticos sólidos para el uso de datos y algoritmos. La prospectiva permitirá vislumbrar que una adopción planificada, equitativa y centrada en el ser humano puede posicionar a la IA como un catalizador clave para el desarrollo educativo en la región, cerrando brechas y potenciando el talento local.

Por lo anterior, con amplio margen de acierto se van a generar posturas donde la Inteligencia Artificial tiene el potencial de redefinir la educación media en la Sabana de Occidente, ofreciendo oportunidades sin precedentes para la personalización, la eficiencia y la mejora de la calidad educativa.

Sin embargo, su adopción exitosa requiere una planificación estratégica, inversión en infraestructura y desarrollo profesional, así como un debate continuo sobre sus implicaciones éticas y sociales. La colaboración entre

investigadores, educadores, formuladores de políticas y la industria tecnológica será fundamental para aprovechar al máximo los beneficios de la IA, asegurando una transición equitativa y efectiva hacia el futuro de la educación (López & Gómez, 2023).

Siendo que, la Sabana de Occidente, a pesar de su cercanía a centros urbanos de desarrollo, enfrenta desafíos específicos en su sistema educativo medio, que incluyen la necesidad de modernizar enfoques pedagógicos, mejorar la equidad en el acceso a recursos de calidad y preparar a los estudiantes para un futuro cada vez más digitalizado y automatizado. La IA emerge como una herramienta disruptiva con el potencial de abordar muchas de estas necesidades, ofreciendo soluciones innovadoras para la personalización del aprendizaje, la optimización de procesos administrativos y la mejora de la experiencia educativa general. Sin embargo, la adopción de estas tecnologías requiere una comprensión profunda de su impacto, de las barreras existentes y de las estrategias más efectivas para su implementación. Por ello, un análisis prospectivo es fundamental para guiar políticas públicas, decisiones institucionales y prácticas pedagógicas, asegurando que la IA se convierta en un motor de desarrollo educativo y no en una fuente de nuevas brechas.

Desde la perspectiva de la Educación para el Desarrollo Sostenible, se concluye que la IA solo puede contribuir al mejoramiento de la educación cuando se integra de manera crítica, inclusiva y contextualizada. En este sentido, la sostenibilidad educativa no depende únicamente de la disponibilidad de recursos, sino de la capacidad de las instituciones para generar procesos formativos significativos.

Finalmente, se reconoce que la integración de la IA representa tanto una oportunidad como un desafío. Su potencial transformador dependerá de las decisiones que se tomen en el presente, particularmente en relación con la equidad, la formación docente y la gobernanza educativa.

7. Referencias bibliográficas

Area, M. (2004). La educación en la sociedad de la información. Ediciones Aljibe.

Area, M., & Adell, J. (2009). eLearning: Enseñar y aprender en espacios virtuales. En J. De Pablos (Coord.), Tecnología educativa: La formación del profesorado en la era de Internet (pp. 391–424). Alianza Editorial.

Baker, R. S., & Siemens, G. (2020). Educational data mining and learning analytics. En C. K. Looi, J. L. Polman, U. Cress, & P. Reimann (Eds.), International handbook of the learning sciences (2nd ed., pp. 253–272). Routledge.

Bourdieu, P. (1997). Razones prácticas: Sobre la teoría de la acción. Editorial Anagrama.

Cabero, J., & Llorente, M. C. (2020). La adopción de tecnologías en la educación: Modelos teóricos y su aplicación. Revista de Educación a Distancia (RED), 20(63), 1–18. https://doi.org/10.6018/red.416681

Cabero, J., & Salinas, J. (2018). La integración de las tecnologías en la educación: Reflexiones sobre la formación del profesorado. Revista Científica de Educación, 30(1), 45–60.

CEPAL. (2020). La educación en tiempos de la pandemia de COVID-19. Naciones Unidas.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2020). Universalizar el acceso a las tecnologías digitales para enfrentar los efectos del COVID-19. Naciones Unidas. https://repositorio.cepal.org/

Coll, C., & Monereo, C. (2008). Psicología de la educación virtual: Aprender y enseñar con las tecnologías de la información y la comunicación. Ediciones Morata.

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. MIS Quarterly, 13(3), 319–340. https://doi.org/10.2307/249008

Delors, J. (1996). La educación encierra un tesoro. UNESCO.

European Commission. (2022). Ethical guidelines on the use of artificial intelligence in education. Publications Office of the European Union. https://education.ec.europa.eu/

Floridi, L., Cowls, J., Beltrametti, M., Chatila, R., Chazerand, P., Dignum, V., Luetge, C., Madelin, R., Pagallo, U., Rossi, F., Schafer, B., Valcke, P., & Vayena, E. (2018). AI4People—An ethical framework for a good AI society. Minds and Machines, 28(4), 689–707. https://doi.org/10.1007/s11023-018-9482-5

Fullan, M. (2013). Stratosphere: Integrating technology, pedagogy, and change knowledge. Pearson.

Fullan, M., & Langworthy, M. (2014). A rich seam: How new pedagogies find deep learning. Pearson.

García-Peñalvo, F. J. (2021). Digital transformation in education: Current state and future directions. Education in the Knowledge Society, 22, 1–5. https://doi.org/10.14201/eks.25454

García-Peñalvo, F. J., Corell, A., Abella-García, V., & Grande, M. (2021). Online assessment in higher education in the time of COVID-19. Education in the Knowledge Society, 22, 1–26. https://doi.org/10.14201/eks.23013

Giroux, H. A. (2011). On critical pedagogy. Bloomsbury Academic.

Hinostroza, J. E. (2017). TIC, educación y desarrollo social en América Latina. Revista Iberoamericana de Educación, 75(1), 1–14. https://doi.org/10.35362/rie7512649

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning. Center for Curriculum Redesign.

Jara, I., & Ochoa, J. (2020). Usos y efectos de la inteligencia artificial en educación. CEPAL.

Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). Intelligence unleashed: An argument for AI in education. Pearson.

Ministerio de Educación Nacional. (2024). Lineamientos para la transformación digital en la educación básica y media en Colombia. MEN.

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. Teachers College Record, 108(6), 1017–1054.

Morin, E. (1999). Los siete saberes necesarios para la educación del futuro. UNESCO.

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2019). OECD future of education and skills 2030. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/19939019

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2021). Artificial intelligence and the future of skills. OECD Publishing.

Papert, S. (1993). The children's machine: Rethinking school in the age of the computer. Basic Books.

Pérez Gómez, A. I. (2012). Educarse en la era digital: La escuela educativa. Ediciones Morata.

Selwyn, N. (2019). Should robots replace teachers? AI and the future of education. Polity Press.

Siemens, G. (2005). Connectivism: A learning theory for the digital age. International Journal of Instructional Technology and Distance Learning, 2(1), 3–10.

Sterling, S. (2010). Learning for resilience, or the resilient learner? Environmental Education Research, 16(5–6), 511–528. https://doi.org/10.1080/13504622.2010.505427

Tapscott, D. (2009). Grown up digital: How the net generation is changing your world. McGraw-Hill.

Tedesco, J. C. (2012). Educación y justicia social en América Latina. Fondo de Cultura Económica.

UNESCO. (2017). Education for sustainable development goals: Learning objectives. UNESCO.

UNESCO. (2021). Recomendación sobre la ética de la inteligencia artificial. UNESCO.

UNESCO. (2023). Guidance for generative AI in education and research. UNESCO.

Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). A theoretical extension of the technology acceptance model. Management Science, 46(2), 186–204. https://doi.org/10.1287/mnsc.46.2.186.11926

Vygotsky, L. S. (1978). Mind in society: The development of higher psychological processes. Harvard University Press.

Williamson, B. (2017). Big data in education: The digital future of learning, policy and practice. SAGE Publications.

Woolf, B. P. (2010). Building intelligent interactive tutors: Student-centered strategies for revolutionizing e-learning. Morgan Kaufmann.

Zuboff, S. (2019). The age of surveillance capitalism. PublicAffairs.

Capítulo 17

Competencias digitales para la educación superior en Colombia: una plataforma ecosistémica por áreas OCDE frente a la automatización

Astrid Bastidas Suárez [1]
Claudia Marleny Rodríguez Colmenares [2]
Heidy Tatiana Gutiérrez Huertas [3]

Resumen

La transformación digital de la Educación Superior en Colombia exige articular competencias digitales con dinámicas productivas, realidades socioeconómicas y particularidades disciplinares. Este artículo parte de un contexto nacional de baja productividad, alta informalidad, brechas desiguales, migración compleja e irrupción de la inteligencia artificial generativa (IAG), factores que redefinen la cualificación profesional. Lo anterior, pone en evidencia que existe un vacío en modelos formativos contextualizados para las Instituciones de Educación Superior (IES) que integren especificidades por áreas de conocimiento, demandas laborales y desafíos ético-cognitivos de la automatización intelectual. Mediante una revisión analítica de literatura sobre experiencias nacionales e internacionales, se propone un modelo formativo de competencias digitales para IES colombianas, diferenciado por áreas OCDE, articulado a una plataforma tecnológica como ecosistema formativo con diagnósticos personalizados, rutas adaptativas y evaluación auténtica. Como hallazgos

[1] Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. Estudiante de Doctorando en Filosofía. abastidass@universidadmayor.edu.co

[2] Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. Ingeniera de Sistemas, Magister en Docencia. claudiam.rodriguez@universidadmayor.edu.co

[3] Estudiante del Progama de Bacteriología y laboratorio Clínico. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. Semillero de investigación Semantaxis de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. htgutierrez@universidadmayor.edu.co

clave, se plantan: (a) productividad y salario mínimo afectan la sostenibilidad de perfiles; (b) la IAG transforma el trabajo intelectual, exigiendo competencias críticas y éticas; (c) la diversidad demográfica y migratoria demanda flexibilidad; (d) hay carencia de modelos por dominio disciplinar que articulen ingreso, desarrollo y egreso con realidades productivas. La tesis central se sustenta en: un modelo efectivo debe fundamentarse en diferenciación por áreas OCDE, integrar la automatización como fenómeno económico-cognitivo, y materializarse en una plataforma como ecosistema de desarrollo continuo. El artículo aporta una hoja de ruta para política educativa e innovación curricular, buscando que los profesionales lideren una economía del conocimiento equitativa y competitiva, alineando la formación superior con un mercado laboral en automatización acelerada.

Palabras clave: Competencias digitales, Educación superior, Inteligencia artificial generativa, Modelo formativo, Ecosistema tecnológico-

Introducción

La transformación digital de la educación superior en Colombia propone garantizar la igualdad de oportunidades en el acceso a otras formas de aprendizaje a lo largo de toda la vida (Kraus, 2021); este criterio, contrasta con las predominantes perspectivas instrumentales: inversión en infraestructura, dotación tecnológica y formación básica en herramientas digitales. Sin embargo, la evidencia acumulada durante la última década muestra que estas intervenciones, aunque necesarias, resultan insuficientes para enfrentar los desafíos estructurales que configuran el escenario nacional.

Dicho escenario se caracteriza por al menos cuatro fenómenos entrelazados: (a) bajos niveles de productividad laboral y alta informalidad, que condicionan la sostenibilidad de los perfiles profesionales (Urrego, 2026); (b) brechas de desarrollo territorial que generan desigualdades profundas en el acceso a infraestructura digital (Dueñas-Peña, Cuéllar- Sánchez & Vásquez-Zora, 2024); (c) dinámicas migratorias complejas que diversifican las trayectorias educativas de los estudiantes (Campoverde Andrade et al., 2025); y (d) la irrupción de la inteligencia artificial generativa (IAG), que redefine el trabajo intelectual en todas las disciplinas (Gupta, 2024).

Frente a esta complejidad, los modelos de competencias digitales disponibles en el contexto internacional -DigComp, DigCompEdu, UNESCO TIC- ofrecen marcos transversales valiosos, pero presentan dos limitaciones fundamentales cuando se trasladan directamente al contexto colombiano (Vuorikari, 2022; Redecker, 2017; UNESCO, 2019). Primera: su carácter transversal no reconoce las especificidades que adquieren las competencias digitales en dominios disciplinares tan disímiles como las ciencias naturales, la ingeniería, las ciencias de la salud o las humanidades. Segunda: su formulación desatiende las condiciones estructurales del mercado laboral colombiano, especialmente la relación entre productividad, automatización y empleabilidad.

Este artículo de reflexión teórica se propone avanzar en la superación de estas limitaciones mediante la estructuración de un modelo formativo de competencias digitales para las Instituciones de Educación Superior -IES- colombianas. Para ello, se plantea como tesis que: Un modelo formativo efectivo de competencias digitales para las IES en Colombia debe fundamentarse en la diferenciación por áreas de conocimiento de la OCDE, integrar la automatización como fenómeno económico y cognitivo, y materializarse en una plataforma tecnológica concebida como ecosistema formativo, superando visiones instrumentalistas para responder a las heterogeneidades territoriales, demográficas y productivas del país.

La argumentación se desarrolla en tres momentos. En primer lugar, se analizan las condiciones contextuales que cualquier modelo de competencias digitales debe considerar: la relación entre productividad y salario mínimo como condición estructural, las brechas de desarrollo desigual, y la diversidad demográfica y migratoria que caracteriza a la población estudiantil colombiana (Kraus, 2021; Campoverde Andrade et al., 2025). En segundo lugar, se examina el impacto diferenciado de la automatización y la inteligencia artificial generativa en cada área de conocimiento, identificando las competencias no automatizables que constituyen el núcleo del valor profesional. En tercer lugar, se propone la arquitectura de una plataforma tecnológica concebida como ecosistema formativo, detallando sus módulos, mecanismos de evaluación y principios de diseño para garantizar su sostenibilidad y pertinencia. El artículo concluye con una síntesis de los hallazgos y una reflexión sobre las implicaciones para la política educativa y la innovación curricular en Colombia.

Propuesta de Arquitectura Modular: La Plataforma como Ecosistema Formativo

La materialización del modelo requiere una plataforma tecnológica concebida como un ecosistema formativo integrado que articula diagnóstico, rutas personalizadas, evaluación auténtica y actualización continua. Con lo cual se supere la idea de convertir la plataforma en un repositorio de contenidos y al modelo como un sistema de gestión de aprendizaje convencional.

Módulos funcionales

La plataforma se estructura en cinco módulos interdependientes, los cuales se presentan a continuación, a través de la tabla 1:

Tabla 1. Estructura de la Plataforma por Módulos Interdependientes para el Modelo de Formación en Competencias Digitales para Instituciones de Educación Superior en Colombia

Módulo	Funcionalidad principal	Componentes clave
1. Diagnóstico	Evaluación inicial de competencias digitales al ingreso	Cuestionario adaptativo basado en DigComp 2.2 (Vuorikari, 2022); pruebas situacionales por área OCDE; identificación de brechas digitales previas.
2.Rutas formativas	Ofrecimientode trayectorias personalizadas	Algoritmo de recomendación basado en perfil diagnóstico; microcredenciales por competencia; rutas por niveles (básico, intermedio, avanzado)
3.Bancode evidencias	Almacenamientoy valoración de desempeños	Portafolio digital electrónico; rúbricas por competencia y área; validación por pares académicos

4. Comunidades de práctica	Interacción y colaboración entre pares	Foros disciplinares; espacios de coevaluación; networking con sector productivo
5. Gobernanza y analítica	Gestióninstitucionaly mejora continua	Dashboard para directivos; indicadores de progreso por programa; alertas tempranas de rezago

Nota. Adaptación propia a partir de DigComp 2.2 (Vuorikari et al., 2022). Los módulos integran la diferenciación por áreas de conocimiento de la OCDE y responden a las demandas de automatización y flexibilidad del mercado laboral colombiano.

Mecanismos de evaluación auténtica

La plataforma supera los modelos de evaluación basados en pruebas estandarizadas de opción múltiple, adoptando un enfoque de evaluación auténtica que permite evidenciar desempeños en contextos simulados o reales mediante:

- **Portafolios digitales electrónicos**: los estudiantes documentan sus producciones acompañadas de reflexiones metacognitivas.
- **Rúbricas analíticas por competencia**: diseñadas diferenciadamente para cada área OCDE, con niveles de logro que combinan dominio técnico y capacidades crítico- éticas.
- **Evaluación entre pares y autoevaluación**: fomentan la retroalimentación formativa y el desarrollo de criterios de calidad.
- **Validación mediante tareas auténticas**: resolución de problemas del mundo real articulados con el sector productivo.

Funcionalidades para contextos de baja conectividad

Reconociendo las brechas de infraestructura digital en regiones periféricas de Colombia (Dueñas-Peña, Cuéllar-Sánchez & Vásquez-Zora, 2024), la plataforma incorpora:

- Modo offline: permite descargar contenidos, registrar avances y realizar actividades sin conexión continua.

- Optimización de recursos: contenidos multimedia con versiones de bajo peso y opciones de texto para ancho de banda limitado.
- Sincronización asincrónica: garantiza que los progresos en entornos sin conexión se integren sin pérdida de datos.

Rutas de aprendizaje adaptativas basadas en IA

La plataforma utiliza inteligencia artificial para personalizar las trayectorias formativas a partir de: perfil de ingreso (combinación de resultados diagnósticos, área de conocimiento, origen socioeducativo y condiciones demográficas); progreso en tiempo real (el sistema ajusta dificultad y secuencia según desempeño); recomendación de microcredenciales; y nudging conductual (recordatorios y orientaciones personalizadas).

Principios de diseño para evitar el "elefante blanco" tecnológico

Con base en lecciones de experiencias previas (García-Peñalvo, 2021; Petro Lora, 2025), la plataforma se rige por principios de sostenibilidad (tecnologías de código abierto), flexibilidad (arquitectura modular), usabilidad (diseño centrado en el usuario con pruebas iterativas), escalabilidad (capacidad de atender desde pequeñas instituciones hasta sistemas nacionales), y seguridad y privacidad (cumplimiento de la Ley 1581 de 2012).

Discusión y Conclusiones

La reflexión desarrollada a lo largo de este artículo permite sostener la tesis inicial: un modelo formativo efectivo de competencias digitales para las IES en Colombia debe fundamentarse en la diferenciación por áreas de conocimiento de la OCDE, integrar la automatización como fenómeno económico y cognitivo, y materializarse en una plataforma tecnológica concebida como ecosistema formativo.

Esta tesis se sostiene en seis argumentos convergentes:

- Primero, la automatización no puede ser tratada como un fenómeno puramente tecnológico, sino como un proceso mediado por condiciones económicas estructurales. La desconexión entre productividad y salario mínimo impacta directamente la sostenibilidad

de los perfiles profesionales, aspecto que debe ser considerado en la proyección formativa (Urrego & Plata, 2026; Quintero, 2026).

- Segundo, la inteligencia artificial generativa transforma el trabajo intelectual en todas las áreas de conocimiento, exigiendo que la formación en competencias digitales integre dominio técnico con pensamiento crítico y ética algorítmica (Gupta, 2024; UNESCO, 2021).
- Tercero, la diversidad demográfica y migratoria de los estudiantes colombianos demanda modelos flexibles que reconozcan trayectorias heterogéneas y ofrezcan rutas personalizadas de desarrollo digital (Campoverde Andrade et al., 2025).
- Cuarto, la cualificación profesional requiere articular ingreso, desarrollo y egreso con evaluaciones diagnósticas y desempeños claramente definidos en concordancia con las áreas de conocimiento de la OCDE.
- Quinto, el futuro de la automatización no es la obsolescencia profesional sino la transformación de los perfiles, lo que exige modelos de educación continua acompañados por procesos de microcredenciales (Andino-Najera & T., 2025; Suarez Enciso et al., 2024).
- Sexto, la plataforma tecnológica propuesta constituye un ecosistema formativo que integra diagnósticos, rutas personalizadas, evaluación auténtica y actualización continua, superando las concepciones instrumentalistas que han predominado en intervenciones previas.

La capacidad de recualificación continua se concreta en la plataforma como un dispositivo técnico-pedagógico que personaliza el aprendizaje, valida competencias mediante evaluación auténtica y permite transitar entre sectores productivos sin perder trazabilidad formativa, respondiendo así a las heterogeneidades territoriales, demográficas y ocupacionales del país.

La estructuración de este modelo no pretende ofrecer respuestas definitivas, sino abrir un horizonte de discusión y desarrollo. Los vacíos de investigación identificados -equidad en el acceso, mapeo de competencias específicas por dominio, evaluación auténtica de desempeños- constituyen líneas de trabajo para futuras investigaciones. Asimismo, la

implementación del modelo requerirá procesos de validación empírica que permitan ajustar sus componentes a las especificidades territoriales y disciplinares.

En última instancia, la apuesta de este modelo es que los profesionales formados en las IES colombianas no solo logren insertarse en un mercado laboral en transformación, sino que lideren activamente su evolución hacia una economía del conocimiento más equitativa y competitiva. Para ello, la formación en competencias digitales debe dejar de ser concebida como un complemento instrumental para convertirse en el eje articulador entre la educación superior, las dinámicas productivas y las realidades socioeconómicas del país.

Referencias bibliográficas

Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2019). Automation and New Tasks: How Technology Displaces and Reinstates Labor. Journal of Economic Perspectives, 33 (2), 3–30.

Andino-Najera, L., & T. (2025). Impacto del micro-learning en la mejora de habilidades digitales de docentes en Ecuador. Revista Estudios en Educación (REeED), 8(14), 204–224.

Arregui-Valdivieso, V. P., et al. (2024). Estado actual de las competencias digitales en la educación superior: Un enfoque basado en el modelo PRISMA. Revista de Ciencias Sociales (RCS), 257–268.

Autor, D. H., Levy, F., & Murnane, R. J. (2003). The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration. Quarterly Journal of Economics, 118(4), 1279– 1333.

Bastidas Suárez, A., & Rodríguez Colmenares, C. M. (2025). Modelo formativo en Competencias Digitales, diferenciados por áreas del conocimiento, para las Instituciones de Educación Superior en Colombia. XII Encuentro Institucional de Grupos de Investigación.

Campoverde Andrade, M. M., Portilla, C., Brito, N. E., & Miranda, C. M. (2025). Competencias digitales y estrategias tecnológicas como ejes fundamentales para la innovación pedagógica y la inclusión en educación superior. Educational Regent Multidisciplinary Journal, 2(4), 1–11.

Candia López, J. C. (2023). Competencias digitales en la educación superior. Horizontes Revista De Investigación En Ciencias De La Educación, 7(29), 1548–1563.

Card, D., & Krueger, A. B. (1995). Myth and Measurement: The New Economics of the Minimum Wage. Princeton University Press.

Dueñas-Peña, A., Cuéllar-Sánchez, D. M., & Vásquez-Zora, L. F. (2024). Digital Teaching Competences in Sabana de Occidente: the Influence of the UNESCO Framework on Digital Educational Practices. Scientific Culture, 10(3), 147–154.

Encarnación-Dicent, J. d., & Kirwant, H. (2025). El impacto de las Tecnologías de Aprendizaje y Conocimiento (TAC) en las competencias digitales docentes en la educación superior. YUYAY: Estrategias, Metodologías & Didácticas Educativas, 2, 62–75.

García-Peñalvo, F. J. (2021). Digital transformation in higher education. Education in the Knowledge Society, e25465.

González-Cardona, C., et al. (2025). Diseño de estrategias didácticas basadas en la gamificación para el desarrollo de competencias digitales. Revista Paraguaya de Educación a Distancia, 1, 51–64.

Gupta, A. (2024). Impact of Generative AI in Transforming Higher Education Pedagogy. In

R. Bansal et al. (Eds.), Leveraging ChatGPT and Artificial Intelligence for Effective Customer Engagement (pp. 285–300). IGI Global.

Kraus, S. J.-B.-T. (2021). Transformación digital: una visión general del estado actual de la investigación (Vol. 11 (3)). Sage Open.

Laurikainen, M. (4 de abril de 2026). Desarrollo de la Competencia Digital Docente. (O. R. Sá, Productor) Obtenido de Desarrollo de la Competencia Digital Docente: https://editora.ifsp.edu.br/edifsp/catalog/download/159/89/1608?inline=1

Lema-Cachinell, A. N.-C.-Á. (2026). Concientización y madurez digital en la gestión de los procesos sustantivos en instituciones de educación superior. Prohominum, 8(1), 627–639. doi:Lema- Cachinell, A. N., Lema- Cachinell, B. M. ., & Martin-Álvarez,

Y. M. (2026). Concientización y madurez digital en la gesthttps://doi.org/10.47606/ACVEN

Maruri Orellana, A. M. (junio de 2025). Generative artificial intelligence and its relevance to L2 teaching in higher. Polo de Conocimiento, Edición núm. 107(Vol. 10, No 6). doi:ISSN 2550 - 682X

Maruri Orellana, A. M. (junio de 2025). Generative artificial intelligence and its relevance to L2 teaching in higher. Polo de Conocimiento, Edición núm. 107(Vol. 10, No 6). doi:ISSN 2550 - 682X

Melgarejo Valverde, J. A., Puma Chombo, J. E., & Cadenillas Albornoz, V. (2024). Digital competencies in university teachers. A systematic review. Revista InveCom, 4(2).

Morales-Salas, R. E., Jiménez-Arévalo, J. de J., & Casas-Flores, A. A. (2023). Nivel de dominio de la competencia digital en el uso y alfabetización tecnológica en docentes de educación superior. Revista Científica Retos de la Ciencia, 7(16e), 58–77.

Mwiiyale, J. M., Hamutumwa, N. U., & Shatona, M. N. (2025). Exploring students' views on information literacy skills training in higher education. The Reference Librarian, 66 (1–2), 30–47.

Núñez Rojas, N., Matas Terrón, A., Ríos Ariza, J. M., & Llatas Altamirano, L. J. (2024). Competencias digitales en estudiantes universitarios: Análisis de las condiciones tecnológicas de la educación superior. Revista de Ciencias Sociales, XXX (Número Especial 10), 243–256.

Perezchica-Vega, J. E., Sepúlveda-Rodríguez, J. A., & Román-Méndez, A. D. (2024). Inteligencia artificial generativa en la educación superior: usos y opiniones de los profesores. European Public & Social Innovation Review, 9, 1–20.

Petro Lora, M. (2025). Prácticas Docentes en la Era Digital: Un Análisis de la Enseñanza de Tecnología en la Ruralidad de Montería para el Desarrollo de Competencias del Siglo XXI. Vitalia, 6(3).

Plata Díaz, D. (2022, marzo 17). Automatización del mercado laboral colombiano. PNUD Colombia.

Quintero, J. P. (2026, febrero 17). El salario vital y la productividad: los dos conceptos clave en el debate del salario mínimo. El País.

Redecker, C. (2017). European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu. Publications Office of the European Union.

Robles Morales, R. E. (2024). Competencias Digitales en Educación Superior: Estado de la Cuestión y Retos Educativos Contemporáneos. Revista Científica El Capacho, 11– 26.

Suarez Enciso, S., Yang, H. M., & Chacon Ugarte, G. (2024). Serie de habilidades para la vida: habilidades digitales. BID.

UNESCO. (2019). Marco de competencias de los docentes en materia de TIC (Versión 3).

UNESCO. (2021). Reimaginar nuestros futuros juntos: un nuevo contrato social para la educación.

Urrego, J., & Plata, S. (2026). ¿Hasta dónde puede crecer el salario mínimo en una economía debajaproductividad?ObtenidodeUNPDColombia: https://www.undp.org/es/colombia/blog/hasta-donde-puede-crecer-salario-minimo- economia-baja-productividad

Valera Sierra, R. O. (2024). Concepción curricular integral para la formación de las competencias digitales de los jóvenes en la Educación Superior. Sello Editorial Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.

Vuorikari, R. K. (2022). DigComp 2.2: The Digital Competence Framework for Citizens Publications Office of the European Union.

Zarceño, A., Agreda Montoro, M., & Ortiz-Colón, A. (2024). Digital Teaching Competence and Educational Inclusion in Higher Education. A Systematic Review. Electronic Journal of e-Learning, 22(1).

Capítulo 18

Influencia de las Tecnologías Digitales en el Comportamiento de Compra en Tiendas de Bogotá

Wilson Enrique Martínez Amado[1]
Diego Alejandro López Ordóñez[2]
Mario Duque Gaitán[3]

Resumen

El presente estudio analiza la influencia de las tecnologías digitales en el comportamiento de compra de los consumidores en tiendas de barrio de Bogotá, en un contexto de creciente transformación digital del comercio minorista. A partir de un enfoque cuantitativo, de alcance correlacional y explicativo, se aplicó una encuesta estructurada con escala Likert a una muestra representativa de 385 estudiantes universitarios, con el fin de evaluar la frecuencia de uso de herramientas digitales como aplicaciones móviles, redes sociales y pasarelas de pago, así como su relación con la confianza, la experiencia del cliente y la toma de decisiones de compra. Los resultados evidencian una asociación estadísticamente significativa entre la búsqueda de información digital y la compra a través de aplicaciones móviles, así como entre la confianza en la información digital y la valoración de los pagos electrónicos. Estos hallazgos sugieren la existencia de un comportamiento de consumo híbrido, donde las dimensiones informativa y transaccional del uso tecnológico se encuentran integradas. En este sentido,

[1] Doctor PhD en administración y desarrollo, MBM Maestría en Dirección de Marketing. wenriquemartinez@universidadmayor.edu.co , https://orcid.org/0000-0002-8732-0730

[2] Doctor PhD en Administración de Empresas, Magister en Docencia- Economista. diegoalejandrolopez@universidadmayor.edu.co, https://orcid.org/0000-0003-2149-3492

[3] Magíster en Gestión de las Organizaciones. Especialista en Docencia Universitaria. mduqueg@universidadmayor.edu.co, https://orcid.org/0009-0005-0243-718X

la investigación aporta evidencia empírica relevante para comprender los procesos de adopción digital en el comercio local, destacando la importancia de fortalecer estrategias digitales que articulen información, confianza y experiencia del cliente, en línea con modelos teóricos como el TAM y el customer journey.

Palabras Clave: Tecnologías Digitales, Comportamiento de Compra, Tiendas de Barrio, Compradores, Comercio Local

Introducción

El método utilizado para ver el grado de aceptación del marketing digital en las Mobile Apps combina los modelos TAM (Technology Acceptance Model), es pertinente hablar de los modelos de aceptación tecnológica como oportunidad en el desarrollo de este trabajo investigativo; de acuerdo con esto, es importante mencionar las diferentes variables que se encuentran en los modelos como Aceptación de Tecnología (TAM), en los que Aragão y Aguiar (2023) permiten entender la importancia y el impacto del uso de la realidad aumentada en la experiencia de compra, bajo los dispositivos móviles, basados en Technology Acceptance Model (TAM) con el potencial para el mercado minorista, permitiendo así una experiencia virtual única. En cuanto al ZMOT (Zero Moment of Truth o Momento cero de la verdad), concepto atribuido por Google al que hace referencia Han (2020), el ZMOT tiene efectos en la intención de uso por parte de los usuarios desde el punto de vista emocional bajo la relación estímulo – organismo -respuesta, haciendo relación al proceso que experimenta un shopper o comprador antes de tomar una decisión de compra por medio de dispositivos o aplicaciones.

Por otro lado, la experiencia del cliente (Customer Experience - CX) se puede definir como el conjunto de percepciones, respuestas cognitivas, emocionales, sensoriales y conductuales que un consumidor desarrolla a lo largo de su interacción con una empresa. Según Lemon & Verhoef (2016), la experiencia del cliente es un constructo multidimensional que se forma a través de múltiples puntos de contacto (touchpoints) y no se limita únicamente al momento de compra. A su vez la transformación digital en las pequeñas y medianas empresas (PYMES) del sector retail se configura como un proceso estratégico que va más allá de la simple adopción de tecnologías, implicando una reconfiguración integral del modelo de negocio, la cultura organizacional y la propuesta de valor. Según Gouveia & Mamede (2020).,

uno de los principales desafíos que enfrentan las PYMES no radica en la falta de recursos o voluntad, sino en la ausencia de estrategias adecuadas alineadas con su contexto organizacional. En este sentido, la transformación digital debe entenderse como un proceso disruptivo impulsado por la globalización y el crecimiento del comercio electrónico, que exige a las empresas redefinir sus procesos, estructuras y capacidades para lograr una integración efectiva en entornos digitales. Asimismo, los autores destacan que el éxito de estos procesos depende de la selección de estrategias coherentes con las características del negocio, lo que refuerza la necesidad de modelos conceptuales que orienten la toma de decisiones y minimicen el riesgo de fracaso en la implementación.

Dentro del comercio al por menor es relevante la importancia de la tecnología como aliada en sus estrategias comerciales de cara a los clientes y marcas, esto lo indicó Juan Chinchilla, director de la unidad de negocios de la aplicación comercial de Microsoft donde el autor Patnaik (2022), indica la importancia de la política de privacidad de datos en las operaciones minoristas, pues los procesos de las compañías buscan innovación y Apps con un enfoque en lo cibernético gracias a herramientas tecnológicas y a los smartphones; permitiendo que las operaciones del comercio al por menor esté alerta de amenazas en seguridad web y los retos derivados de la adopción. En lo referente a canales tradicionales para comercio al por menor, Ghosh et al. (2023) analizan un modelo de cadena de suministro entre un minorista y un fabricante, todo en torno a un único producto. En dicho modelo se tienen en cuenta las opiniones de los clientes y la estrategia promocional a través de las iniciativas de la fuerza de ventas y mediante publicidad. En función al uso de tecnologías en marketing digital, Mirgorodskaya et al. (2020) hacen una aproximación al marketing digital y su comunicación entre los comercios minoristas y sus clientes, lo cual genera relaciones a largo plazo y promociona sus productos.

Según el modelo TAM la adopción de una tecnología depende de dos factores principales: la utilidad percibida (PU) y la facilidad del uso percibido (PEOU). Estos dos factores influyen tanto en las intenciones de comportamiento como en el uso real del sistema por parte del consumidor (David, 1989, citado por Budhaye & Oktavia, 2023, p. 183), es importante reconocer que entre más simple y más amigable una tecnología es más probable que los usuarios puedan usarla y efectuar la compra y de la misma forma entre más fácil de comprender será más fácil de usar (Budhaye & Oktavia, 2023, p.184). Así mismo, cuando se habla de la utilidad percibida, según Mofokeng. citado en

Budhaye & Oktavia, (2023) p.184. afirma que la calidad de la información se entiende como la percepción del cliente sobre la presentación de los datos en plataformas de comercio electrónico, considerando aspectos como la precisión, la relevancia, actualidad, integridad y consistencia.

Por otro lado, también cabe señalar las preferencias de dispositivo y el comportamiento de compra. A pesar de la amplia penetración de los dispositivos móviles, se reconoce que muchos consumidores continúan prefiriendo el uso de computadoras portátiles (notebooks) para realizar sus compras en línea. El uso de smartphones tiende a estar más vinculado a la búsqueda de información o exploración de productos, mientras que la ejecución final del pago se realiza con mayor frecuencia en dispositivos de mayor tamaño y funcionalidad, dispositivos que se consideran fijos, como las computadoras o menos móviles como laptops (Štefko, et al, 2019). Además, investigaciones recientes muestran que no existen diferencias estadísticamente significativas entre géneros en cuanto a la elección del dispositivo para efectuar compras electrónicas, lo que sugiere una adopción homogénea de las tecnologías disponibles independientemente del sexo (de Haan, et al, 2015).

Además, las tecnologías avanzadas como el machine learning favorecen la calidad y consistencia de la información ofrecida en línea, esto es el elemento crucial cuando el consumidor busca confiabilidad para tomar decisiones de compra. El machine learning, al integrar capacidades de reconocimiento de imagen y procesamiento de lenguaje natural, mejora la estructura, así como la relevancia del contenido, facilitando así la toma de decisiones durante el ZMOT (Arriaga et al. 2025). En general, el aprendizaje automático se ha convertido en una herramienta clave para la transformación digital del comercio minorista al permitir a las empresas comprender patrones de consumo, personalizar experiencias y optimizar operaciones. En definitiva, para el comercio minorista, aprovechar el ZMOT implica no sólo entregar información precisa y confiable, sino también crear experiencias relevantes y emocionales específicas para cada grupo de consumidores, apoyándose en tácticas de marketing digital y tecnologías emergentes.

Metodología

La presente investigación posee un enfoque cuantitativo, por medio del cual se busca evaluar la frecuencia y modalidades de uso de aplicaciones móviles y redes sociales para buscar información y realizar compras en tiendas de barrio. Para Gómez (2006) este enfoque se caracteriza por la recolección y él análisis de datos para contestar preguntas de investigación, confiando en la medición numérica, el conteo y el uso de la estadística para establecer patrones en una población. El alcance de la presente investigación es de carácter analítico explicativo el cual pretende, asociar conceptos o variables, permiten predicciones y cuantifican relaciones entre conceptos o variables (Hernández-Sampieri, et al, 2017).

Los estudios correlacionales se utilizan para determinar en qué medida dos o más variables están relacionadas entre sí. Se trata de averiguar de qué manera los cambios de una variable influyen en los valores de otra u otras variables (Cauas,2015). Por otra parte, "los estudios comparativos correlacionales son usados para determinar las diferencias en los valores de algunas variables entre grupos distintos. En gran parte de la literatura acerca de investigación se propone hacer esto mediante técnicas experimentales, en los que se controlen las variables intervinientes y modificando las variables dependientes de manera de apreciar los efectos de las variables independientes" (Cauas,2015; p.10).

Técnicas

Para la presente investigación se utilizó como técnica de instrumentos la encuesta estructurada, esta constituye uno de los instrumentos más utilizados en la investigación cuantitativa debido a su capacidad para recolectar datos de manera sistemática, objetiva y comparable. Según Hernández Sampieri, Fernández Collado & Baptista (2014), este tipo de instrumento se caracteriza por el uso de preguntas previamente definidas, generalmente cerradas, que permiten medir variables de forma uniforme en una población determinada. La estandarización del cuestionario facilita el análisis estadístico, especialmente mediante técnicas descriptivas y correlacionales, garantizando la validez y confiabilidad de los resultados cuando se diseñan adecuadamente los ítems y escalas de medición.

Por otra parte, las escalas tipo Likert son ampliamente utilizadas en encuestas estructuradas para medir percepciones, actitudes y opiniones de los encuestados. De acuerdo con Likert (1932) , este tipo de escala permite

cuantificar respuestas subjetivas mediante categorías ordinales que reflejan grados de acuerdo o desacuerdo. Su uso facilita la transformación de variables cualitativas en datos cuantificables, lo que posibilita la aplicación de análisis estadísticos como medias, desviaciones estándar y correlaciones. Además, la escala Likert contribuye a mejorar la consistencia interna del instrumento cuando se agrupan varios ítems que miden un mismo constructo.

El diseño de encuestas estructuradas requiere garantizar criterios de validez y confiabilidad para asegurar la calidad de los datos recolectados. Según Babbie (2010), la validez se refiere al grado en que el instrumento mide realmente lo que pretende medir, mientras que la confiabilidad está relacionada con la consistencia de los resultados en diferentes aplicaciones. En este contexto, el uso de análisis estadísticos como frecuencias, medidas de tendencia central y análisis correlacional permite identificar patrones y relaciones entre variables, aportando rigor metodológico al estudio. Asimismo, el uso de coeficientes como el alfa de Cronbach es fundamental para evaluar la consistencia interna del instrumento.

Población (unidad de análisis) y muestra

Población de estudio Estudiantes

Descripción de Población Población y muestra: Estudiantes universitarios de pregrado, seleccionados mediante muestreo probabilístico estratificado

Muestra 385 Muestreo La investigación tuvo como objetivo encuestar a estudiantes universitarios que compran en tiendas de barrio de Bogotá con 7.243.201 habitantes Fórmula para calcular el tamaño de la muestra n = (Z^2 * p * q) / E^2

Estrategia de análisis de datos

La información recolectada por cada uno de los instrumentos se procesó y analizó, luego se desagregaron los resultados identificando pequeños grupos de análisis que compartían una característica en específico. La información cuantitativa recolectada se analizó a partir de estadística descriptiva, que permitió identificar las características generales de la población, como las medidas de tendencia central y permiten hacer inferencia sobre la relación entre las variables identificadas Villegas (2021).

Resultados

A continuación, se presentan los principales resultados dando respuesta al objetivo específico 1.

Tabla 1. Tabla de contingencia

Results

Contingency Tables

Contingency Tables

1. ¿Con qué frecuencia usa tecnologías digitales como aplicaciones, redes sociales, para buscar información sobre productos antes de comprar en una tienda de barrio?	2. ¿En què medida usa aplicaciones móviles (desde teléfonos inteligentes) para realizar compras de productos en tiendas de barrio?					
	1	2	3	4	5	Total
1	36	6	7	0	2	51
2	29	43	13	5	1	91
3	13	35	41	7	0	96
4	10	18	36	48	2	114
5	7	5	9	15	15	51
Total	95	107	106	75	20	403

Note. Each cell displays the observed counts

Chi-Squared Tests

	Value	df	p
X^2	253.5	16	< .001
N	403		

Note. Continuity correction is available only for 2x2 tables.

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados JASP (2026).

La tabla 1 evidencia un patrón ascendente y consistente: a medida que aumenta la frecuencia con la que las personas usan tecnologías digitales para buscar información, también tiende a aumentar el uso de aplicaciones móviles para realizar compras. Aquí la variable 1 es la frecuencia de uso de tecnologías digitales para buscar información, mientras la variable 2 se medida en que usa aplicaciones móviles para realizar compras en tiendas de barrio. Se puede observar claramente que quienes reportan nivel 1 en búsqueda de información digital se concentran principalmente en nivel 1 de uso de apps para comprar (36 de 51 casos; 70.6%). Quienes están en nivel 2 de búsqueda se concentran sobre todo en nivel 2 de compra por apps (43 de 91; 47.3%). En nivel 3, la mayor concentración aparece en nivel 3 de compra (41 de 96; 42.7%). En nivel 4, la categoría dominante es también nivel 4 de compra (48 de 114; 42.1%). En nivel 5, los casos se concentran especialmente en niveles 4 y 5 de compra (15 y 15 casos, respectivamente; 58.8% sumados). En términos sustantivos, esto sugiere que la búsqueda digital de información y la compra digital mediante aplicaciones móviles no son comportamientos aislados, sino prácticas asociadas dentro del proceso de compra en tiendas de barrio.

Por otro lado, el resultado inferencial del chi-cuadrado reporta la siguiente prueba de independencia:

- $\chi^2 = 253.5$
- $gl = 16$
- $p < .001$
- $N = 403$

Esto significa que se rechaza la hipótesis nula de independencia. En consecuencia, existe una asociación estadísticamente significativa entre ambas variables. Es decir, la frecuencia de uso de tecnologías digitales para buscar información antes de comprar está relacionada con la medida en que los encuestados usan aplicaciones móviles para realizar compras en tiendas de barrio.

Con lo anterior se puede afirmar que existe una coherencia conductual entre el uso digital informativo y el uso digital transaccional. También que los consumidores que incorporan herramientas digitales para explorar productos también muestran mayor disposición a concretar compras mediante aplicaciones móviles. A su vez, el proceso de digitalización del consumo en tiendas de barrio parece ocurrir en dos etapas conectadas, la búsqueda de la información y la compra digital. Esto es importante porque indica que las tecnologías digitales no solo sirven para informarse, sino que también están vinculadas a la transformación del acto de compra.

La prueba de chi-cuadrado evidenció una asociación estadísticamente significativa entre la frecuencia de uso de tecnologías digitales para buscar información sobre productos antes de comprar en tiendas de barrio y el uso de aplicaciones móviles para realizar compras, $\chi^2(16, N = 403) = 253.5$, $p < .001$. La distribución de frecuencias mostró un patrón ascendente, en el que los participantes con menores niveles de búsqueda digital se concentraron en categorías bajas de compra mediante aplicaciones móviles, mientras que aquellos con mayores niveles de búsqueda digital tendieron a ubicarse en categorías medias y altas de compra digital. Estos resultados sugieren que la digitalización del comportamiento del consumidor en tiendas de barrio integra tanto una dimensión informativa como una transaccional.

Tabla 2. Tabla de contingencia

Contingency Tables

	6. ¿Cuál es su nivel de confianza respecto a la información que le brindan las marcas o tenderos, desde tecnologías digitales al buscar productos en tiendas de barrio?					
3. ¿Qué importancia tiene para usted, realizar pagos desde aplicaciones digitales o pasarelas de pagos online al momento de comprar en una tienda de barrio?	1	2	3	4	5	Total
1	2	4	5	1	0	12
2	4	6	9	1	0	20
3	2	20	52	34	1	109
4	3	27	72	40	3	145
5	2	17	54	36	8	117
Total	13	74	192	112	12	403

Note. Each cell displays the observed counts

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados JASP (2026).

Chi-Squared Tests

	Value	df	p
X^2	45.40	16	< .001
N	403		

Note. Continuity correction is available only for 2x2 tables.

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados JASP (2026).

Con estas dos preguntas anteriormente descritas, no se está cruzando directamente "frecuencia de uso" con "compra", sino dos dimensiones clave del proceso digital de compra, la importancia de realizar pagos desde aplicaciones digitales o pasarelas online y por otro lado el nivel de confianza en la información brindada por marcas o tenderos a través de tecnologías

digitales. Eso permite analizar si la confianza digital está asociada con la valoración del pago digital dentro del contexto de compra en tiendas de barrio.

El resultado inferencial principal reporta un chi-cuadrado descrito a continuación:

- $\chi^2(16) = 45.40$
- $p < .001$
- $N = 403$

Este resultado indica que existe una asociación estadísticamente significativa entre la importancia atribuida a los pagos digitales, y el nivel de confianza en la información digital proporcionada por marcas o tenderos. En otras palabras, ambas variables no son independientes. La percepción de confianza en los canales digitales está relacionada con la valoración que las personas otorgan al uso de aplicaciones o pasarelas de pago al comprar en tiendas de barrio.

La tabla 2 muestra una concentración importante de casos en las categorías medias y medias-altas, especialmente en los niveles 3 y 4 de ambas variables. Esto sugiere que, en términos generales, los consumidores no se ubican en extremos de rechazo total ni de aceptación absoluta, sino en una zona de aceptación moderada a favorable de la digitalización del proceso de compra. Esto indica que quienes valoran más los pagos digitales no necesariamente se concentran solo en el nivel máximo de confianza, pero sí tienden a ubicarse en niveles medios-altos de confianza digital. Estos hallazgos aportan directamente al objetivo específico porque muestran que las modalidades digitales de compra en tiendas de barrio no dependen únicamente de la existencia de herramientas tecnológicas, sino también de factores perceptuales como la confianza.

Con el fin de analizar la relación entre la importancia atribuida a los pagos digitales y el nivel de confianza en la información brindada por marcas o tenderos mediante tecnologías digitales, se aplicó una prueba de chi-cuadrado. Los resultados evidenciaron una asociación estadísticamente significativa entre ambas variables, $\chi^2(16, N = 403) = 45.40$, $p < .001$. En términos descriptivos, la confianza en la información digital se concentró principalmente en niveles intermedios y medio-altos, mientras que la importancia otorgada a los pagos digitales se ubicó mayoritariamente en niveles altos. Este patrón sugiere que una mayor confianza en la información

digital se relaciona con una mayor valoración del uso de aplicaciones o pasarelas de pago online al comprar en tiendas de barrio.

Tabla 3. ¿Cómo evalúa su experiencia al utilizar tecnologías digitales para realizar compras en tiendas de barrio? Vs ¿Al utilizar tecnologías digitales para interactuar con las tiendas de barrio en comparación con métodos tradicionales de compra, usted se siente?

Contingency Tables

	9. ¿Cómo evalúa su experiencia al utilizar tecnologías digitales para realizar compras en tiendas de barrio?					
14. ¿Al utilizar tecnologías digitales para interactuar con las tiendas de barrio en comparación con métodos tradicionales de compra, usted se siente?	1	2	3	4	5	Total
1	0	2	5	0	0	7
2	0	5	26	7	0	38
3	1	2	99	68	5	175
4	1	2	59	88	11	161
5	1	0	7	4	10	22
Total	3	11	196	167	26	403

Note. Each cell displays the observed counts

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados JASP (2026).

Chi-Squared Tests

	Value	df	p
X^2	128.6	16	< .001
N	403		

Note. Continuity correction is available only for 2x2 tables.

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados JASP (2026).

Se realizó análisis en JASP donde se utilizó Tabla de contingencia y Prueba Chi-cuadrado de independencia. Esto permite evaluar si la experiencia con tecnologías digitales está asociada con cómo se sienten los usuarios al utilizarlas frente a métodos tradicionales. La tabla relaciona dos variables, tanto la experiencia utilizando tecnologías digitales para comprar en tiendas de barrio (Pregunta 9) así cómo se sienten usando tecnologías digitales frente a métodos tradicionales (Pregunta 14). El total de encuestados fue de 403. Los resultados muestran que la mayor concentración de respuestas se ubica en niveles medios y altos de experiencia digital.

Esto indica que la mayoría de los consumidores tiene una experiencia moderada o positiva al utilizar tecnologías digitales para interactuar con tiendas de barrio. Además, quienes reportan mayor experiencia digital tienden también a sentirse más cómodos utilizando estas tecnologías frente a los métodos tradicionales de compra. Esto sugiere una adaptación progresiva al comercio digital en el contexto de tiendas de barrio.

La interpretación del Chi-cuadrado indica lo siguiente:

$\chi^2 = 128.6$

$gl = 16$

$p < .001$

$N = 403$

Significado estadístico

El valor de $p < 0.001$ indica que existe una relación estadísticamente significativa entre la experiencia en el uso de tecnologías digitales y la percepción o comodidad al utilizarlas para interactuar con tiendas de barrio. Esto significa que las variables no son independientes y que la experiencia digital influye en cómo los usuarios perciben el uso de estas tecnologías para comprar. Los resultados sugieren que a medida que aumenta la experiencia de los consumidores en el uso de tecnologías digitales, también mejora su percepción y comodidad al utilizarlas para interactuar con tiendas de barrio. Esto evidencia un proceso de digitalización del consumo local, donde las aplicaciones móviles y redes sociales se consolidan como herramientas relevantes para buscar información sobre productos, interactuar con comerciantes y realizar compras en establecimientos de proximidad. Por lo tanto, la frecuencia y modalidad de uso de tecnologías digitales está asociada con la aceptación del comercio digital en tiendas de barrio.

Los resultados del análisis de contingencia evidencian una asociación significativa entre la experiencia de los usuarios al utilizar tecnologías digitales para realizar compras en tiendas de barrio y la percepción que tienen al comparar estas herramientas con los métodos tradicionales de compra. La prueba de Chi-cuadrado mostró una relación estadísticamente significativa ($\chi^2 = 128.6$; $gl = 16$; $p < 0.001$; $N = 403$), lo que indica que ambas variables no son independientes. En términos descriptivos, la mayoría de los encuestados reporta niveles moderados y altos de experiencia en el uso de tecnologías digitales (niveles 3 y 4), lo que sugiere una adopción creciente de herramientas digitales para interactuar con tiendas de barrio. Asimismo, los usuarios con mayor experiencia tienden a manifestar una mayor comodidad al utilizar estas tecnologías en comparación con los métodos tradicionales de compra, lo que evidencia un proceso de adaptación progresiva hacia modalidades de consumo digital en el comercio local.

Finalmente, este resultado respalda que: Existe adopción digital del consumidor; las redes sociales y apps influyen en el comportamiento de compra; las tiendas de barrio pueden beneficiarse de estrategias digitales.

Conclusiones

Existe una relación significativa entre buscar información digitalmente y comprar mediante apps móviles; el patrón es positivo y ascendente. Hay evidencia de un proceso de integración digital del comportamiento de compra en tiendas de barrio, el cual responde directamente el objetivo específico de evaluar la frecuencia y modalidades de uso digital de los consumidores.

También se puede concluir que el uso y valoración de mecanismos digitales de compra, como pagos por aplicaciones o pasarelas, está asociado con la confianza que el consumidor deposita en la información recibida por medios digitales. La transformación digital en tiendas de barrio no es solamente transaccional; también tiene una dimensión relacional e informativa. Para que las personas valoren más los pagos digitales, parece ser importante que perciban como creíble, clara y útil la información que reciben de marcas o tenderos por medios digitales.

Otra conclusión permite proyectar que las modalidades digitales de compra en tiendas de barrio están asociadas con la confianza en la información digital. Los pagos por aplicaciones o pasarelas online adquieren mayor relevancia

cuando los consumidores perciben mayor confiabilidad en la comunicación digital de marcas o tenderos. La transformación digital del comercio de barrio debe entenderse como un proceso que combina información, confianza y transacción.

También se puede concluir que existe una evidencia extremadamente fuerte de asociación entre buscar información digitalmente y comprar mediante aplicaciones móviles. La frecuencia de uso digital informativo está relacionada con la modalidad digital transaccional. Las tiendas de barrio están siendo incorporadas, al menos por parte de un segmento de consumidores, dentro de dinámicas de consumo digital más estructuradas.

Referencias bibliográficas

Aragão, K. E. & Aguiar, L. M. (2023). Augmented reality and smart retail: a study on user perception. Revista Brasileira de Marketing, 22. 1819-1895. https://doi.org/10.5585/remark.v22i4.23958

Arias-Gonzales, J. (2021). Diseño y metodología de la investigación.

Arriaga, B., Gómez, A., Palacios , A., & Aliaga , W. (2025). A Peruvian machine learning model for e-commerce product matching in South America, Spain and Portugal. Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, 1-13. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2025.100561

Babbie, E. (2010). The practice of social research (12th ed.). Wadsworth.

Budhaye, L., & Oktavia , T. (2023). Exploring Factors Influencing Customer Purchase Behavior in. Journal of System and Management Sciences, 13, 180-195. https://doi:10.33168/JSMS.2023.0512

Cauas, D. (2015). Definición de las variables, enfoque y tipo de investigación. Bogotá: biblioteca electrónica de la universidad Nacional de Colombia, 2, 1-11.

De Haan , E., Kannan, P., Verhoef, P., & Wiesel , T. (2015). The role of Mobile Devices in the Online Customer Journey. Marketing Science Institute, 1-22.

Dolezal, J. (2019). A flight to quality? Why content marketing strategy must evolve. Journal of brand Strategy, volumen 7(4). Retrieved from https://doi.org/10.69554/BYPT5743

Federación Nacional de Comerciantes [FENALCO]. (2020). La tienda de barrio sigue siendo la joya de la corona para los productos de consumo masivo. https://www.fenalco.com.co/blog/gremial-4/la-tienda-de-barrio-sigue-siendo-la-joya-de-la-corona-para-los-productos-de-consumo-masivo-456.

Ghosh, S. K., Pathak, C. & Khanra S. (2023). Determination of optimal price and quantity in a two-echelon supply chain model with promotional effort and feedback effect in stochastic scenario. Expert Systems with Applications, 214. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.119066

Gómez, M. M. (2006). Introducción a la metodología de la investigación científica. Editorial Brujas.

Gouveia, F. D., & Mamede, H. S. (2020). Digital Transformation for SMEs in the Retail Industry. International Conference on Industry Sciences and Computer Science Innovation. https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.08.081

Han, F., Chen, S. & Li, B. (2022). Competitive Policy for Online Retailers' Intrusion in E-Commence. Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research, 17(4), 1361-1682. https://doi.org/10.3390/jtaer17040069

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (6ª ed.). McGraw-Hill.

Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2017). Alcance de la Investigación.

Lemon, K. N., & Verhoef, P. C. (2016). Understanding customer experience throughout the customer journey. Journal of Marketing, 80(6), 69–96. https://doi.org/10.1509/jm.15.0420

Lenartowicz, T. y Balasubramanian, S. (2009). Practices and perfomance of Smail Retail Stores in Developing Economies. American marketing association, 17(1), 58-90. https://doi.org/10.1509/jimk.17.1.58.

Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. Archives of Psychology, 140, 1–55.

Mirgorodskaya, O., Ivanchenko, O. & Dadayan, N. (2020). Using Digital Signage Technologies in Retail Marketing Activities. ACM International Conference Proceeding Series. http://dx.doi.org/10.1145/3446434.3446476.

Patnaik, R. (2022). Data privacy policy: Cyber security implications on retail operations. IGI Global.

QuestionPro. (2023). Hipótesis de investigación: qué es, tipos y cómo desarrollarla.

Sang-lin, Han., & Kihyung, Kim (2020). Role of consumption values in the luxury brand experience: Moderating effects of category and the generation gap. Journal of Retailing and Consumer Services. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2020.102249

Štefko, R., Bačík2, R., Fedorko3, F., Oleárová4, M., & Rigelský5, M. (2019). Analiysis of consumer preferences related to the use of digital devices in the ecommerce dimension. Entrepreneurship and Sustanability Issues, 25-33. http://doi.org10.970/jesi.2019.7.1(2)

Xin-Jean, L., Jun-Hwa, C., & Nisreen, A. (2025). Exploring the mecahanisms of live streamingtechnology and impulse buying tendencies: Do zero moments of truth value , trust and emotinal engagement matter. Sun Yat-Sen, China . http://doi:10.17705/1jais.00957

Zúñiga, P. I. V. (2023). Metodología de la investigación científica. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar

Capítulo 19

Incorporación de la Inteligencia Artificial al Proceso de Reclutamiento

Karina Alonso Ramírez [1]
Óscar Alonso Ramírez [2]
Lorena Alonso Ramírez [3]

Resumen

La tecnología ha tenido un rol determinante en la ejecución y desarrollo de nuestras actividades. Actualmente la mayoría de las funciones laborales se encuentran vinculadas a procesos que han logrado ser más eficientes mediante el involucramiento de estas herramientas. En relación con los procesos de la gestión del personal, éstos también se han visto favorecidos facilitando la conservación, manejo y análisis de la información a fin de mejorar los resultados para la organización. De manera específica, se identifica que las actividades relacionadas con la etapa de provisión de recursos humanos son las que han sufrido mayores cambios con la aplicación de estrategias tecnológicas como el uso de la inteligencia artificial. De manera específica, en el proceso de reclutamiento la aplicación de la inteligencia artificial mediante el uso de plataformas, chatbots, análisis predictivo de currículos, etc. se ha adaptado, dando resultados favorables para las organizaciones al disminuir costos y horas hombre en la revisión y análisis de la información proporcionada por los candidatos. El objetivo de este caso de estudio es identificar los cambios en las formas de reclutar, así como diseñar un chatbot que sea aplicable al proceso de atracción de personal operativo de una empresa dedicada a la fabricación de botellas plásticas de la ciudad de

[1] Universidad Veracruzana. Académico. kalonso@uv.mx
[2] Universidad Veracruzana. Académico. oalonso@uv.mx
[3] Universidad Veracruzana. Académico. lalonso@uv.mx

Xalapa, Veracruz. El proyecto se llevó a cabo mediante un análisis del reclutamiento que realiza la empresa, así como la aplicación de una entrevista y revisión documental a fin de diseñar la herramienta para facilitar el filtrado de candidatos y disminuir el tiempo que dedica el personal en la revisión de posibles candidatos.

Palabras clave: reclutamiento, inteligencia artificial, chatbots

Introducción

La gestión de recursos humanos se integra de una serie de etapas y acciones enfocadas a la integración, evaluación y desarrollo de los colaboradores. Su primera etapa corresponde a la provisión de personal, la cual abarca el reclutamiento y selección. El reclutamiento es uno de los procesos más demandantes que enfrentan las empresas, ya que consiste en atraer candidatos potenciales para la vacante, es decir, aquellos que verdaderamente cubren las especificaciones del puesto a ocupar y pueden dar un resultado favorable tanto en el proceso de selección como en su incorporación a la empresa, en caso de resultar apto.

Para llevar a cabo el reclutamiento, las organizaciones pueden emplear una serie de estrategias dependiendo las características o condicionantes de la vacante, por ejemplo, puede ser desde un reclutamiento interno, personal que ya forma parte de la empresa que cumpla con las competencias requeridas en la vacante que pueda moverse de puesto, o bien, el reclutamiento externo mediante el uso de plataformas como OCC, computrabajo, etc, a través de las cuales se da a conocer la vacante a fin de llegar a un gran número de personas con el perfil convocado. En este tipo de reclutamiento también involucra acciones como mantener contacto con escuelas, participar en ferias de empleo, uso de redes sociales, entre otras.

En relación con lo anterior y dependiendo el impacto de cada vacante, el departamento de recursos humanos se enfrenta a la revisión y análisis de currículos, que, en la mayoría de los casos, no cumplen con los requerimientos convocados, sin embargo, si implica tiempo para los reclutadores en analizar cada uno de los documentos recibidos e integrar el grupo de candidatos que pasarán a la siguiente etapa.

Considerando dichas problemáticas y ante la carga de trabajo que representa cubrir una vacante para el departamento de recursos humanos, la tecnología

es un aliado que ha transformado significativamente el proceso de reclutamiento trayendo mejoras e innovadoras técnicas de aplicación, con la intensión de filtrar y mejorar los procesos. En este sentido, la Inteligencias Artificial se ha convertido en una herramienta de uso práctico que reduce significativamente los tiempos de análisis de información de los candidatos, en este caso, el diseño y aplicación de un chatbots favorece la eliminación de candidatos que no cubran con el perfil, es decir, que no cuenten con la experiencia, conocimientos, habilidades que se requieran para la vacante que apliquen, favoreciendo el trabajo de los reclutadores, disminuyendo los tiempos de revisión, análisis e integración de candidatos potenciales para el siguiente proceso de la gestión de personal.

MARCO TEÓRICO

Reclutamiento

La gestión de recursos humanos corresponde a una serie de fases o etapas perfectamente interrelacionadas que comparten insumos y resultados entre sí. El inicio de este gran proceso corresponde a la incorporación de personal nuevo a la empresa dotados de conocimientos, habilidades, destrezas, es decir, que sean competentes para el puesto vacante. Derivado de este proceso de incorporación, vale la pena señalar el reclutamiento como el punto de partida a fin de promover las vacantes de la empresa, en los medios adecuados y lograr la incorporación exitosa de personal.

El reclutamiento, también llamado atracción de personal, hace referencia a la serie de herramientas que implementa una empresa a fin de atraer y hacer que la gente que cuenta con habilidades, aptitudes y aspiraciones para trabajar, busque el trabajo más apropiado a sus capacidades, y que de igual manera la empresa que lo busque logre encontrarlo (Carrillo, 2014). Este proceso, considerado uno de los más importantes, requiere una planeación minuciosa que incluya estrategias que garanticen la difusión correcta de la vacante.

Un mal reclutamiento afecta a la empresa en diferentes aspectos, entre los que se destacan:

- Permitir el acceso a la empresa de personas incorrectas, que no cubran el perfil.

- Pérdida de tiempo en atraer personal interesado en trabajar en la empresa.
- Exceso de currículos pare revisar por parte de recursos humanos.
- Disminuye la competitividad en la empresa
- Deteriora el clima laboral.

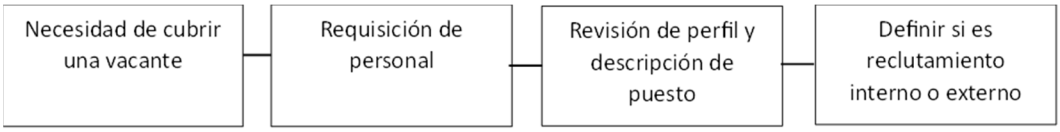
El proceso de reclutamiento de personal es sencillo, sin embargo, su impacto a la empresa suele ser significativo para el logro de los resultados esperados. Entre más eficiente sea este proceso se contará con candidatos idóneos para realizar un proceso de selección ágil y provechoso. Este se inicia con la detección de necesidades de cubrir un puesto vacante, en este momento, se deberá identificar el perfil del puesto, a manera de definir los elementos que deberán tomarse en cuenta o las características que debe reunir los candidatos, tales como:

- Conocimientos
- Experiencia
- Habilidades
- Tareas y funciones a realizar por el puesto

Una vez concluido este análisis determinar si el reclutamiento será interno o externo y las estrategias que deberán aplicarse a fin de garantizar la atracción de candidatos. Finalmente, se puede evaluar el proceso de reclutamiento de acuerdo con los resultados obtenidos por los candidatos en el siguiente proceso que es la selección (Amo, 2019).

A continuación, se muestra gráficamente el proceso de reclutamiento:

Gráfico 1. Proceso de reclutamiento



Fuente: Elaboración propia a partir de Amo (2019). Reclutamiento y selección de personal

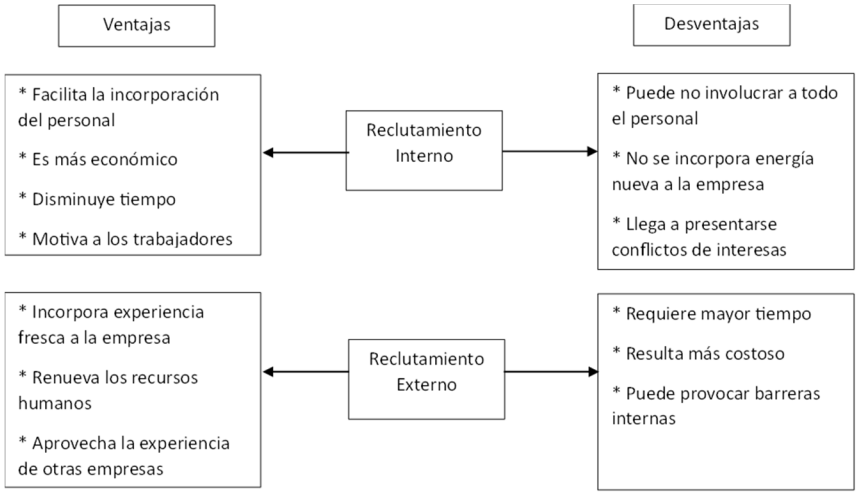
Fuentes de Reclutamiento

En relación con las fuentes de reclutamiento, el área de recursos humanos, encargada de esta actividad, deberá determinar las acciones que seguirá a fin de atraer personal idóneo a la vacante, este puede ser (Chiavenato, 2011):

- Interno: cuando la vacante puede cubrirse con personal que ya forma parte de la empresa, este consiste en acciones como (Amo, 2019):
    - Rotación o traslado
    - Promoción
- Externo, este representa acciones que facilitan la búsqueda de posibles candidatos fuera de la empresa, con la intensión de incorporar nuevo personal a la organización. Dentro de estas fuentes se identifican (Chiavenato, 2011):
    - Agencias de colocación
    - Ferias de empleo
    - Instituciones académicas
    - Recomendaciones

En consideración a las fuentes de reclutamiento, se identifican las ventajas y desventajas de cada uno:

Gráfico 2. Ventajas y Desventajas de las fuentes de reclutamiento



Fuente: Elaboración propia a partir de Chiavenato, Idalberto (2011). Administración de recursos humanos

Evolución del proceso de reclutamiento

Como se ha mencionado anteriormente, los avances tecnológicos han revolucionado los procesos en la gestión de recursos humanos, en ese sentido, el proceso de reclutamiento ha tenido una evolución significativa identificando grandes diferencias en cada etapa, marcadas principalmente por el desarrollo tecnológico del momento. A continuación, se describe brevemente cada una de las eras de reclutamiento:

Tabla 1. Eras de reclutamiento

Era de reclutamiento	Características	Estrategias aplicadas
1.0	En esta etapa el reclutamiento se realizaba de manera manual, es decir, aún no incursionaba la tecnología. Se caracterizaba por ser procesos lentos y alcance limitado.	Anuncios Recepción de CV´s Boletines de empleo
2.0	Esta marca el inicio de la digitalización del proceso, se incorpora el uso de internet y fuentes tecnológicas básicas de información. En esta etapa el alcance las vacantes es mayor, teniendo mayor impacto social.	Portales de empleo Correos electrónicos Bases de datos digitales para recepción de CV´s Incorporación del uso de teléfonos móviles Primeras entrevistas remotas
3.0	Esta etapa se beneficia con la aplicación de las redes sociales y tecnologías avanzadas para el análisis de datos.	Uso de redes sociales como Linked In. Surgen blogs especializados Atracción de candidatos que no están en búsqueda de empleo Análisis eficiente de datos
4.0	En esta era se hace referencia a la aplicación de tecnologías avanzadas como inteligencia artificial, big data y automatización del proceso. Derivado del uso de estas herramientas se habla de un proceso preciso y eficiente, provocando una experiencia ágil y personalizada al candidato.	Aplicación de algoritmos de inteligencia artificial para filtrar información Chatbots para interactuar con candidatos Video entrevistas
5.0	Rescata un enfoque centrado en la persona (candidato) al valorar sus habilidades y destrezas, fuertemente vinculado al uso de tecnologías emergentes, generando procesos de	Realidad virtual Simulación de entrevistas Mayor inclusión y diversidad Inteligencia artificial avanzada para

	reclutamiento inmersivos e interactivos.	personalización y decisiones éticas del proceso.

Fuente: Elaboración propia a partir de Magaña (2024). Evolución del proceso de reclutamiento de personal: de lo tradicional a lo digital.

Inteligencia Artificial

Con la finalidad de que los procesos sean cada vez más eficientes, las organizaciones han aprovechado la aplicación de la Inteligencia Artificial (IA), obteniendo una serie de beneficios que se reflejan en el nivel productivo de la organización, se puede decir que la IA es el conjunto de técnicas donde permite realizar diversas funciones avanzadas como lo son ver, comprender, analizar datos y hacer recomendaciones, entre otras desde una computadora (Del Toro, 2023). Iberdrola (2020) la define como la combinación de algoritmos planteados con el propósito de crear máquinas que presenten las mismas capacidades que el ser humano.

Es un campo de la ciencia en donde la creación de computadoras y maquinas en donde pueden razonar, aprender y actuar donde normalmente se requiere de la inteligencia humana o excede lo que el humano puede analizar. La IA incluye muchas disciplinas como psicología, lingüística, software, análisis y las estadísticas de datos.

Para las empresas suele ser un conjunto de tecnologías que se basan en el aprendizaje automático y profundo, que suelen ser usados para analizar datos, obtener predicciones, el procesamiento del lenguaje natural, recomendaciones y más. (Del Toro, 2023)

Funcionamiento

Los sistemas de la IA aprenden y mejoran a través de las grandes cantidades de datos, por lo que se puede identificar patrones y relaciones que las personas suelen pasar por alto. Esto suele implicar algoritmos, siendo las reglas o instrucciones que ayudan a la toma de decisiones de la IA. El aprendizaje automático, estos se entrenan con datos etiquetados o no etiquetados para poder hacer las predicciones y categorizar mejor la información. (Sein, 2019)

Se utilizan redes neuronales artificiales para procesar la información, imitando la estructura y función del cerebro humano. Estos sistemas suelen

volverse cada vez más hábiles en la realización de tareas específicas, que van desde el reconocimiento de imágenes hasta la traducción de idiomas.

Beneficios de la IA en el proceso de reclutamiento

Al analizar la literatura existente, se identifican múltiples beneficios que la inteligencia artificial aporta a las empresas, especialmente en los procesos de reclutamiento y selección de personal. Entre ellos destaca la reducción considerable de tiempos y costos, los cuales suelen estar directamente relacionados con la cantidad de empleados. Asimismo, se resalta la mejora en la eficiencia operativa, la disminución de gastos, la reducción de sesgos humanos durante la contratación y una mayor previsibilidad en la toma de decisiones.

Por otro lado, la implementación de la IA en la capacitación empresarial ha permitido optimizar recursos de manera más efectiva, tanto en términos económicos como en la disminución de sesgos humanos. Según Chávez et al. (2024), tareas como la clasificación de currículums y la programación de entrevistas pueden automatizarse, lo que permite a las organizaciones ahorrar tiempo y destinar recursos a áreas prioritarias. De igual forma, Chilunjika et al. (2022) señalan que la automatización contribuye a reducir costos operativos al liberar a los trabajadores de actividades repetitivas. En la misma línea, Díaz (2024) menciona que estos ahorros pueden redirigirse hacia procesos de formación, fortaleciendo así el desarrollo del talento humano. Además, estos avances promueven decisiones más éticas y precisas, ya que, como indican Chávez et al. (2024), los sistemas basados en datos ayudan a eliminar sesgos relacionados con género, raza y edad.

Eficiencia de Operatividad:

En relación con lo anterior, cabe destacar que la incorporación de la inteligencia artificial en las etapas de reclutamiento contribuye de manera significativa a mejorar la eficiencia operativa. Las empresas que adoptan estas tecnologías pueden gestionar grandes volúmenes de solicitudes en periodos muy cortos. Por ejemplo, los sistemas de gestión de talento y análisis de currículums son capaces de procesar en minutos miles de perfiles, identificar aquellos que cumplen con los requisitos del puesto y generar una lista más sólida de candidatos. Esto se traduce en una reducción considerable del tiempo dedicado a la revisión de hojas de vida, permitiendo que el personal

de recursos humanos concentre sus esfuerzos en actividades de mayor valor, como las entrevistas.

Asimismo, más allá de la automatización de tareas rutinarias (como la clasificación de currículums, la programación de entrevistas o el contacto inicial con los postulantes), la IA contribuye a disminuir errores humanos frecuentes en procesos manuales. De igual forma, favorece una mejor asignación de recursos humanos, haciendo posible atender un mayor número de solicitudes sin incrementar de forma significativa los costos operativos ni el tiempo de gestión.

En este sentido, la reducción de costos se consolida como otro de los beneficios clave. El uso de herramientas automatizadas permite disminuir gastos asociados a la publicidad de vacantes, la contratación de personal adicional para entrevistas y la implementación de software especializado. Además, al reducir el tiempo invertido en tareas operativas, el personal puede ser reasignado a áreas estratégicas como la capacitación y el desarrollo, lo que refuerza tanto la eficiencia organizacional como el crecimiento del talento humano.

Desarrollo

La IA existe desde los años 90´s donde se comenzó en 1950 a desarrollar métodos y algoritmos de IA y sistemas expertos con algoritmos en 1970, en el año de 1990 aparece el sistema de aprendizaje automático y profundo.

Con ayuda de la IA se da la oportunidad de automatizar múltiples procesos complejos que requieren la intervención humana. Además de que ha pasado por varias etapas, empezó enfocándose en tareas específicas y limitadas, como lo era el reconocimiento de voz o imágenes. Debido a los avances obtenidos en algoritmo y poder computacional, se puede decir que la IA ha evolucionado a sistemas más sofisticados, donde se pueden realizar tareas más complejas como el procedimiento de lenguaje neutral, aprendizaje automático y el razonamiento.

De manera que ha ido evolucionando en el 2011, Apple introdujo al mercado su asistente virtual Siri, integrado en el innovador teléfono iPhone 4S. y un año después se presentó la segunda generación de la IA con el lanzamiento de asistentes virtuales en Google y Microsoft.

En el 2017 se lanzó mediante la telefónica Aura, una de las plataformas innovadoras donde se incorporan capacidades cognitivas para mejorar la interacción con clientes. En el 2018 la IA se adentró sectores importantes como la automoción, donde se impulsó el avance significativo de la conducción autónoma, esto se está utilizando en fabricantes destacados como lo son Tesla o Audi.

Para el 2019 se desarrollaron avances innovadores en la industria del turismo, la movilidad y la banca, donde se aprovechan los algoritmos de reconocimiento de imágenes y modelos predictivos para comprender y predecir comportamientos de las personas. Durante la pandemia se implementó en el sector de la salud, como sensores térmicos automatizados y aplicación de herramienta big data.

En la actualidad se empezó a escuchar hablar de la IA en el 2022, pronósticos que expertos han realizado, se estima que la IA generara más de 300 mil millones de dólares anuales en ingresos a lo largo del 2024.

Su aplicación en el área de Recursos Humanos

Se basa en el uso de la tecnología avanzada de IA para mejorar y optimizar los procesos que se relacionan con la gestión del personal. Incluyendo las tareas como la selección, evaluación del desempeño, retención y así como la formación y desempeño del personal. El beneficio que se cuenta con la IA es la capacidad que tiene para analizar gran cantidad de datos, identificar los patrones y tomar decisiones en base a los modelos predictivos.

Como todo se tienen ventajas y desventajas sobre la IA implementada en RH algunas de sus ventajas son:

- Eficiencia para automatizar las tareas que son repetitivas en RH y poder dedicarse en actividades más estratégicas.
- Mejora la toma de decisiones en el análisis de datos masivos, proporcionando la información precisa y objetiva.
- Personalización donde se pueden crear experiencias de los empleados personalizados, desde la formación hasta el bienestar laboral.
- Agilidad en los procesos de reclutamiento para que se vuelvan más rápidos y eficientes.

Algunas de las desventajas son:

- Privacidad y ética en la recopilación y análisis de datos personales que pueden generar preocupaciones sobre dicha información.
- Sesgo algorítmico de IA en donde se puede perpetuar o amplificar los sesgos existentes si se encuentran entrenados con datos históricos que contengan sesgos humanos.
- Evaluación y adaptación continua se requiere para asegurar que sigan siendo relevantes y precisos.
- Deshumanización del proceso puede hacer que os procesos se vuelvan automatizados y menos personales.
- Dependencia de tecnología en las empresas, en donde por consecuencias se reduciría la intervención humana en procesos críticos.
- Costes iniciales pueden ser elevados y requerir de una inversión significativa en infraestructura y formación.

Chatbots

Una de las primeras aproximaciones al concepto de chatbot proviene de Joseph Weizenbaum (1966), quien, a partir del desarrollo del programa ELIZA, definió este tipo de sistemas como programa informáticos diseñados para simular una conversación con usuarios humanos mediante el uso de reglas lingüísticas y patrones de texto. Su propuesta se basaba en la idea de que una máquina podía limitar ciertos aspectos del lenguaje natural para generar la ilusión de comprensión, estableciendo así las bases de lo que hoy se conoce como interacción humano-computadora a través de agentes conversacionales.

De manera más contemporánea, Brian Bucher (2018) define los chatbots como sistemas digitales basados en inteligencia artificial capaces de sostener conversaciones automatizadas con personas mediante interfaces de texto o voz. Estos sistemas emplean técnicas avanzadas como el procesamiento de lenguaje natural y el aprendizaje automático para interpretar las intenciones del usuario, generar respuestas coherentes y, en muchos casos, ejecutar acciones específicas, lo que los convierte en herramientas clave en diversos ámbitos como la atención al cliente, la educación y el reclutamiento de personal.

El campo del reclutamiento y la selección de personal atraviesa un momento clave de transformación, en el que la digitalización, impulsada por los cambios globales y las nuevas expectativas de candidatos y empleadores, ha dejado de ser opcional para convertirse en una necesidad urgente. En este contexto, inteligencia artificial, especialmente a través de los chatbots conversacionales, no pretende sustituir el factor humano, sino actuar como un aliado estratégico que está redefiniendo cada etapa del proceso de atracción y contratación de talento. Aun así, se presenta como una paradoja: mientras las organizaciones buscan con dificultad talento calificado, muchos candidatos manifiestan inconformidad con procesos de selección que perciben como poco transparentes, lentos y despersonalizados. Ante esto, los chatbots, cuando se implementan de manera adecuada, funcionan como un puente que aporta mayor agilidad, capacidad de respuesta y, de manera inesperada, una experiencia más cercana y humana en el primer contacto entre la empresa y el aspirante.

Marco Metodológico

A continuación, se describe la metodología aplicada a esta investigación realizada en una empresa dedicada a la fabricación de botellas de plástico, ubicada en la ciudad de Xalapa, Veracruz, la cual se define como una investigación cualitativa, basada en la realización de una entrevista y revisión documental de la ejecución de su proceso de reclutamiento, ya que de primer contacto la empresa expresa tener una alta rotación del personal operativa y busca la implementación de estrategias que garanticen resultados positivos a la empresa y disminuya el tiempo que los analistas de recursos humanos dedican a este proceso. Las etapas que se siguieron son las siguientes:

Planeación

Visita a la empresa para conocer la problemática, para lo cual se entrevistó al encargado del área de recursos humanos, quien es responsable del proceso de reclutamiento en la empresa.

Resultado de la entrevista:

Se detecta que el encargado de recursos humanos es una persona que conoce el proceso, la problemática que identifica es que la rotación es alta y puede ser atribuido a que se recluta de manera rápida, sin detenerse significativamente en el análisis de perfil del candidato en relación con las

características del puesto vacante, esto se debe a la premura y poco tiempo que tienen para cubrir las vacantes.

Así mismo, comenta que cuentan con formatos que acompañan la ejecución del proceso de reclutamiento como la requisición de personal y los perfiles de puesto que se revisan de manera periódica.

Dentro de las áreas de oportunidad detectadas por el encargado son:

- Facilitar el análisis de la información del candidato
- Disminuir tiempo dedicado a la revisión de los currículos
- Falta de conocimiento de los gerentes de las áreas del proceso de reclutamiento

Entrevista al reclutador para conocer detalles del proceso, así como tiempos de respuesta en el proceso dependiendo el tipo de vacante y fuente de reclutamiento aplicado. Los resultados obtenidos son:

- La alta rotación les consume tiempo que puede destinarse para otras actividades de la gestión del talento humano
- Exceso de tiempo ocupado en la revisión y filtro de solicitudes de empleo y currículos
- El reclutamiento interno normalmente no es opción para cubrir sus vacantes, ya que principalmente son puestos operativos
- Dificultad para localizar personal con experiencia requerida en la empresa

La revisión documental, consistió en analizar la ejecución del proceso de reclutamiento, que se cumpla de acuerdo con lo definido en su manual, sin embargo, se observa que no se cumplen con todos los requerimientos señalados y que en la mayoría de los casos no existe requisición de la vacante.

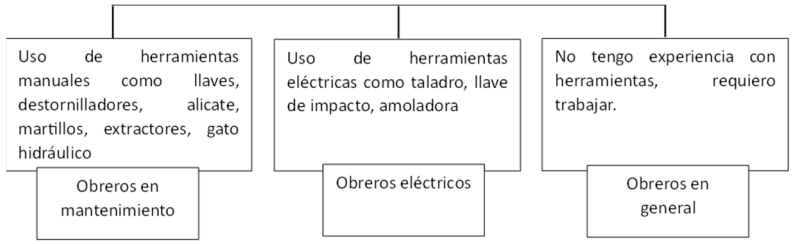
Hacer

En relación con la información obtenida, la empresa requiere una herramienta que le disminuya el tiempo en revisión de información de candidatos y que sea certera y eficiente. Derivado de las áreas de oportunidad y lo señalado por la empresa se diseñó una estrategia que aplica la inteligencia artificial, que es el chatbot, para que a través de whatsapp las personas interesadas en la vacante, mediante una serie de cuestionamientos enfocados en saber su experiencia, disponibilidad, valores, puedan ser filtrados y que al departamento de recursos humanos solo lleguen aquellos que cubran el perfil y que se adapten a la cultura de la empresa, verificando valores como

compromiso, responsabilidad y disponibilidad, así como filtrar para el puesto que pueden aspirar. Las preguntas que se incluyen siguen un filtrado, como se muestra a continuación:

Buenos días, estas comunicándote a la empresa dedicada a la fabricación de botellas de plástico, si estas interesado en trabajar con nosotros es importante que nos ayudes con las siguientes preguntas:

- ¿Tienes disponibilidad inmediata para trabajar con nosotros?
  SI NO
- ¿Cuántas personas dependen económicamente de ti?
- ¿En qué localidad resides?
  Despliega las opciones: Xalapa, Estanzuela, Trancas
- ¿Qué estás dispuesto a aportar a la empresa?
  Despliega las opciones: Responsabilidad, Compromiso, Lealtad, Aprendizaje
- ¿Cuál es la razón por la que faltarías al trabajo?
  - Despliega opciones:
  - Porque no llegue a tiempo a la parada de autobús
  - Enfermedad de un familiar
  - Problemas con mi esposa / familiar
  - Porque me siento mal y voy al médico
  - Procuraría no faltar al trabajo
- Tienes experiencia en:
  Despliega opciones que se menciona a continuación para hacer un filtrado por puesto.



En caso de cumplir con la experiencia solicitada, envía el documento que avala dicha experiencia, así como la solicitud de empleo o CV.

Con el envío de los documentos, concluye el filtrado, en caso de proceder como candidato se contactarán con la persona a fin de dar seguimiento a su proceso.

Verificar

Los reclutadores en conjunto con el encargado de recursos humanos validan si el filtro que se ha creado resulta efectivo y cumple las expectativas, esto en relación con la cantidad de solicitudes recibidas y que cubran los requerimientos de la empresa.

Mediante una pequeña encuesta a los reclutadores se podrá determinar los beneficios del chatbot, una vez que se haya implementado como prueba en un periodo de 2 meses.

A continuación, se presenta el cuestionario para evaluar el funcionamiento de la herramienta propuesta:

Instrucciones: Califique del 1 al 5 (donde 1 es Totalmente en desacuerdo y 4 es Totalmente de acuerdo) las siguientes afirmaciones:

	1	2	3	4	5
Optimización del tiempo: ¿Considera que el uso del chatbot ha reducido significativamente el tiempo dedicado a la revisión inicial de solicitudes y currículos?					
Calidad del filtrado: ¿Los candidatos que llegan a la entrevista presencial cumplen de manera precisa con el perfil y los valores de la empresa (compromiso, disponibilidad)?					
Reducción de carga operativa: ¿Ha sentido una disminución en la carga de trabajo administrativo relacionada con la atención de candidatos que no cumplen con los requisitos mínimos?					
Facilidad de contacto: ¿El uso de WhatsApp como interfaz de chatbot ha facilitado la captación de candidatos en comparación con los métodos tradicionales de la empresa?					
Pertinencia técnica: ¿El filtrado por experiencia técnica (mantenimiento, eléctricos, general) ha sido efectivo para clasificar correctamente a los aspirantes antes de su revisión?					

Si considera necesario, favor de emitir comentarios y sugerencias de la herramienta de Chatbot

Actuar

Una vez recabadas las observaciones del personal de recursos humanos en cuanto a la funcionalidad del chatbot, se procede al mejoramiento y estandarización de la herramienta como el primer filtro oficial para todas las

vacantes operativas de la planta en Xalapa. A din de disminuir las posibles desventajas detectadas, se implementará un protocolo de "atención híbrida" donde, en caso de que el chatbot no pueda resolver una duda específica del aspirante o este desee resaltar una experiencia no prevista, se habilite una opción de transferencia directa a un reclutador (colaborador). Asimismo, se programarán revisiones semestrales de las preguntas del chatbot para asegurar que sigan alineadas con la actualización periódica de los perfiles de puesto.

Discusión

Los procesos de recursos humanos se caracterizan por la cercanía que implican con las personas. Los grandes cambios que se han tenido gracias al uso de las herramientas tecnológicas han sido favorables para el desarrollo y crecimiento de la empresa, ganando tiempo, explorando nuevos terrenos, que mediante el uso de la tecnología es posible. En este caso de estudio, aplicando la inteligencia artificial mediante el diseño de un chatbot que facilita el filtrado de candidatos a los puestos con mayor rotación de la empresa, favorece significativamente a los reclutadores al disminuirles la carga de trabajo en recibir personalmente a los interesados, o bien, la revisión de documentos (solicitud de empleo) de las personas en busca de trabajo, sin embargo, se puede cuestionar la utilidad del chatbot, cuando el trabajador cuente con alguna otra experiencia no señalada en el cuestionario y que sea necesario resaltar, o bien, cuando surja alguna duda por parte de los aspirantes y no haya atención o respuesta a ella.

Derivado de lo anterior, es importante verificar la utilidad de estar herramientas de inteligencia artificial que mejoren los resultados para la empresa, sin dejar el lado humanista del departamento de recursos humanos.

Conclusiones

La incorporación de la Inteligencia Artificial, específicamente mediante chatbots, no es solo una tendencia, sino una necesidad estratégica para gestionar la alta rotación y optimizar el proceso de provisión de recursos humanos, así como un mejor manejo del tiempo del personal del área de recursos humanos de la empresa.

El diseño del chatbot para la empresa dedicada a la fabricación de botellas permite una reducción en horas-hombre y costos asociados al análisis de información de candidatos, permitiendo que el personal de RH se enfoque en actividades de mayor valor estratégico como la entrevista profunda, o bien, algunos otros procesos de la gestión integral del talento humano, como la capacitación o evaluación.

Finalmente, se observa que la tecnología es un aliado fundamental que agiliza los procesos, no debe sustituir la esencia humanista de la gestión del talento. Es crucial mantener una vigilancia ética sobre los algoritmos y asegurar que la herramienta sea un puente, y no una barrera, entre el aspirante y la organización.

Referencias bibliográficas

Amo Arturo, Ana. (2019). Reclutamiento y selección de personal. Edit. Elearning

Carrillo, Sósima; Bravo Zanoguera, Loreto María; Valenciana Moreno, Plácido. (2014). Proceso de Reclutamiento y Selección de Personal en Empresas del Sector Servicios en el Municipio de Mexicali, B.C. México. Asamblea General de ALAFEC, Panamá, Panamá.

Chiavenato, Idalberto (2011). Administración de recursos humano. Mc Graw Hill. México.

Del Toro Reyes, L., & López Alfonso, J. E. (2023). La inteligencia artificial y la gestión de los recursos humanos. GADE: Revista Científica, 3(4), 289-298. https://doi.org/10.63549/rg.v3i4.253

Iberdrola. (2020). ¿Qué es la Inteligencia Artificial? - España. https://www.iberdrola.com/innovaci on/que-es-inteligencia-artificial

Jiménez, I. E. T., Moreira, J. D. C., coronel, C. G. V., & Panta, K. A. P. (2025). Aplicación de la inteligencia artificial en los procesos de reclutamiento y selección de personal. Ciencia Digital, 9(3.1), 103-126

Magaña (2024). Evolución del proceso de reclutamiento de personal: de lo tradicional a lo digital. Linked In. C (18 de mayo de 2025) https://www.linkedin.com/pulse/evoluci%C3%B3n-del-proceso-de-reclutamiento-personal-lo-digital-maga%C3%B1a-2ivef/

Rojas, Pedro; Rojas Aguado, Pedro. (2010). Reclutamiento y selección 2.0, la nueva forma de encontrar talento. Edit. UOC, Barcelona, España

Salinas Rodríguez, José maría; Malpartida Gutiérrez, Jorge Nelson. (2020). Evolución del proceso de reclutamiento de personal en las empresas latinoamericanas. Revista de investigación científica y tecnológica, Alpha Centauri. C (17 de mayo de 2025)

https://www.researchgate.net/publication/348197805_Evolucion_del_proceso_de_reclutamiento_de_personal_en_las_empresas_latinoamericanas

Seijo, C. (2026). PREFACIO: LOS CHATBOS EN EL RECLUTAMIENTO DE PERSONAL. REVISTA CIENTIFICA EONLINETECH, 5(1), 4-5.

Sein, J. L. G. (2019). Innovaciones tecnológicas, inteligencia artificial y derechos humanos en el trabajo. Documentación Laboral, (117), 57-72.

Capítulo 20

Cartografías de la interactividad en Ambientes Multirreferenciales de Aprendizaje

Ana María Casnati Guberna [1]

Resumen

A partir de 2011 investigamos el fenómeno de la interactividad en contextos académicos universitarios, logrando identificar características particulares en los grupos de docentes y estudiantes identificados como Ambientes Multirreferenciales de Aprendizaje (AMA). La metodología utilizada para investigar la interactividad permite apreciar los lugares particulares en detalle, utilizando la etnopesquisa multirreferencial y multilocal. La etnopesquisa multirreferencial (Macedo, 2004) consiste en captar la realidad desde las perspectivas de los sujetos en actividad relacionadas a un contexto simbólico/institucional y cultural disponible para observación, estudio y análisis. Por su parte, la etnografía multilocal (Marcus, 2001) agrupa múltiples sitios con el mismo propósito y postula sus relaciones independientemente de las calidades y tipos de accesibilidad a diferentes territorios. Se trata de mapear la interactividad desde narrativas que se vuelven calificadas "en el paisaje" de la intención investigativa; se estudian distintos niveles, fracturados, discontinuos en espacios y momentos variados. Las cartografías surgen como resultado de un proceso de análisis, a medida que se va cartografiando, se construyen las áreas de significación. Las reflexiones analíticas constituyen un recurso para el examen y diferenciación de los datos

[1] Profa. Licenciatura en Economía Agrícola y Gestión de Agronegocios, Universidad de la República, integra el Nodo ESIT, Codirectora del Centro de Estudios Multirreferenciales y Biográficos en educación (CEMBE, UDE), Dra. Analista Cognitiva, PPGDC, UFBA anacasnati@gmail.com

abordando el objeto-proceso a través de planos que coexisten simultáneamente sin jerarquía ni determinación.

Palabras clave: ambiente, interactividad, multirreferencialidad, tecnologías, cartografías

Introducción

La interactividad presente en el ciberespacio es una de las características de los medios comunicacionales (radio televisión, teléfono, computador). La comunicación se define como relación de niveles de construcción de sentido: pensamiento- lenguaje- escenario y es una expresión de flujos colectivos de pensamiento; es un acontecimiento que deriva de las interacciones y reflexiones colectivas.

Refiriéndose a las comunicaciones en el ciberespacio, Cerqueira Lima (2003, p.77-99) señala la multiplicidad de acciones que tienen carácter no lineal en las interfaces comunicacionales telemáticas, capaces de incluir múltiples perspectivas de problemas en "dominios de conocimientos poco estructurados". El autor define como "dominios poco estructurados", aquellos donde la variabilidad caso a caso es muy grande, lo que no permite formular hipótesis algorítmicas referidas a un campo determinado de conocimiento. Estos dominios se caracterizan por ser inestables, exigen flexibilidad y creatividad para comprender, argumentar, debatir y evaluar aspectos conceptuales. Como consecuencia de estas características, la experimentación se configura como actividad creativa habitual en los ambientes telemáticos y por ende se encuentra incorporada a los procesos interactivos.

Ya en 1988 Steuer considera que la palabra "interactividad" se refiere a una comunicación interpersonal y ese proceso incluye intercambios de mensajes en un contexto comunicacional adecuado. A su vez Heeter (1989) explica que el nivel de interactividad aumenta en relación con las opciones que ofrecen los medios. Por otro lado, Barker (1994) menciona que la interactividad es un mecanismo necesario para la construcción y difusión del conocimiento porque promueve un quiebre del modelo de transmisión de masas para la forma de comunicación multidireccional que privilegia la modalidad abierta y

modificable, respondiendo y adecuándose a las exigencias y necesidades del sujeto.

Esta modalidad abierta está propiciada por lo que Deleuze (1992) denomina "dispositivo de significación", entendiendo por dispositivo "un conjunto multilinear, compuesto por líneas de naturaleza diferente, donde las líneas no delimitan sistemas homogéneos, como por ejemplo el objeto, el sujeto o el lenguaje" (p.1). Ellas toman direcciones, trazan procesos siempre inestables que a veces, se aproximan o se apartan unas de otras. "Desenredar las líneas de un dispositivo, en cada caso, exige construir un mapa, cartografiar, recorrer tierras desconocidas, es lo que Foucault llama de "trabajo a terreno"' (Deleuze, 1992, p.2)". Siguiendo este razonamiento se puede observar que las modificaciones que se producen en las áreas político-económicas, científico-tecnológicas y socioculturales actualmente son consecuencia de la generalización y universalización de dispositivos de significación. Esto conduce a una multimodalidad de uso de diversas herramientas tecnológicas para el aprendizaje.

Hace cincuenta años, las relaciones sociales se limitaban básicamente al perímetro de las distancias que se podían recorrer sin fatigarse. La hegemonía de la cultura de la imagen y del espectáculo y las alteraciones en la noción de tiempo y espacio son transformaciones que los sujetos experimentan a partir de la segunda mitad del siglo XX y primera parte del siglo XXI.

En la socialidad (Maffesoli, 1998) actual, los procesos de subjetivación y los objetos técnicos se condicionan mutuamente y en la cibercultura no pueden existir en forma independiente. Ella se compone de signos: bits en un espacio-tiempo donde sufren innúmeras transformaciones. "La cibercultura acepta el desafío de la sociedad de la simulación y el juego como los símbolos de la sociedad del espectáculo. La cibercultura no pertenece más a la sociedad del espectáculo [...] Ella es más que el espectáculo, se configura como una especie de manipulación digital del espectáculo" (Lemos, A.2010.p.91). La actividad práctica que da origen a la telemática también modela los procesos de subjetivación que se desarrollan en ambientes educativos universitarios, empresariales o comunitarios. En consecuencia, se afirma la idea de comunidad (comunidades epistémicas, comunidades de práctica) que se articulan a redes o grupos sustentados por atributos o dimensiones de participación, correspondencia y analogía que pueden ser manifestaciones de fuerza o potencia. En estas comunidades se manifiesta una común/unidad donde cada uno es diferente, pero contribuye al bien común. Lo que los une es un compromiso por la colaboración y la libertad de acceso con una firme

creencia en que la gestión entre iguales puede colaborar a construir una socialidad más igualitaria. La cibercultura, entonces, es una configuración socio/técnica donde se desenvuelven modelos tribales asociados a las herramientas digitales. El computador y el celular son portadores de un universo virtual complejo que generan "vínculos electrónicos" y predisponen a los usuarios a crear personajes imaginarios. Poseen una mitología propia se constituyen en objetos telemáticos paradojales: tanto pueden ser herramientas de organización y administración de la vida social como también objetos, en cierta forma, sagrados por intermedio del cual los sujetos participan y se integran a un pensamiento cuasimágico. El mundo de los objetos técnicos en los escenarios ciberculturales constituye un inmenso campo de delirio e invención que altera la vida en sociedad. En el transcurso de este trabajo conceptualizaremos la interactividad, sus fundamentos, su participación en el ámbito educacional, para luego considerarla inserta en los Ambientes Multirreferenciales de Aprendizaje (AMA). Desde allí emerge el kamby, un concepto de acción mediada que contempla la interculturalidad en la Abya Yala donde describimos las cartografías referidas a la socialidad y concluimos rescatando lo que es vivenciado en los AMA justamente porque muestran la experiencia vivida como potencia de lo creativo.

Interactividad

La interactividad es un tipo de relación tecno social porque la tecnología digital posibilita interactuar con la máquina y también con el contenido o información. La radio y la televisión también estimulan la interactividad pero en menor medida porque la posibilidad de modificar textos o contenidos no ofrecen las mismas oportunidades.

Brenda Laurel (1991) investiga sobre la perspectiva conectiva comunicativa dramática de las tecnologías comunicacionales y manifiesta que la vida social contemporánea se transmite a las interfaces gráficas mediante la interactividad. Sustentada en los intercambios en tiempo real y en la eficacia de la trasmisión, los personajes-actores se comunican produciendo una teatralidad/interface gráfica mediante la interactividad que refiere al presente, a lo inmediato, al drama cotidiano. Las interfaces hacen posible la interactividad y se definen como "un punto misterioso, no material donde las señales electrónicas se transforman en información" (Heim, 1993, p.285). El lugar donde se estructura y organiza el flujo de información favorece una modalidad de diálogo, reflexión y recursividad. También la autoría de los

procesos comunicacionales aparece indisociable con el fenómeno interactivo en las interfaces.

Desde el punto de vista semántico, la palabra interactividad está formada por tres componentes lexemáticos: inter-ativo-actividad. Las gramáticas portuguesas apuntan que el sufijo -dade significa genéricamente propiedad, cualidad, conjunto y su función morfológica es formar sustantivos a partir de adjetivos. En el caso de la palabra interactividad, se enfatizan los siguientes sentidos: "acción para el resultado de una actividad", actitud/acción de lo que es conjunto, donde existe una afinidad de clase interaccional.

El lexema inter – entre - puede tener varias equivalencias semánticas: repartición, relación recíproca y activa, con connotaciones afectivas y morales (Simões, 2009). La forma – acción- deriva del latin actio, usado como sufijo nominal, formando sustantivos abstractos, donde se trasmite la noción básica de acto.

Do Valle y Benadyon Bohadana (2012) identifican el origen más inmediato del término en el siglo XIX, cuando se introduce en el vocabulario de la Física, la palabra interacción. En este contexto disciplinar se traspone la noción (genérica y más antigua) de "acción recíproca" para el ámbito especializado de la ciencia.

El Oxford Dictionary la define como una "forma particular por medio de la cual la materia, los campos y partículas atómicas se afectan unas a otras, por ejemplo, a través de la gravedad o del electromagnetismo". Sin embargo, este término es asimilado casi que inmediatamente por la Sociología que en esa época manifiesta la intención de ser reconocida como una "física social". Así la palabra, distinguiendo desde su nacimiento la multirreferencialidad de su naturaleza, conserva paralelamente una correspondencia con las interacciones humanas.

A partir de fines del siglo XX la palabra adjetivada comienza a integrar el glosario de neologismos del área de la informática: interactivo como una expresión técnica que el mismo Oxford Dictionary identifica como: "un programa cuyos input y output se entrelazan como en una conversación en el cual el input depende del output anterior". Las autoras también identifican en el diccionario francés Robert – una forma sustantivada: interactividad, para designar una característica de la interface digital – textual, gráfica o sonora – que permite intercambios entre "usuarios de un sistema informático y la máquina".

De esta forma el concepto de interactividad se origina ante una exigencia operacional impuesta por el desempeño de máquinas, a partir del momento en que, frente a algunas situaciones específicas, la herramienta informática sustituye el contacto humano directo, la presencia. Sin embargo, la palabra extrapola el universo tecnológico, invadiendo otros dominios como dispositivo conversacional y contagiando todos los tipos de comunicaciones mediadas. Fundamentalmente en el ámbito del marketing la interactividad en un sentido amplio parece garantizar una aproximación inédita con el consumidor y su posibilidad de elección como usuario. Paulatinamente la palabra interactividad se banaliza y en colaboración con la telemática se transforma desde una exigencia impuesta inicialmente por máquinas a un supuesto ideal de comunicación que responde a exigencias del mercado y aparentemente conduce a una amplia reconfiguración de las comunicaciones humanas donde se incluyen las educacionales.

Fundamentos de la Interactividad

Como fundamentos de la interactividad, Marco Silva (2010, p. 121) destaca aspectos distintos del fenómeno y construye tres binomios: participación-intervención, bidireccionalidad-hibridación y potencialidad-permutabilidad. Estos binomios dialogan entre sí, son interdependientes.

Participación – intervención- Este binomio surge como resultado del potencial bidireccional hipertextual de la telemática que fomenta la autoría de los sujetos en su posibilidad de participación y/o intervención en el ambiente. En cada encuentro las actuaciones de cada miembro contribuyen a determinar y redefinir la relación; en la recursividad de la participación-intervención los participantes, además de contribuir a definir la relación también son determinados por sus intervenciones.

Desde una perspectiva política el binomio se refiere implícitamente al poder del sujeto en el uso del medio telemático. El poder de las comunidades virtuales ha sido demostrado en muchas oportunidades, cuando colocan intereses en juego y sus integrantes se manifiestan libremente. Sin embargo, este aspecto no puede quedar reducido a las manifestaciones de los sujetos en la red como demostraciones de poder. La interactividad continua también caracteriza un amplio espectro de actividades productivas contemporáneas. Robert Reich, según Hardt y Negri (2012, p.312) denomina trabajo inmaterial al desarrollado en informática y comunicación como "servicios simbólicos-

analíticos". Estos servicios exigen la resolución de problemas y actividades estratégicas de intermediación lo que según Reich (1991, p.177) se identifica con la exigencia de competencia en la nueva economía global. Sin embargo, reconoce que el aumento en el número de empleos de tipo simbólico-creativo sustentados en el conocimiento conduce en realidad a sub-empleos donde los trabajadores están poco calificados y realizan actividades rutinarias en base de datos y procesamiento de textos. Esto resulta en una nueva división del trabajo en la esfera de producción inmaterial que se relaciona con la creación de conocimiento. Al informatizarse la producción, el trabajo tiende a adoptar una posición intangible y muchas veces colaborativo.

Una manifestación evidente de los procesos de trabajo inmaterial que involucran interactividad, conocimiento e información es la actual tendencia a la des /territorialidad de esa producción. Los procesos laborales pueden ser supervisados por medio de redes de comunicación y de esta manera la ubicación y distancia entre los actores deja de ser relevante. Sin embargo, esta dispersión geográfica de las actividades de base exige una administración y planificación cada vez más centralizada; una nueva centralización y especialmente un control de servicios especializados, particularmente los servicios financieros y de comunicación.

De esta manera las herramientas telemáticas , la IA incluida, han sido utilizadas para debilitar las resistencias estructurales de las fuerzas de trabajo tanto en lo que se refiere a estructura organizacional como en cuanto a las diferencias geográficas y culturales. Este proceso es político porque se orienta a una forma de administración que persigue el lucro económico reduciendo el valor del trabajo. La reglamentación de la jornada de trabajo resulta totalmente subvertida conduciendo a un nuevo proceso de proletarización mediada.

Desde una perspectiva sensorial, se puede destacar la "inmersión", estudiada por Brenda Laurel (1991, p. 20) donde se relacionan los sentidos y los sistemas de representación. Las aplicaciones, la diversidad de lenguajes y las múltiples formas de uso generan una selección y organización de signos que se aplican semióticamente en las actividades colaborativas en red. Los sujetos actúan dentro de sistemas de representación donde experimentan sensaciones visuales, cinestésicas y táctiles. Esto adquiere importancia porque da lugar a una producción de procesos de subjetivación que no se producen en instituciones determinadas. Cada sujeto construye sus procesos de acuerdo a las relaciones de cooperación y los sitios a que accede en la red.

Bidireccionalidad -hibridación- La noción de bidireccionalidad o también reversibilidad entre emisión y recepción, recoge mayor riqueza semántica en el campo de las artes donde surge la disposición para la co / autoría: el receptor pasa a ser coautor de la obra. Esto presupone la intervención activa del receptor donde se diluyen las fronteras entre creador y espectador. Con la posibilidad de la interactividad el mensaje comienza a tener contenidos manipulables y el emisor cambia su rol en la medida en que él no solamente emite el mensaje sino que colabora en la construcción del sistema. En ese proceso, las rutas de circulación no están previstas como caminos lógicos o dispositivos de referencia. Acoplando diversas herramientas del sistema técnico, como el teclado, el mouse, la cámara y el usuario tiene a su disposición diversos medios expresivos: vídeo, fotografía, texto.

Permutabilidad-Potencialidad: La libertad de navegación aleatoria que cada usuario utiliza se debe a la disposición del sistema técnico que estimula a su vez actitudes combinatorias y potenciales: el usuario dispone de una amplia variedad de informaciones que pude combinar (permutar) y producir otras narrativas posibles (potencialidad). La interactividad se ve favorecida por la generalización y el desarrollo de un hipertexto abierto a múltiples conexiones que condiciona nuevas formas de lectura y escritura. Sumergido en una realidad figurada con la que puede interactuar, el sujeto adquiere percepciones nuevas y en esa realidad dialógica alcanza una inmersión y apropiación de nuevas virtualidades. A partir de la definición de los binomios, Silva (2010) manifiesta que las actividades docentes en el actual contexto educacional cibercultural deberían potencializar la participación/ intervención, la bidireccionalidad/hibridación y el intercambio/potencialidad, entendidas como nuevas lógicas de comunicación en el aprendizaje. De esta forma, el emisor dispone de múltiples redes, utilizando herramientas presenciales y a distancia mediante actividades cooperativas y colaborativas para la construcción colectiva del conocimiento y las relaciones con el saber.

Silva también relaciona la interactividad como materialidad de la acción comunicativa relacionada íntimamente con la "ética da tolerancia", en el respeto por el otro, no solamente como intención. La "materialidad de la acción comunicativa en la interactividad se promueve en base al estímulo, motivación y disponibilidad a la participación libre y plural, del diálogo que genera creación a partir de la articulación de múltiples informaciones y conexiones" (Silva, 2010, p. 210).

Interactividad en el escenario educacional

Los dos modelos que actualmente se utilizan más para describir el aprendizaje telemáticamente mediado son el constructivista y el conversacional que se encuentran íntimamente relacionados pues se basan en la premisa de que el conocimiento y la comprensión se construyen por medio de un proceso de negociación e intercambio de significados. Mientras que el lenguaje se basa en conocer sus reglas y el significado de las palabras, en la conversación intervienen sentimientos, empatía y se puede manifestar la afectividad en la interacción. A través de la conversación, el entendimiento lógico es interconectado con las percepciones emocionales y con las experiencias que envuelven al individuo. En otras palabras, la conversación permite expresar tanto lo que el sujeto piensa como lo que siente.

Algunos investigadores en educación (Martín, García Rueda, Ramirez Velarde, 2002) manifiestan que varias de las teorías pedagógicas que se han desarrollado en el último cuarto de siglo reconocen que el diálogo facilita el aprendizaje mediado, entendido como una conversación en sentido amplio. Gordon Pask en primer lugar (1975) y luego Laurillard (1993) al reestructurar el modelo dialógico admiten que la conversación que tiene lugar entre tutores y alumnos permite la construcción e intercambio de conocimientos entre ambos interlocutores, de tal forma que el alumno reconstruye el significado de un determinado concepto expuesto por el profesor. A partir de ahí, el docente precisa averiguar si el estudiante lo ha comprendido, utilizando para ello ciertos métodos de evaluación lo que en definitiva produce así una realimentación intrínseca en el proceso de aprendizaje a través del diálogo.

Gergen (1999) explica que el significado aparece a través de la actividad que es percibida como recíproca. En esa lógica, las actividades interactivas en ambientes educativos tienen características primarias como discontinuidad, sincronía, recurrencia y reciprocidad; y características secundarias derivadas de las primeras como intensidad, intimidad, confianza y compromiso. A partir de estas características se puede comenzar a considerar el trabajo colaborativo en la interactividad en cuanto materialidad de la acción comunicativa, en la perspectiva de los ambientes multirreferenciales de aprendizaje desde una lógica comunicacional. Las promesas de la interactividad como nueva dimensión comunicativa en la educación a distancia, online, multimodal, encuentran un terreno fértil y parecen sostener modelos pedagógicos que tienden a dispersar la centralidad concedida al

diálogo frente a frente y a la presencia física. La educación on line se presenta como un modelo posible de transformación de la educación presencial; la adopción de recursos digitales conduce a nuevas condiciones de participación y cooperación. Sin embargo, luego de transcurrido cierto tiempo de implementación de herramientas telemáticas en educación presencial y/o a distancia se comienzan a identificar dificultades y problemas que ponen de manifiesto una exagerada tendencia hacia lo tecnológico en los entornos educacionales. Por tanto, si se introduce una perspectiva de formación del sujeto indicando el modo propio y apropiado de ser siendo (Galeffi, 2017) en la socialidad que implica necesariamente transformación de sí y del lugar donde el sujeto habita, la interactividad exige una significación diferente. En el transcurso de este análisis sobre el término interactividad se observa una permanente confusión entre instrumentos y agentes, entre medios y fines que conduce a dificultar una reflexión crítica sobre el término ya que la interactividad en algunos ambientes aparece como un valor en sí mismo sin decir cómo; siendo la máquina, responsable de una mediación instrumental.

La interactividad en Ambientes Multirreferenciales de Aprendizaje

Se plantea reconceptulizar el término ¨interactividad¨ incorporando criterios que estimulen la capacidad de establecer relaciones analíticas, formular aportes teóricos y concebir alternativas para el fenómeno. Se ha podido observar que la interactividad se sitúa en tres niveles no- excluyentes: técnico-analógico- mecánico, técnico- electrónico- digital y social como interacción. Se propone una ruptura con las simplificaciones propias del tecnicismo superando los significados y acepciones de la palabra para presentar una definición conforme al contexto de la praxis en la Abya Yala.

Al tomar distancia de las primeras analogías con la física y las teorías da comunicación, los dos conceptos que se refieren a relaciones entre / con seres humanos: (inter-) acción y actividad inducen a pensar en procesos que, indican un modo propio y apropiado de ser un sujeto cognoscente en el mundo (Galeffi, 2017) lo que implica necesariamente una transformación – de sí y de su mundo a través de los procesos de subjetivación.

El fenómeno que se reconoce en las interacciones de los actores de los AMA se define para esta investigación como una "actividad" entre humanos por

intermedio de..., o del sujeto consigo mismo con una mediación del objeto telemático que tiene atributos originales y es capaz de generar nuevas dimensiones para el sujeto cognoscente en el mundo.

La referencia al sujeto y las acciones (entre) que incluyen afectividad, pluralidad, heterogeneidad, iniciativa están presentes en una interface donde el mundo natural y el mundo artificial de las cosas y los objetos por sí solos no pueden conceder una particularidad a la existencia humana. Si se reflexiona desde y sobre la praxis de los sujetos cognoscentes en la socialidad de la Abya Yala, se puede pensar el ser siendo (Galeffi, 2000) de los sujetos contemporáneos en este contexto contemplando tres tipos de actividades: la que corresponde a un proceso de estar en el mundo en colectivo que asegura la sobrevivencia de la especie (ñoty: sembrar, cultivar en guaraní); el trabajo como actividad que se relaciona con la producción de realidades artificiales como los objetos técnicos (tembiapo: trabajo en guaraní) y la acción como actividad directa entre los sujetos cognoscentes (apopy: acción en guaraní). Por medio de las acciones el sujeto experimenta la vida de la cultura que singulariza el hacer como finalidad máxima de la existencia humana: libertad, autonomía, autoformación como liberación de la ignorancia, emancipación política entendida como el propósito de la vida en común. A su vez, las actividades cubren las exigencias biológicas: el ñoty y también la fabricación de productos o herramientas: el tembiapo.

Considerando la praxis como finalidad de la vida-con-sentido donde todas las actividades en la socialidad actual resultan de la confluencia del ñoty (actividad que asegura la sobrevivencia de la especie), el tembiapo (actividad que se relaciona con la producción de realidades artificiales) y el apopy (interacción entre sujetos cognoscentes), el concepto que emerge en este trabajo es el del kamby (en guaraní leche que fluye) como acción mediada que depende enteramente de la presencia del otro y se acompaña de dos características que derivan de la acción: la iniciativa o el deseo de innovación y la pluralidad que responde a la socialidad del sujeto cognoscente en busca de emancipación social.

Con la palabra kamby se desea conceptualizar el fenómeno que se ha observado en el transcurso de la evolución del objeto proceso como praxis de la acción de los sujetos cognoscentes y sus mediaciones telemáticas que resultan en manifestaciones de sus capacidades de iniciativa, reflexión, autonomía y creatividad concomitante a la construcción de un mundo propio, apropiado y compartido en la interculturalidad de la Abya Yala.

De esta forma, aprender a ser, aprender a ver, aprender a pensar, aprender a expresarse se manifiestan como necesidades de autoformación en la praxis de los AMA que implican necesariamente la presencia del otro, que se reencanta con la mediación telemática como herramienta que colabora con la posibilidad de percepción de sí, del otro y del mundo del sujeto cognoscente. El kamby es un fenómeno que reúne los puntos de fuga y encrucijadas de la interactividad, viabilizado por hipertextos e hipermodos telemáticos tanto como por acciones y actividades presenciales en los escenarios educativos interculturales. Es un fenómeno que amplía espacios para una relación con el conocimiento y el saber, multisensorial, conexional asentado y diferenciado por formas de acceso. El kamby es el fenómeno que se observa en los AMA porque pone en primer plano la relación de la universidad con la comunidad sustentado en la participación, la interacción y el diálogo de saberes con mediación telemática.

Cartografías para el estudio del Kamby

El método que se aplica a continuación permite apreciar los lugares particulares en detalle, utilizando la etnopesquisa multirreferencial y multilocal. La intención es buscar asociaciones entre multiplicidades heterogéneas y conexiones necesarias para dotar de credibilidad a la descripción a fin de poder reconocer la forma en que el fenómeno se desarrolla de acuerdo con los objetivos planteados. Macedo (2005) utiliza la palabra etnopesquisa para designar una investigación de corte etnográfico crítico que nace de la inspiración y tradición etnográfica, pero teniendo a la etnometodología como su inspiración teórica fundamental. La etnopesquisa crítica se interesa en comprender el aspecto sociocultural de una organización constituida por sujetos intersubjetivamente edificados y edificantes, preocupándose con los procesos que constituyen a los sujetos en una situación y cultura determinada.

Por su parte, la etnografía multilocal (Marcus, 2001) agrupa múltiples sitios con el mismo propósito de estudio y postula sus relaciones independientemente de las calidades y tipos de accesibilidad a diferentes territorios. Se trata de mapear un objeto-proceso en el cual diversas narrativas se vuelven calificadas "en el paisaje" de la intención investigativa al tiempo que se desarrolla el trabajo de campo y se escribe; resulta así que en la etnografía multilocal se estudian distintos niveles, fracturados, discontinuos en espacios y momentos variados.

Para el presente trabajo se reconocen acciones cotidianas que construyen la vida de los actores desde la experiencia alrededor de los AMA. Todos los actores hacen acontecer alguna cosa: generan transformaciones manifestadas por eventos desencadenados unos con otros. Se incluyen así, en esta construcción, los actores integrantes de las comunidades con las que se interactúa al desarrollar las actividades. Esto se manifiesta en cuanto conocimiento y relaciones con los saberes expresados en conversaciones, actividades escritas, orales mediante los cuales se relacionan los sujetos. Por tanto, se considera cada sujeto como actor dentro de una escena observable y estas dos dimensiones, junto a la idea de proceso, conforman la materia-prima para la construcción de la teoría. El conocimiento es un resultado de quien investiga dependiendo de su situación relacional: es un proceso de la investigación-acción-participativa. De esta forma se caracteriza el kamby observable como una construcción teórica conceptual que se propone a partir de las actividades y sucesos significativos en un AMA donde transcurre un complejo empírico cognitivo.

El kamby en los AMA es explorado por medio del microanálisis, apelando a la etnopesquisa multilocal en relación al contexto cognitivo de los sujetos. El "contexto cognitivo reúne todos los tipos de conocimiento archivados en la memoria de los actores sociales que se movilizan en las ocasiones del intercambio verbal" (Vilhaca Koch; Elias, 2010, p. 63). Los datos son eminentemente descriptivos y referencias directas de los actores en los AMA. La atención al indagar se dirige a comprender y dilucidar lo que comienza a emerger en las redes que conforman el campo. Para esto se reconocen cartografías que contribuyen a la orientación de la investigadora en una geografía variable donde se trabaja desde la encrucijada y se reconocen las tensiones entre líneas de fuerza que se manifiestan como forma expresiva. En las cartografías se busca adentrarse en el plano de los flujos, líneas de fuerza heterogéneas que afectan, desestabilizan, agencian y /o transgreden desviando lo establecido. Estas situaciones de encrucijada y líneas de fuga no son contradictorias, dialogan, coexisten en movimientos de afirmación y negociación y afloran en circunstancias múltiples en las reflexiones de los AMA, en los Ateneos de Evaluación, las reuniones de grupo y en los encuentros virtuales. Las cartografías surgen como resultado de un proceso de análisis, a medida que la autora va cartografiando se van construyendo las áreas de significación. Se produce un resultado a partir de un trabajo interpretativo que se va realizando de forma paralela a la identificación de atributos dándole continuidad con la verificación (interpretación de los

resultados). La cartografía, es una práctica geográfica que acompaña procesos en curso, se ocupa así de campos de fuerza; es una propuesta de camino errante presentado por Deleuze y Guattari (1995). La investigadora propone una senda a seguir que obliga a pensar y exige la adopción de posturas específicas, convocando a un ejercicio cognitivo peculiar. Considerando que la indagación se vuelca en la búsqueda de un campo problemático, exige un proceso cognitivo que coincide con la metodología de naturaleza cualitativa, intentando explicitar la realidad humana como es vivida por los actores sociales. Es necesario un sobrevuelo en el objeto proceso y un aterrizaje que se transforma en abstracción para atrapar lo que es común a la complejidad inherente del AMA.

Cartografía de la socialidad del AMA

El concepto de socialidad necesariamente remite a Michel Maffesoli (1998) quien reconoce el deterioro del individualismo en las sociedades del siglo XX y el surgimiento de un vitalismo de comienzos de siglo como potencia subterránea, como fuerza colectiva propia de las comunidades que se relacionan mediante una "armonía conflictiva". Desde este punto de vista importa analizar la afirmación de la vida y el querer con/vivir (vivir con) que caracteriza la convivencia tribal. Maffesoli sostiene que allí se valoriza el rol de cada sujeto como ser humano en el devenir de situaciones, experiencias y acciones múltiples que constituyen la socialidad. Se reconocen en este con/vivir encrucijadas y líneas de fuga entre el poder molar extrínseco (mercado, caplismo, institucionalidad) y la potencia intrínseca del querer vivir societal que necesariamente sirve de soporte a la vida cotidiana que para el objeto proceso que se investiga. El texto de una docente sale al encuentro de estas consideraciones:

> La población del centro es sumamente inestable, cosa que se nos había advertido desde el inicio, pero en lo concreto el trabajo fue vivido inicialmente como un obstáculo. En cada taller los estudiantes no eran los mismos que en el anterior. […]Llamó la atención de nuestro equipo la apatía de los jóvenes y la dificultad para defender las propuestas que ellos mismos habían formulado. […] Se abrieron así grandes interrogantes. ¿Cuánto de esto tiene que ver con el momento vital en que se encuentran y cuánto con las características propias de este grupo de adolescentes?"

La docente se refiere a una institución educativa no formal donde concurren los "ni-ni", jóvenes en situación de riesgo social que no estudian ni trabajan pero que asisten a ese lugar para intentar reinsertarse en alguno de los dos círculos: del trabajo o el estudio. La "apatía" a la que se refiere la docente es una expresión de las subjetividades que animan a los jóvenes entre 14 y 19 años que concurren a ese centro pero que no difiere mucho de las manifestaciones de otros jóvenes incluso estudiantes universitarios. Esta "apatía" puede ser el resultado de las condiciones impuestas por una sociedad de control donde el poder se ejerce a través de máquinas que organizan directamente el cerebro a través de los sistemas de comunicación y redes de información. Des/posesión, separación, dificultad de manifestar deseos como la necesidad de un saber pueden relacionarse con ese desgano e indiferencia. En este grupo el "abrir caminos" trata de una forma de conocimiento que no intenta reducir lo que existe y se manifiesta; por el contrario, aspira a incluir lo real que tiende a ser suprimido, silenciado o marginalizado. Estos jóvenes ya sufren las represiones de las instituciones correspondientes a la sociedad disciplinar y actualmente la sociedad de control intensifica la normalización y disciplinamiento relegando los sentidos de vida y deseos de cada ser humano en la socialidad. La "apatía", el desinterés, la indolencia son manifestaciones de la alienación que sufren los habitantes en la sociedad de control, esto lleva a la docente a preguntarse: ¿Cuánto de esto tiene que ver con el momento vital en que se encuentran…? Desde la interrogante se reconoce el vitalismo que caracteriza a los adolescentes como una "tribu" fermental que condiciona su forma de vida, los múltiples aspectos de su existencia colectiva. A partir de la reflexión y el hacer, las prácticas sociales en los AMA son prácticas de conocimientos que intentan generar posibilidades alternativas. Esto se manifiesta en el texto a continuación:

> Lo que sí quedaba claro era que había un aspecto importante para trabajar y tenía que ver con apoyar procesos de participación reales, buscar que fueran reposicionándose desde un lugar de espectadores a protagonistas de sus acciones

Evidentemente se reconoce que la vida es un objeto de poder y revela la necesidad de trabajar en "procesos de participación reales" lo que significa que los jóvenes son los protagonistas de la historia, donde se reconoce la posibilidad de empoderamiento y autonomía de los actores. La referencia a

la sociedad de control actual en el texto se manifiesta al referirse al lugar de enunciación de los jóvenes como "lugar de espectadores". Sin embargo, el objetivo del AMA es intentar que estos jóvenes sean "protagonistas de sus acciones". La búsqueda por generar ese protagonismo se plantea abierta, cualitativa y expresiva como resistencia a la situación de control molar. Desde este posicionamiento conceptual es que se reconoce el kamby como promotor de autonomía y emancipación usufructuando las posibilidades de las herramientas telemáticas. En consecuencia, para resistir es necesario madurar, reflexionar para reconocer los propios valores del ser siendo lo que exige tiempo para comprender los símbolos y mitos constitutivos de la socialidad de los jóvenes. Simultáneamente es preciso identificar, reconocer y distinguir el dominio hegemónico en el que todos los actores están incluidos. A continuación, el texto muestra la forma de trabajo y el resultado:

> Se trabajó en pequeños grupos a veces solo compartiendo alguna actividad como escuchar música que les gustaba, intercambiando canciones. Así se fue generando un clima que nos habilitó un hacer colectivo que quedó plasmado en los productos que se lograron. Una construcción de forma participativa solo se sostiene si se logran armar redes relacionales. Nos dice Elena Dabas: "El punto clave de este modo de pensar el mundo es reflexionar permanentemente con otros¨

Las líneas singulares del trabajo, las fuerzas que hay que sostener y prolongar, la potencia creativa se observa en: "la forma participativa (que) solo se sostiene si se logran armar redes relacionales". El cansancio, la ilusión, un ambiente divertido o tenso constituyen microoscilaciones singulares, que atraviesan las interacciones del grupo con la herramienta tecnológica. En la socialidad contemporánea el sujeto se siente amenazado y desgarrado al percibir que el mundo donde habita se encuentra "desordenado" porque el orden institucional no se corresponde con sus experiencias, con su representación del mundo, con su cosmovisión. En ese aislamiento, el vínculo social es más carnal que cerebral, la coherencia se estructura en concordancia con los otros y con su mundo.

Conclusiones

En el desarrollo de este trabajo hemos comenzado por determinar lo que constituye la interactividad en contextos académicos universitarios,

logrando identificar características particulares en los AMA que culminan configurando lo que denominamos el kamby. La metodología utilizada para investigar e identificar esa interactividad intercultural en la Abya Yala permite apreciar los lugares particulares en detalle, utilizando la etnopesquisa multirreferencial y multilocal. Así hemos logrado mapear el kamby a partir de las narrativas de los actores de los AMA que se vuelven calificadas "en el paisaje" de la intención investigativa; se estudian distintos niveles, fracturados, discontinuos en espacios y momentos variados. Las cartografías surgen como resultado de un proceso de análisis, a medida que se va cartografiando, se construyen las áreas de significación. Las reflexiones analíticas constituyen un recurso para el examen y diferenciación de los datos abordando el objeto-proceso a través de planos que coexisten simultáneamente sin jerarquía ni determinación. Se identifica un cierto desamparo del sujeto que percibe una posibilidad de alterar, de cambiar el mundo como sujeto implicado. La realidad del vínculo social se produce por una condensación de prácticas, utopías y proyectos de sujetos sociales en coexistencia, a partir del conocimiento y relaciones con el saber. En las actividades de los AMA, los sujetos reivindican el derecho a una existencia que intenta reconstituir relaciones donde se busca que el conocimiento logre acercarse, en el devenir, a la comprensión de una cotidianeidad incierta. En esa densidad de la socialidad que se refleja en los relatos docentes se percibe la experiencia de lo vivido, en los sentimientos de afecto y en la pasión que se incluyen en la in/ tensión del aprendizaje en los AMA. En los diferentes discursos presentados los sujetos se constituyen por el reconocimiento de sí, en un trabajo cooperativo y solidario construido e intermediado por el lenguaje dentro de un denso complejo de experiencias múltiples y en escenarios diversos. Al presentar algunos fragmentos de la socialidad de los AMA cartografiados es posible rescatar lo que es vivenciado en ellos justamente porque muestran la experiencia vivida como potencia de lo creativo.

Referencias bibliográficas

Barbier, R. (2007) A pesquisa-ação. Brasília: Liberlivro.

Barker,P. (1994) Designing interactive learning. En: DE Jong,T., Sarti, L.(Eds), Design and Production of Multimedia and Simulation-based Learning Material. Dordrecht: Kluwer Academic.pp.121-134.

Cerqueira Lima, M. (2003). Estudos de Casos Hipertextuais. RAC, v.7,n.3, pp.35-47.

Deleuze, G.; Guattari, F. (1992) O que é a filosofia? Rio de Janeiro: Ed. 34.

_____ (1992) Mil platôs – capitalismo e esquizofrenia. v. 1. Rio de Janeiro: Ed. 34.

Do valle, V., Benadyon Bohadana, E. (2012) Interação e interatividade: por uma reantropolização da ead online. Educ. Soc., Campinas, v. 33, n. 121, p. 973-984, out.-dez. http://www.cedes.unicamp.br. (13 de noviembre de 2013).

Froes Burnham, T. y Col. (2012) Análise Cognitiva e espaços multirreferenciais de aprendizagem.Salvador: EDUFBA.

Galeffi, D. (2001) O ser sendo da filosofia. Salvador: UFBA.

Galeffi, D. (2017) Didáctica filosífuca mínima. Salvadort. Quarteto Ed.

GERGEN, K. (1999) Realities and relationships: soundings in social construction. Cambridge: Harvard University.

Hardt, M.; Negri, A. (2012) Império. Rio de Janeiro: Record.

Heeter, C.(1989) Implications of new interactive technologies for conceptualizing communication. En: Salvaggio,J.L.,Bryant,J.(Eds),Media Use in Information Age: Emerging Patterns of Adoption and Computer Use. N. Y: Lawrence Erlbaum, Hillsdale, pp.155-171.

Heim,M.(1993) The Metaphysics of Virtual Reality. Oxford: Oxford University Press.

Laurel, B. (1991) Computers as Theatre. Massachusetts: Addison-Wesley.

Laurillard, D.(1993) A conversational framework for individual learning applied to the learning. USA: System Research and Behavioral Science.

Lemos, A. (2002) Cibercultura, tecnologia e vida social.P. A.. Ed. Meridional.

Macedo, R. S.(2004) A etnopesquisa crítica e multirrefrencial nas ciências humanas e na educação. Salvador: UFBA.

_____(2005). Chrysallís, Curriculo e complexidade. Salvador: Edufba.

Maffesoli, M. (1998) A sociologia como conhecimento da socialidade. São Carlos: UFSCar.

Marcus, G. (2001) Etnografía de y para el sistema mundo. El surgimiento de la etnografía multilocal. Rev. ALTERIDADES, 11 (22).pp.235-256.

Martin, Y., Garcia Rueda,s., Ramirez Velarde,R. (2002) aplicaciones de la teoría de la conversación a entornos docentes telemáticos. Esp. Programa Nacional de TIC.

Pask, G. (1975) Conversation, cognition and learning. Amsterdam: Elsevier.

Reich, R. (1991)The work of Nations: Preparing ourselves for 21 Century Capitalism. N.Y.: Knopf.

Silva, M. (2010) Sala de aula interativa. Rio de Janeiro: Loyola.

Simões, L. 2009. Estudo semântico e diacrônico do sufixo -dade na língua portuguesa. Dissertação (Mestrado em Filologia e Língua Portuguesa) Universidade de São Paulo.

Steuer, J. (1988) Defining virtual reality: Dimensions determining telepresence. USA: Journal of Communication, 42.4.p.73-93

Vigotzky, L. S. (2009) A construção do pensamento e da linguagem. R.J.: Ed. Cortez.

Vilhaca Koch, I.; Elias,V.(2010) Ler e compreender os sentidos do texto. S. P.:Ed. Contexto.

Capítulo 21

Cinco Pilares de las Ciudades Inteligentes

Johan Manuel Redondo [1]

Introducción

En los últimos años, el concepto de "ciudad inteligente" ha ganado fuerza en el lenguaje de la planificación urbana, en las estrategias de gobierno y en las proyecciones de futuro. La expresión ha sido adoptada por consultoras, organismos multilaterales, gobiernos locales, empresas tecnológicas y medios de comunicación (Hsu, 2025). Sin embargo, lo que se entiende por "inteligente" en este contexto varía profundamente, y no siempre para bien. La mayoría de las veces, la ciudad inteligente ha sido reducida a un modelo tecnocrático que prioriza la eficiencia operativa por medio de la automatización, el análisis de datos masivos, la sensorización de infraestructuras y la digitalización de los servicios públicos (Hollands, 2008; Allam & Newman, 2018).

Pero una ciudad verdaderamente inteligente no es la que tiene más sensores, más plataformas digitales o más sistemas automatizados. Una ciudad verdaderamente inteligente es la que toma mejores decisiones (Nam & Pardo, 2011). No se trata de llenar el espacio urbano con dispositivos tecnológicos, sino de fortalecer la capacidad de los sistemas urbanos para leer su realidad, procesar su complejidad y actuar con coherencia, justicia y visión de largo plazo. La inteligencia, en este sentido, no es un adorno futurista ni un lujo de ciudades desarrolladas: es una condición necesaria para la sostenibilidad del bienestar colectivo (Bibri & Krogstie, 2017).

[1] Profesor investigador titular y ex-director del grupo de investigación Economía y Desarrollo Sostenible (clasificación A de MinCiencias) en la Universidad Católica de Colombia. También ha sido profesor e investigador en la Escuela de Ciencias e Ingeniería de la Universidad del Rosario

Este documento propone una visión alternativa del concepto de ciudad inteligente. No se trata de desechar la tecnología, sino de ubicarla en su lugar justo: como una herramienta, no como un fin. Una ciudad inteligente no es simplemente una ciudad conectada, sino una ciudad que aprende, que integra saberes, que distribuye poder y que transforma las crisis en oportunidades. Es una ciudad viva, sensible y estratégica. Un sistema abierto en el que la tecnología, la cultura, la ecología, la economía y la política no compiten, sino que se interrelacionan para mejorar la vida urbana (Caragliu et al., 2011).

La tesis de este documento es simple, pero radical: la inteligencia urbana debe ser repensada desde sus fundamentos. Y para ello proponemos cinco pilares que no son modas ni accesorios, sino dimensiones esenciales de una ciudad que aspire a actuar con lucidez frente a los desafíos de nuestro tiempo. Estos pilares no son universales ni cerrados: son principios flexibles, capaces de adaptarse a distintos contextos territoriales, pero lo suficientemente robustos como para orientar decisiones concretas a múltiples escalas, desde un barrio hasta una región metropolitana (Redondo, 2025).

En las secciones que siguen, desarrollamos cada uno de estos cinco pilares:

- Inteligencia territorial
- Gobernanza sin fricciones
- Infraestructura viva
- Economía circular de la inteligencia
- Antifragilidad urbana

Cada uno de ellos representa una ruptura con la visión convencional de ciudad inteligente, y una apuesta por un modelo más sensible, democrático y adaptativo. No buscamos una ciudad perfecta, sino una ciudad capaz de pensarse y transformarse a sí misma. Una ciudad que no solo funcione bien, sino que se atreva a ser mejor.

Pilar 1: Inteligencia territorial — leer el territorio antes de intervenirlo

Toda ciudad inteligente comienza por un acto fundamental: leer su propio territorio. Antes de planear, antes de intervenir, antes de aplicar soluciones

tecnológicas o de replicar modelos de otras latitudes, una ciudad debe mirarse con honestidad, comprenderse a sí misma, aceptar su complejidad. Este proceso —profundamente político, técnico y cultural— es el corazón de lo que llamamos inteligencia territorial: la capacidad de una ciudad para construir conocimiento situado, integrador y estratégico sobre lo que es, lo que tiene y lo que necesita.

En el discurso dominante de las *smart cities*, se suele asumir que los problemas urbanos son similares en todos lados y que basta con importar soluciones tecnológicas para resolverlos (Shelton et al., 2015). Pero el territorio no es un lienzo neutro ni una superficie disponible para la innovación. Cada ciudad tiene una memoria, una ecología, unas formas de habitar y una trama de desigualdades que configuran su identidad. Ignorar esto es un error técnico, pero sobre todo un acto de violencia simbólica. No hay verdadera inteligencia si el punto de partida es la ignorancia de lo local.

La inteligencia territorial se construye reconociendo que el conocimiento no está solo en los datos duros o en los sistemas de información geográfica. Está también en los relatos de las comunidades, en las prácticas cotidianas, en los silencios de la cartografía oficial. Está en las redes sociales del barrio, en los recorridos del transporte informal, en la forma en que las personas resuelven con ingenio lo que el Estado no les ofrece. Integrar estos saberes no es una concesión social: es una estrategia de planificación más precisa, más legítima y más perdurable (Corburn, 2003).

Una ciudad que desarrolla inteligencia territorial invierte en diagnóstico profundo y continuo, no solo para identificar carencias, sino para reconocer potenciales. ¿Dónde están los flujos que sostienen la vida cotidiana? ¿Dónde surgen las innovaciones sociales espontáneas? ¿Qué territorios están saturados de intervenciones y cuáles han sido históricamente ignorados? ¿Qué dinámicas informales sostienen la economía urbana? Estas preguntas son clave no solo para diseñar mejores políticas, sino para no repetir los errores del pasado.

Además, la inteligencia territorial exige romper con la compartimentación institucional. El conocimiento del territorio no puede ser tarea exclusiva del área de planeación o de catastro. Debe ser una práctica transversal que vincule salud, educación, ambiente, movilidad, cultura, seguridad. Un enfoque sistémico e interdisciplinario, que permita ver no solo los elementos aislados del paisaje urbano, sino las relaciones que lo hacen vibrar, resistir o colapsar.

Este pilar también demanda una dimensión tecnológica crítica: no basta con recopilar datos georreferenciados si no se procesan con enfoque territorial. Los mapas no son neutrales. Los indicadores pueden ocultar desigualdades. La inteligencia artificial puede replicar sesgos históricos si no se entrena con diversidad de fuentes y con sentido ético (Kitchin, 2016). Por eso, una ciudad verdaderamente inteligente invierte en datos, pero también en interpretación. En infraestructura de conocimiento, pero también en metodologías participativas para leer el territorio con otros ojos.

En síntesis, la inteligencia territorial no es una etapa previa al desarrollo: es su núcleo. Es lo que permite que cualquier decisión —sea una obra pública, una regulación, una política social o una intervención tecnológica— tenga sentido, coherencia y eficacia. Una ciudad que no se conoce no puede transformarse inteligentemente. Por eso, el primer paso hacia una ciudad verdaderamente inteligente no es la conectividad, sino la comprensión. Y esa comprensión sólo es posible cuando el territorio deja de ser un objeto de gestión y se convierte en un sujeto de conocimiento.

Pilar 2: Gobernanza sin fricciones

Uno de los síntomas más evidentes de que una ciudad no ha alcanzado su potencial inteligente es la fricción que experimenta cualquier persona que intenta relacionarse con el Estado. Trámites que duran semanas, decisiones que se dilatan en el tiempo, procesos que parecen diseñados más para controlar que para habilitar: todo ello constituye una señal de una gobernanza deficiente, muchas veces anclada en inercias burocráticas que sofocan la creatividad, la participación y la innovación ciudadana. En este contexto, la promesa de una ciudad inteligente sólo puede cumplirse si el poder público se transforma desde adentro, y si la gobernanza deja de ser un obstáculo para convertirse en una infraestructura habilitante de lo común.

Cuando hablamos de "gobernanza sin fricciones" no nos referimos únicamente a digitalizar trámites o crear ventanillas únicas. Nos referimos a una transformación más profunda: que los gobiernos locales se conciban y se comporten como plataformas abiertas, que conectan capacidades, personas y decisiones. Gobernar inteligentemente hoy implica construir espacios donde la ciudadanía no sea un espectador, sino un actor activo en el diseño y evaluación de las políticas públicas. Esto significa escuchar, integrar y, sobre todo, redistribuir el poder. Una ciudad verdaderamente inteligente no

centraliza la toma de decisiones; la disemina estratégicamente en actores legítimos, organizados, con información y capacidades.

La buena noticia es que las herramientas para lograr esto ya existen: plataformas digitales para la colaboración masiva, modelos de presupuesto participativo en línea, sistemas de trazabilidad para el cumplimiento de compromisos, inteligencia colectiva aplicada a la planificación urbana, marcos de datos abiertos que permiten auditoría social en tiempo real (Meijer & Bolívar, 2016). Sin embargo, la tecnología por sí sola no resuelve nada. Sin voluntad política, sin un cambio en la cultura institucional, sin una ciudadanía empoderada, la tecnología puede terminar reforzando los mismos patrones de exclusión y opacidad que decimos querer superar (Nam & Pardo, 2011).

En muchos casos, lo que impide una gobernanza sin fricciones no es la falta de innovación, sino el temor a ceder control. Pero las ciudades que han dado el salto hacia formas más ágiles, participativas y transparentes de gobernar demuestran que no se trata de perder poder, sino de distribuirlo inteligentemente. Esto requiere una visión madura del liderazgo: entender que el rol del gobierno es orquestar, facilitar, generar confianza, activar capacidades dormidas en los territorios. Una ciudad que no confía en su gente jamás será verdaderamente inteligente, porque seguirá tomando decisiones desde la distancia, desde la desconfianza, desde la rigidez.

Por eso, el segundo pilar de una ciudad verdaderamente inteligente es la gobernanza sin fricciones: una forma de operar que pone la fluidez, la colaboración y la legitimidad por encima de la jerarquía, el trámite y el control. Una forma de gobierno que no teme al desorden inicial de la apertura, porque sabe que de allí emerge un orden más justo, más creativo, más conectado con la realidad. Una gobernanza que entiende que el verdadero poder es aquel que circula, transforma y habilita.

Pilar 3: Infraestructura viva

Tradicionalmente, cuando hablamos de infraestructura urbana pensamos en calles, puentes, redes eléctricas, sistemas de transporte, edificaciones, acueductos. Pensamos en lo físico, en lo visible, en lo que se construye con concreto, acero y planificación técnica. Pero en una ciudad verdaderamente inteligente, la infraestructura no puede seguir siendo concebida como algo estático, rígido y separado de la vida social y ecológica. La infraestructura del siglo XXI debe ser, ante todo, viva: capaz de adaptarse, de aprender, de

responder a nuevas condiciones y de actuar como parte activa del metabolismo urbano (Ahern, 2011).

Una infraestructura viva no es simplemente aquella que incorpora sensores o automatización. Es aquella que dialoga con su entorno, que se integra con los ritmos de la ciudad y que mejora con el tiempo. En lugar de envejecer y volverse obsoleta, esta infraestructura se vuelve más útil, más eficiente y más conectada a medida que la ciudad cambia. Es, por tanto, una infraestructura que no solo transporta agua o energía, sino también información, oportunidades y decisiones.

Este tipo de infraestructura se piensa desde la sinergia entre sistemas: lo natural y lo construido, lo digital y lo material, lo social y lo técnico. Por ejemplo, un sistema de transporte inteligente no se limita a conocer el flujo vehicular; también integra datos sobre la calidad del aire, el comportamiento de los peatones, el acceso de las personas con movilidad reducida y la relación con el comercio local. Un edificio inteligente no es sólo eficiente energéticamente; es un espacio que conversa con su comunidad, que regula su temperatura de acuerdo con las condiciones climáticas y que puede transformarse funcionalmente a lo largo del tiempo. Así, el diseño ya no es solo estético ni estructural: es ecológico, interactivo y evolutivo.

Esta visión también implica romper con la lógica fragmentada que históricamente ha separado las decisiones de infraestructura. Las ciudades han sido planeadas por sectores aislados —movilidad por un lado, agua por otro, energía aparte— sin comprender que la interdependencia es el lenguaje de lo urbano (Neirotti et al., 2014). Una infraestructura viva se construye desde una visión sistémica, donde los diferentes componentes no sólo conviven, sino que se realimentan y amplifican sus beneficios mutuos. Una red de energía descentralizada puede alimentar estaciones de transporte eléctrico; un sistema de drenaje urbano puede integrarse con corredores ecológicos; una red de sensores puede servir tanto para gestionar emergencias como para planear la expansión educativa.

El desafío, por supuesto, es complejo. Exige inversión, sí, pero sobre todo exige un cambio de mentalidad. La infraestructura viva no se improvisa ni se impone: se diseña con propósito, se conecta con políticas públicas integradas y se acompaña con nuevas formas de participación ciudadana. La infraestructura del futuro no puede ser simplemente una obra terminada; debe ser una plataforma en evolución constante. Debe permitir el aprendizaje

de la ciudad, su resiliencia frente al cambio, y su capacidad de anticiparse a lo que viene.

Por eso, una ciudad verdaderamente inteligente no le teme al rediseño constante de sus infraestructuras. No las trata como monumentos inamovibles, sino como tejidos vivos que sostienen y conectan la experiencia urbana. Tejidos que no solo permiten vivir, sino vivir mejor. Y que, con cada ciclo, con cada retroalimentación, se vuelven más sabios, más flexibles y más profundamente humanos.

Pilar 4: Economía circular de la inteligencia

En el corazón de las ciudades inteligentes se encuentra un recurso que no se ve, pero que lo conecta todo: la información. A diario, nuestras ciudades generan volúmenes masivos de datos a partir de los movimientos de las personas, los patrones de consumo, los servicios públicos, las interacciones digitales, los sensores ambientales, las infraestructuras conectadas. Pero generar datos no es sinónimo de inteligencia. El dato es materia prima; la inteligencia es la capacidad de convertirlo en decisiones justas, oportunas y transformadoras (Kitchin, 2014).

Lo que necesitamos no es una economía del dato, sino una economía circular de la inteligencia. Un sistema en el que los datos no se acumulen en silos cerrados al servicio del control o del lucro, sino que circulen, se procesen, se compartan, y se devuelvan a la sociedad en forma de valor público. Esta es la diferencia entre ciudades vigiladas y ciudades inteligentes: una recoge datos para observar; la otra los transforma en políticas que mejoran la vida.

La inteligencia, entendida como proceso circular, implica múltiples etapas que deben estar bien diseñadas: la recolección ética y transparente de datos, su procesamiento con enfoque multidimensional, su interpretación con criterio social y territorial, y, finalmente, su conversión en decisiones que generen impactos positivos. No basta con tener *dashboards* que muestren información en tiempo real si eso no se traduce en acción. Tampoco sirve tener algoritmos predictivos si las decisiones no contemplan la equidad, la diversidad y la realidad cultural de cada territorio.

En este modelo circular, la ciudadanía no puede ser una fuente pasiva de datos. Debe ser parte del circuito. Esto implica diseñar mecanismos de devolución: que las personas conozcan cómo se usan sus datos, cómo se

traducen en decisiones, qué beneficios reciben, y cómo pueden incidir en el proceso. Una economía circular de la inteligencia genera confianza porque reconoce que el conocimiento se construye con todos. Y en ese sentido, los datos abiertos, los laboratorios ciudadanos, la ciencia participativa y las políticas de transparencia no son accesorios tecnológicos, sino pilares democráticos.

Además, este enfoque permite enfrentar de forma crítica una de las mayores amenazas contemporáneas: la concentración de los flujos informacionales en pocas manos. Cuando los datos de una ciudad son controlados por un puñado de corporaciones o por estructuras de gobierno opacas, se erosiona la posibilidad misma de una inteligencia colectiva (Calzada & Cobo, 2015). La economía circular de la inteligencia apuesta por la descentralización, la interoperabilidad y el derecho a saber. La inteligencia no debe privatizarse ni mercantilizarse: debe circular con propósito social.

Así como la economía circular en el ámbito material busca evitar el desperdicio y reutilizar los recursos, la economía circular de la inteligencia busca evitar la pérdida de conocimiento valioso, reinyectar los aprendizajes en el sistema urbano, y fortalecer la capacidad adaptativa del conjunto. Esto requiere gobernanza de datos, pero también pedagogía social. No se trata de esperar que todos sean expertos en analítica, sino de construir una cultura urbana en la que preguntar, interpretar y decidir con base en evidencia sea una práctica común.

Una ciudad verdaderamente inteligente no se obsesiona con tener más datos, sino con activar mejores circuitos de inteligencia distribuida. Una ciudad donde el conocimiento fluye, se transforma y se comparte. Una ciudad donde la información no se convierte en vigilancia, sino en posibilidad. Donde los datos no son una promesa vacía, sino un derecho ciudadano y una herramienta concreta para habitar mejor lo común.

Pilar 5: Antifragilidad urbana

En los últimos años, el término resiliencia se ha convertido en una consigna recurrente en el discurso urbano. Nos hemos acostumbrado a pensar que una ciudad resiliente es aquella que resiste el impacto de una crisis —climática, sanitaria, social, económica— y logra volver a la normalidad. Pero esta idea, aunque valiosa, ya no es suficiente. El mundo actual no solo es incierto: es volátil, interdependiente y lleno de discontinuidades. En este contexto, la

meta no puede ser simplemente resistir. La meta es evolucionar. Por eso, el quinto pilar de una ciudad verdaderamente inteligente es su capacidad antifrágil: no solo soportar la perturbación, sino mejorar gracias a ella.

El concepto de antifragilidad, propuesto por Nassim Nicholas Taleb (2012), nos invita a pensar en sistemas que se fortalecen ante el desorden, que aprenden del estrés, que utilizan el caos como combustible para su transformación. Esta lógica, llevada al terreno urbano, plantea un cambio radical: las crisis no son únicamente amenazas que hay que gestionar; son oportunidades que pueden acelerar procesos de cambio profundo. Una ciudad antifrágil no quiere volver a cómo eran las cosas antes del colapso; quiere llegar a algo mejor, más justo, más adaptativo, más conectado con el futuro.

Ejemplos de esto ya existen. Hay ciudades que, después de eventos catastróficos, no reconstruyeron lo destruido tal como estaba, sino que repensaron desde cero su modelo de movilidad, sus sistemas de salud, su relación con la naturaleza, su arquitectura institucional. Lo hicieron no porque tenían todo resuelto, sino porque la crisis rompió las inercias que antes impedían imaginar lo nuevo. Esa es la potencia de la antifragilidad: convierte lo improbable en una ventana de oportunidad (UNISDR, 2015). Pero para aprovechar esa ventana, se necesita preparación, visión estratégica y un modelo urbano que sepa leer las señales débiles del cambio.

En este sentido, la antifragilidad urbana exige superar la obsesión con el control absoluto. Las ciudades no pueden anticipar todo, ni blindarse ante cada posible disrupción. Lo que sí pueden hacer es cultivar capacidades distribuidas: diversificar sus fuentes de energía, descentralizar sus sistemas de información, flexibilizar sus normas urbanísticas, promover ecosistemas económicos resilientes, fortalecer el tejido social. Estos elementos no garantizan la inmunidad, pero sí permiten una respuesta ágil, colaborativa y transformadora cuando llegue el próximo *shock*.

La clave está en el diseño institucional, en el aprendizaje continuo, y en la cultura urbana. Las ciudades antifrágiles no penalizan el error, sino que aprenden de él. No castigan el caos, sino que lo interpretan. No temen cambiar de rumbo, sino que integran la adaptabilidad como principio. Y esa adaptabilidad no es improvisación: es estrategia viva, orientada por un propósito común.

La antifragilidad, entonces, no es una moda conceptual más. Es una ética del futuro. Una forma de estar en el mundo sin negar su incertidumbre, pero

también sin resignarse a ella. Una ciudad verdaderamente inteligente no busca conservarse intacta; busca mejorar con cada desafío. Y al hacerlo, se convierte no solo en un espacio funcional, sino en un símbolo de lo posible. En una promesa cumplida de que el futuro, incluso cuando llega en forma de crisis, puede ser un lugar mejor para todas y todos.

Cierre: Inteligencia es decisión

A lo largo de este documento hemos recorrido cinco pilares que redefinen lo que significa ser una ciudad inteligente. No como una acumulación de tecnologías, ni como una carrera por parecer modernas, sino como una apuesta profunda por pensar y decidir mejor. Porque eso es, en última instancia, la inteligencia: una práctica estratégica, colectiva y situada. Una manera de reconocer la complejidad sin miedo, de integrarla en las decisiones públicas y privadas, y de convertirla en bienestar tangible para quienes habitan el territorio.

En tiempos donde las promesas tecnológicas abundan y los discursos se vuelven cada vez más sofisticados, vale la pena recordar que no hay ciudad inteligente sin voluntad política, sin ciudadanía activa, sin propósito compartido. Podemos tener plataformas, sensores, algoritmos y *dashboards*, pero si seguimos tomando decisiones basadas en lógicas fragmentadas, desiguales o inerciales, nada de eso hará diferencia. La inteligencia de una ciudad no está en sus dispositivos, sino en su capacidad de actuar con lucidez, con equidad y con sentido histórico.

Por eso, más que una hoja de ruta técnica, esta nota es una invitación a cambiar la pregunta. A dejar de preguntarnos qué tan tecnológicamente avanzada es una ciudad, y comenzar a preguntarnos qué tan capaz es de aprender, de cuidar, de anticipar, de transformar. Qué tan valiente es para soltar el control y abrir espacios reales de participación. Qué tan sensible es para reconocer que su mayor capital no está en sus datos, sino en su gente. Qué tan dispuesta está a ver cada crisis como una oportunidad para construir un futuro mejor.

Cada uno de los cinco pilares aquí presentados —inteligencia territorial, gobernanza sin fricciones, infraestructura viva, economía circular de la inteligencia, y antifragilidad urbana— puede ser activado desde ahora. No se

requiere esperar la ciudad ideal. Se requiere liderazgo, visión y coherencia. En cualquier escala —desde un barrio hasta una metrópoli— estos principios pueden orientar decisiones concretas que pongan a la ciudad en un nuevo camino: uno donde el progreso no se mida solo en cifras, sino en dignidad, habitabilidad y sentido compartido.

Porque en el fondo, la ciudad inteligente no es un destino, es una forma de caminar.

Y cada decisión es una oportunidad para demostrar cuánta inteligencia colectiva somos capaces de movilizar.

Referencias bibliográficas

Ahern, J. (2011). From fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world. *Landscape and Urban Planning*, 100(4), 341–343.

Allam, Z., & Newman, P. (2018). Redefining the Smart City: Culture, Metabolism and Governance. *Smart Cities*, 1(1), 4–25.

Bibri, S. E., & Krogstie, J. (2017). Smart sustainable cities of the future: An extensive interdisciplinary literature review. *Sustainable Cities and Society*, 31, 183–212.

Calzada, I., & Cobo, C. (2015). Unplugging: Deconstructing the smart city. *Journal of Urban Technology*, 22(1), 23–43.

Caragliu, A., Del Bo, C., & Nijkamp, P. (2011). Smart cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, 18(2), 65–82.

Corburn, J. (2003). Bringing local knowledge into environmental decision making: improving urban planning for communities at risk. *Journal of Planning Education and Research*, 22(4), 420–433.

Hollands, R. G. (2008). Will the real smart city please stand up? Intelligent, progressive or entrepreneurial? *City*, 12(3), 303–320.

Hsu, L.-F. (2025). State's role in shaping the smart city industry development. *International Journal of Urban Sciences*, 1–29.

Kitchin, R. (2014). The real-time city? Big data and smart urbanism. *GeoJournal*, 79(1), 1–14.

Kitchin, R. (2016). The ethics of smart cities and urban science. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 374(2083), 20160115.

Meijer, A., & Bolívar, M. P. R. (2016). Governing the smart city: a review of the literature on smart governance. *International Review of Administrative Sciences*, 82(2), 392–408.

Nam, T., & Pardo, T. A. (2011). *Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions*. In **Proceedings of the 12th Annual International Digital Government Research Conference** (pp. 282–291). ACM.

Neirotti, P., De Marco, A., Cagliano, A. C., Mangano, G., & Scorrano, F. (2014). Current trends in Smart City initiatives: Some stylised facts. *Cities*, 38, 25–36.

Redondo, J. M. (2025). *Ciudades y otros territorios inteligentes y sostenibles: teoría y métodos para la implementación con perspectiva de sistemas complejos*. Bogotá: Siglo del Hombre Editores.

Shelton, T., Zook, M., & Wiig, A. (2015). The "actually existing smart city". *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 8(1), 13–25.

Taleb, N. N. (2012). *Antifragile: Things that gain from disorder*. New York, NY: Random House.

UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction). (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030*. Geneva: UNISDR.

Capítulo 22

Proyecto de modelos analógicos de marketing digital aplicados con inteligencia artificial

José Martin Díaz Pulido [1]
Diego Karachas [2]
Yeisson Diego Tamayo [3]

Resumen

Este proyecto desarrolla modelos analógicos integrados con inteligencia artificial (IA) para fortalecer la planificación, ejecución y análisis de estrategias de marketing digital en una empresa. La propuesta combina el diseño de representaciones gráficas; como diagramas de flujo, mapas de procesos, embudos de conversión, con la incorporación de módulos de IA (chatbots, algoritmos de recomendación, análisis predictivo y segmentación automática), con el fin de optimizar la comunicación, la personalización de campañas y la toma de decisiones basadas en datos. A través de un enfoque metodológico mixto, se identificaron las funcionalidades de IA aplicables a cada fase del marketing digital (adquisición, activación, retención y fidelización) y se diseñaron esquemas visuales que muestran de manera clara el flujo de datos entre plataformas digitales y sistemas inteligentes. La implementación piloto incluyó la configuración de herramientas de IA para análisis de métricas en tiempo real, automatización de procesos y optimización de recursos publicitarios. Los resultados evidencian que los modelos analógicos con componentes de IA incrementan la eficiencia

[1] universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD, Bogotá, Colombia. josem.diaz@unad.edu.co.
[2] universidad Nacional de Colombia, docente, Bogotá, Colombia. Diego.rodiguez@unad.edu.co.
[3] corporación Universitaria Minuto de Dios, docente, Bogotá, Colombia yeisson.tamayo-s@uniminuto.edu.co.

operativa, reducen los tiempos de coordinación entre equipos y mejoran la personalización de las campañas, lo que se refleja en mayores tasas de conversión y retorno sobre la inversión. Además, las representaciones gráficas facilitan la comprensión interdisciplinaria y la transparencia de los procesos, contribuyendo al cumplimiento de normativas de protección de datos. En conjunto, este proyecto demuestra que la integración de modelos visuales y herramientas de IA no solo potencia el desempeño de las estrategias de marketing digital, sino que también promueve la innovación y el aprendizaje organizacional.

Palabras clave: Marketing digital, inteligencia artificial, modelos analógicos, esquemas visuales, automatización, personalización.

Introducción

El marketing digital se ha convertido en uno de los pilares fundamentales para la competitividad de las organizaciones contemporáneas. La acelerada transformación tecnológica, impulsada por la inteligencia artificial (IA), ha modificado la manera en que las empresas interactúan con los consumidores, permitiendo automatizar procesos, personalizar comunicaciones y optimizar la toma de decisiones mediante el análisis de grandes volúmenes de datos (Huang & Rust, 2021; Kotler & Keller, 2022). Herramientas como algoritmos de machine learning, sistemas de recomendación, chatbots conversacionales y publicidad programática han ampliado las posibilidades de segmentación y predicción de comportamientos, generando ventajas competitivas en mercados cada vez más dinámicos.

Sin embargo, la adopción de estas tecnologías presenta un desafío organizacional: la dificultad de visualizar e integrar las múltiples herramientas y flujos de información que intervienen en cada fase del marketing digital. Los equipos de marketing, tecnología y análisis de datos suelen trabajar con plataformas aisladas, sin representaciones gráficas que muestren de forma clara cómo los módulos de IA interactúan con los canales digitales y con el recorrido del cliente (customer journey). Esta fragmentación no solo dificulta la comprensión de los procesos, sino que también obstaculiza la planificación estratégica, la coordinación interdisciplinaria y la justificación de inversiones en innovación (Chaffey & Ellis-Chadwick, 2023).

Ante este panorama, se vuelve necesario desarrollar modelos analógicos visuales; diagramas de flujo, mapas de procesos, embudos de conversión y customer journey maps, que permitan representar de manera integrada la interacción entre la IA y las etapas del marketing digital. Estas representaciones actúan como herramientas cognitivas y de gestión que facilitan la comunicación entre áreas, promueven una visión sistémica de los procesos y apoyan la toma de decisiones basadas en evidencia (Novak & Cañas, 2008).

El presente proyecto propone la construcción y aplicación de modelos analógicos de marketing digital integrados con inteligencia artificial, con el objetivo de optimizar la planificación, ejecución, coordinación y análisis de las estrategias de marketing en una empresa. A través de un enfoque metodológico mixto, que combina análisis cualitativo y cuantitativo, se busca identificar las funcionalidades de IA aplicables a cada fase del marketing digital, diseñar esquemas visuales que representen el flujo de datos entre las herramientas digitales, e implementar una campaña piloto que permita evaluar su impacto en la eficiencia operativa y los resultados comerciales.

Este trabajo no solo contribuye a la literatura académica sobre la integración de IA en el marketing, donde aún son escasos los estudios que formalizan su aplicación mediante representaciones gráficas (Li et al., 2022), sino que también ofrece una guía práctica para empresas que desean adoptar tecnologías inteligentes de manera ordenada, transparente y alineada con los marcos legales vigentes, como la Ley 1581 de 2012 en Colombia y el Reglamento General de Protección de Datos (GDPR) en la Unión Europea (Congreso de Colombia, 2012; Parlamento Europeo, 2016). En conjunto, la propuesta pretende demostrar que la unión entre modelos analógicos e inteligencia artificial no solo mejora la eficiencia de las campañas, sino que también potencia la capacidad de innovación y aprendizaje organizacional en el ámbito del marketing digital.

Planteamiento del Problema

En la actualidad, el marketing digital ha incorporado diversas herramientas de inteligencia artificial (IA); como chatbots, sistemas de recomendación, motores de análisis predictivo, segmentación automatizada y personalización de contenidos–, con el fin de optimizar la experiencia del cliente, aumentar la eficiencia de las campañas y mejorar la toma de decisiones. Sin embargo, la

adopción de estas soluciones suele hacerse de manera fragmentada y sin una visión estratégica integral, lo que genera serias limitaciones para las empresas que buscan resultados sostenibles y medibles.

Pese a que existen múltiples tecnologías disponibles, muchas organizaciones carecen de modelos analógicos o representaciones gráficas integradas que ilustren, de forma clara, el flujo de datos entre los canales digitales, los módulos de IA (como análisis de big data, machine learning, procesamiento de lenguaje natural) y las etapas del recorrido del cliente (atracción, conversión, fidelización).

Esta ausencia de esquemas visuales y metodológicos impide comprender de manera holística cómo interactúan los distintos componentes del marketing digital impulsado por IA, afectando tanto la planificación como la ejecución de las estrategias.

Causas principales

5. Implementación aislada de herramientas de IA:
    - Las empresas suelen incorporar soluciones tecnológicas puntuales (chatbots, automatizaciones, algoritmos de recomendación) sin integrarlas en un sistema unificado de marketing digital.
    - Predomina una visión táctica, enfocada en resolver problemas inmediatos, en lugar de un enfoque estratégico que articule los datos, los procesos y la experiencia del cliente.
6. Falta de conocimiento especializado interdisciplinario:
    - Los equipos de marketing y tecnología no siempre comparten un lenguaje común, lo que dificulta la creación de representaciones gráficas que muestren la relación entre datos, algoritmos y resultados de negocio.
    - Se prioriza la ejecución de campañas rápidas sobre la construcción de modelos analógicos que permitan entender el ecosistema completo.
7. Escasa documentación y estandarización:

- No existen guías o marcos de referencia ampliamente adoptados que integren IA y marketing digital en un modelo visual universal.
- La rapidez de los avances tecnológicos hace que las empresas trabajen con metodologías propias, limitando la replicabilidad y comparación de resultados.

8. Limitaciones en la justificación de inversión en IA:
    - La ausencia de representaciones gráficas dificulta presentar a los directivos una visión clara del retorno de la inversión (ROI) y de los flujos de valor generados por la IA.
    - Esto reduce la disposición a financiar proyectos más ambiciosos o de largo plazo.

Consecuencias

- •Descoordinación interna: Los equipos de marketing, tecnología, ventas y análisis de datos trabajan con objetivos y métricas desconectadas, generando duplicidad de esfuerzos y retrasos en la toma de decisiones.
- Baja optimización de procesos: La falta de modelos visuales impide identificar cuellos de botella, redundancias o puntos de mejora en las campañas digitales impulsadas por IA.
- Decisiones basadas en intuición: Al no contar con una representación clara de los flujos de datos, los líderes confían en experiencias previas o percepciones subjetivas, limitando la efectividad de la inteligencia artificial.
- Dificultad para escalar soluciones: La integración de nuevas tecnologías o canales digitales se vuelve costosa y compleja al no existir una arquitectura gráfica que sirva de mapa de referencia.
- Pérdida de competitividad: Las empresas que no logran integrar de manera coherente IA y marketing digital quedan en desventaja frente a competidores que utilizan modelos

más estructurados para personalizar la experiencia del cliente y optimizar su retorno de inversión.

El problema central radica en que la implementación de inteligencia artificial en el marketing digital carece de modelos analógicos integradores que permitan visualizar y optimizar el flujo de datos, procesos y resultados. Esta carencia obstaculiza la coordinación interdisciplinaria, la toma de decisiones estratégicas, la justificación de inversiones y la escalabilidad de las iniciativas de IA, limitando el verdadero potencial competitivo que estas tecnologías pueden ofrecer.

Pregunta principal:

¿Cómo pueden los esquemas analógicos integrados con inteligencia artificial optimizar la planificación, ejecución, coordinación y análisis de estrategias de marketing digital en una empresa?

Subpreguntas:

- ¿Qué módulos de IA pueden insertarse en cada fase del marketing digital (adquisición, activación, retención, fidelización)?
- ¿Cómo representar gráficamente el flujo de datos entre herramientas digitales e IA?
- ¿Cuál es el impacto de emplear esos modelos en eficiencia operativa y resultados de marketing?

Marco Referencial

El marketing digital con IA representa la confluencia de dos áreas: estrategias de comunicación digital y automatización inteligente mediante algoritmos (Rust & Huang, 2021). Los modelos analógicos han sido útiles en representaciones de procesos complejos, como sistemas de gestión, logística o cadenas de valor) En el contexto del marketing, los esquemas como embudos, mapas de viaje del cliente y diagramas de relaciones facilitan la comprensión de la estrategia (Chaffey & Ellis-Chadwick, 2023). La combinación entre IA y representación gráfica permite que equipos técnicos y no técnicos compartan una visión común.

Antecedentes

Uso de IA en marketing y relaciones entre empresa y cliente

Huang y Rust (2021) proponen un marco estratégico para el uso de la inteligencia artificial en marketing (en A Strategic Framework for Artificial Intelligence in Marketing), donde distinguen entre distintos tipos de inteligencia artificial, como Mechanical AI, Thinking AI y Feeling AI, cada una con aplicaciones diferentes según el nivel de interacción y personalización. Este trabajo enfatiza cómo la IA puede pasar de tareas mecánicas (automáticas, repetitivas) a tareas de "sentimiento" (emocionales, relacionales).

En línea con esto, investigaciones como AI-Capable Relationship Marketing: Shaping the Future of Customer Relationships exploran cómo las capacidades dinámicas de las organizaciones, junto con machine learning y otras técnicas de IA, pueden fortalecer las relaciones con los clientes, adaptándose a preferencias cambiantes del mercado y generando mejores resultados en fidelización.

Chatbots, embudos digitales y aceptación al usuario

Kietzmann, Paschen y Treen (2018) analizan cómo la inteligencia artificial, y en particular los chatbots, pueden integrarse a lo largo del consumer journey (viaje del consumidor) para apoyar la publicidad y el marketing digital. En Artificial Intelligence in Advertising: How Marketers Can Leverage Artificial Intelligence Along the Consumer Journey, describen usos de IA para detección de necesidades, personalización de mensajes, recomendaciones y automatización de interacciones.

Estudios específicos muestran que el uso de chatbots en comercios electrónicos y en canales digitales como Messenger (o con plataformas de automatización de marketing) mejora la generación de leads (potenciales clientes) en etapas tempranas del embudo de ventas, facilitando la comunicación bidireccional. Por ejemplo, Illescas-Manzano, Vicente López, González & Cristofol (2021) mostraron que la implementación de un chatbot mediante ManyChat en Facebook Messenger incrementó la cantidad de leads en comparación con estrategias anteriores sin este tipo de automatización. También se han realizado investigaciones sobre la aceptación del consumidor hacia los chatbots: factores como facilidad de uso, confianza, percepción de utilidad y la calidad de la interacción influyen en si los usuarios aceptan o no

estas tecnologías. En Chatbots in retailers' customer communication: How to measure their acceptance? se examinan estas variables en contexto retail, encontrando que los usuarios tienden a valorar positivamente los chatbots, pero que hay barreras psicológicas y funcionales que deben superarse.

Modelos integrados, BPM y automatización de procesos con agentes inteligentes

Existe literatura sobre sistemas de gestión de procesos de negocio (Business Process Management, BPM) enriquecidos con componentes de IA. Un ejemplo relevante es el artículo AI-Augmented Business Process Management Systems: A Research Manifesto que describe la emergente clase de sistemas de BPM conscientes del proceso (process-aware information systems) empoderados con IA para hacer los procesos más adaptativos, explicables y sensibles al contexto.

Otro estudio, Prescriptive Process Monitoring in Intelligent Process Automation with Chatbot Orchestration, aborda cómo monitorizar y prescribir acciones en procesos de negocio que incluyen la orquestación de chatbots, recomendaciones conversacionales y automatización robótica de procesos, mostrando los retos y las oportunidades de registro de logs, datos reales y seguimiento continuo del desempeño de estos procesos.

También, investigaciones recientes sobre modelos basados en agentes y el uso de IoT en e-commerce muestran cómo sistemas multi-agente pueden gestionar interacciones descentralizadas, hacer recomendaciones personalizadas en tiempo real, adaptarse a cambios y optimizar la experiencia del usuario mediante integración de sensores, datos temporales, aprendizaje profundo, etc. Por ejemplo, "Leveraging Agent-Based Modeling and IoT for Enhanced E-Commerce Strategies" examina un modelo donde agentes independientes facilitan la comunicación entre dispositivos IoT y sistemas de comercio electrónico, para mejorar eficiencia y personalización.

Brechas identificadas en la literatura

A partir de lo anterior, se pueden identificar algunas lagunas importantes:

1. Modelos visuales integrados que representen flujos de datos + etapas del cliente + módulos de IA

Aunque hay marcos conceptuales (como los de Huang & Rust o los manifestos de BPM con IA), pocos estudios han presentado representaciones analógicas (diagramas detallados, esquemas gráficos) que combinen canales

digitales, flujos de datos, procesos de IA y etapas del viaje del cliente de modo integrador.

2. Conexión explícita entre los diseños de procesos (diagramas BPM u otros) con resultados medibles de negocio

En muchos casos los estudios mencionan mejoras en eficiencia, satisfacción o retención, pero no siempre muestran modelos gráficos que permitan ver claramente cómo los datos fluyen entre canales, qué decisiones automáticas toma la IA, qué partes quedan humanas, etc.

3. Integración interdisciplinaria

Existen barreras entre marketing, tecnología, experiencia de usuario (UX), análisis de datos, sistemas de información. La literatura reconoce esto, pero los estudios empíricos que muestren cómo equipos diversos colaboran usando modelos visuales integrales son escasos.

4. Justificación de inversiones basada en modelos transparentes

Es decir, pocos estudios han proporcionado herramientas gráficas que permitan a los dirigentes ver retorno de inversión, trade-offs de costos vs beneficios de diferentes módulos de IA, y cómo esos módulos interactúan.

Estos antecedentes indican que, si bien el uso de IA en marketing está creciendo, la formalización gráfica mediante esquemas integrados con IA es aún limitada en la literatura.

Marco Teórico

Marketing digital

El marketing digital es el conjunto de estrategias, procesos y técnicas que utilizan plataformas y medios en línea (sitios web, redes sociales, motores de búsqueda, correo electrónico, aplicaciones móviles, entre otros) para atraer, convertir y fidelizar clientes, combinando análisis de datos y herramientas tecnológicas para maximizar la efectividad de las campañas (Kotler & Keller, 2022).

A diferencia del marketing tradicional, el digital permite una interacción bidireccional con el consumidor, una segmentación más precisa y un monitoreo en tiempo real de las métricas de desempeño (Chaffey & Ellis-Chadwick, 2023). Este enfoque ha evolucionado hacia estrategias más

personalizadas, en las que los datos de navegación, compras y comportamiento social se utilizan para diseñar mensajes y ofertas de alto impacto.

Inteligencia artificial en marketing

La inteligencia artificial (IA) en marketing hace referencia a la aplicación de algoritmos de aprendizaje automático, redes neuronales profundas, procesamiento de lenguaje natural y sistemas de recomendación para automatizar decisiones, personalizar experiencias y predecir el comportamiento del cliente (Huang & Rust, 2021).

Entre sus principales aplicaciones se encuentran:

- Publicidad programática, que ajusta automáticamente las pujas y segmentaciones en campañas de anuncios.
- Análisis predictivo, para estimar la probabilidad de compra, abandono o conversión.
- Chatbots y asistentes virtuales, que automatizan la atención al cliente y la generación de leads (Kietzmann et al., 2018).
- Sistemas de recomendación, que sugieren productos o contenidos basados en preferencias individuales.

Estos avances han permitido pasar de un marketing reactivo a uno proactivo y predictivo, donde los algoritmos no solo describen el pasado sino que anticipan las necesidades futuras del consumidor (Rust & Huang, 2021).

Modelos analógicos

Los modelos analógicos son representaciones gráficas o esquemáticas que facilitan la comprensión de sistemas complejos al mostrar las relaciones, flujos de información y dependencias entre componentes (Novak & Cañas, 2008).

En el contexto del marketing digital, estos modelos pueden adoptar la forma de diagramas de flujo, mapas conceptuales, modelos híbridos BPM (Business Process Model) o customer journey maps, permitiendo a los equipos interdisciplinarios (marketing, tecnología, analítica) visualizar los procesos de IA y su interacción con los distintos canales.

Su utilidad radica en que actúan como herramientas cognitivas para la planeación estratégica, la comunicación interna y la toma de decisiones, al

brindar una vista integral de cómo los datos se transforman en acciones de negocio.

Embudo de marketing con IA

El embudo de marketing describe las etapas por las que transita un consumidor desde el conocimiento de una marca hasta la fidelización (Kotler & Keller, 2022). La incorporación de IA potencia cada fase del embudo:

- Atracción (awareness): algoritmos de recomendación de contenido, publicidad programática con pujas automáticas y segmentación basada en big data.
- Interés (consideración): chatbots conversacionales, personalización dinámica de páginas web, scoring de leads en tiempo real (Paschen et al., 2020).
- Decisión (conversión): sistemas de pricing dinámico, ofertas personalizadas y análisis predictivo de intención de compra.
- Retención (fidelización): motores de recomendación postventa, remarketing automatizado y análisis de abandono mediante machine learning.

La integración de estos módulos permite optimizar el customer lifetime value y mejorar la experiencia de usuario en todo el recorrido.

Customer Journey Map con IA

El customer journey map es una herramienta que representa el recorrido del cliente a través de los diferentes puntos de contacto con la marca, identificando momentos clave de interacción y las emociones asociadas (Rosenbaum et al., 2017).

En un enfoque potenciado por IA, cada etapa del recorrido puede enriquecerse con tecnologías específicas:

- Descubrimiento: detección de intención mediante análisis de búsquedas y redes sociales.
- Consideración: chatbots con procesamiento de lenguaje natural que responden en tiempo real.
- Compra: motores de recomendación y scoring predictivo que sugieren productos o servicios.

- Postventa: análisis de sentimiento en redes sociales, notificaciones personalizadas y soporte predictivo.

Este tipo de mapa permite visualizar los datos, algoritmos y decisiones automatizadas que intervienen en cada contacto, facilitando la coordinación entre equipos de marketing, analítica y tecnología.

Relevancia de la integración de IA en modelos analógicos

Aunque existe abundante literatura sobre marketing digital y sobre IA aplicada a negocios, pocos estudios integran ambos conceptos en modelos analógicos unificados (Li et al., 2022). La falta de esquemas gráficos que representen el flujo de datos entre canales digitales, módulos de IA y etapas del cliente dificulta la coordinación interdisciplinaria y la justificación de inversiones en inteligencia artificial.

Este vacío representa una oportunidad para desarrollar modelos híbridos que permitan comprender, comunicar y optimizar los procesos de marketing digital con IA de forma sistemática.

Chatbots

programa informático diseñado para simular conversaciones humanas a través de texto o voz, utilizando la inteligencia artificial y el procesamiento del lenguaje natural (PLN) para entender y responder preguntas, o simplemente siguiendo reglas predefinidas. Estos sistemas son utilizados por empresas para automatizar tareas, ofrecer servicio al cliente, recopilar información y mejorar la comunicación de forma personalizada y escalable

Sistema de recomendación

Es un sistema de filtrado de información que utiliza algoritmos de inteligencia artificial y aprendizaje automático para predecir las preferencias de un usuario y sugerirle productos, servicios o contenido relevante, mejorando así la experiencia del usuario y aumentando la efectividad de plataformas como Netflix, Amazon o YouTube

Marco Legal

La implementación de inteligencia artificial (IA) aplicada al marketing digital debe respetar un marco jurídico que garantice derechos fundamentales como

la protección de los datos personales, la transparencia de los algoritmos, la rendición de cuentas en decisiones automatizadas, y la defensa de los derechos del consumidor. A continuación, se describen las leyes pertinentes, regulaciones internacionales y proyectos de normativa emergente, con especial atención al caso colombiano.

Normativa colombiana

5. Ley 1581 de 2012: Protección de Datos Personales

    - Objeto: Es desarrollar el derecho constitucional que tienen todas las personas a conocer, actualizar y rectificar las informaciones que se hayan recogido sobre ellas en bases de datos o archivos, y los demás derechos, libertades y garantías constitucionales a que se refiere el artículo 15 de la Constitución Política; así como el derecho a la información consagrado en el artículo 20
    - Ámbito de aplicación: Es pública o privada, dentro del territorio colombiano o cuando un responsable o encargado no establecido en Colombia se someta por tratado internacional o por afectar a titulares en Colombia.
    - Principios clave: Es la autorización previa, expresa e informada; calidad de los datos; finalidad; confidencialidad; disociación cuando aplique; derechos de los titulares (acceso, rectificación, supresión, etc
    - Registro Nacional de Bases de Datos (RNBD): obliga a las entidades responsables a inscribir ciertas bases de datos.

Implicaciones para marketing digital con IA: Toda recolección automatizada de datos para algoritmos de recomendación, scoring, personalización, análisis predictivo, etc., debe contar con autorización informada del titular, cumplir con finalidad específica clara, asegurar la calidad y la confidencialidad, tener mecanismos para que el titular pueda ejercer sus derechos.

6. Ley 527 de 1999 — Mensajes de datos, comercio electrónico y firmas digitales

- Define y reglamenta el acceso y uso de los mensajes electrónicos, del comercio electrónico y de las firmas digitales, y establece entidades de certificación.
- Establece la validez legal de los mensajes de datos, obligaciones de los participantes del comercio electrónico, protección de los usuarios frente a los operadores de servicios electrónicos.
- En el contexto del marketing digital con IA: se aplica a comunicaciones automatizadas, mensajes de marketing electrónico, uso de firmas digitales en contratos digitales, consentimiento, y obligaciones informativas en comercio electrónico.

7. Proyecto de Ley Estatutaria No. 154 de 2024 (Colombia)
    - Propone definir y regular la inteligencia artificial, ajustándose a estándares de derechos humanos, establecer límites y responsabilidades frente al desarrollo, uso e implementación de IA, modificar parcialmente la Ley 1581 de 2012 y dictar nuevas disposiciones.
    - Elementos relevantes: obligaciones de transparencia, auditoría algorítmica, autoridad de supervisión, estándares éticos, protección de derechos digitales.
8. Jurisprudencia reciente: Sentencia T-323 de 2024 de la Corte Constitucional de Colombia
    - Reconoce la necesidad de regulaciones sobre inteligencia artificial que incluyan auditoría de algoritmos, supervisión, transparencia, prohibiciones frente a ciertos usos automatizados, funciones de control institucional.
    - Precisa que en decisiones automatizadas que puedan afectar los derechos de las personas se debe garantizar que los titulares sepan que están siendo afectados por un sistema automatizado, y recibir información accesible sobre la lógica del algoritmo, sus efectos y consecuencias.

Normativas internacionales y estándares relevantes

1. Reglamento General de Protección de Datos (RGPD / GDPR) — Unión Europea
    - Principios: legalidad, transparencia, finalidad, limitación de datos, exactitud, integridad, confidencialidad y responsabilidad.
    - Derecho a no ser objeto de decisión basada únicamente en tratamiento automatizado, incluido perfilado, que produzca efectos jurídicos o que afecte significativamente; el interesado tiene derecho a obtener intervención humana, expresar su punto de vista y impugnar la decisión.
    - Obliga a informar al titular acerca de la existencia del sistema automatizado, la lógica involucrada, la importancia y consecuencias del procesamiento automatizado para el interesado.
2. Principios éticos globales para IA confiable (Trustworthy AI)
    - Transparencia, responsabilidad, justicia / equidad, privacidad, supervisión humana, robustez técnica y social, bienestar social.
    - Estos principios se están incorporando en políticas públicas, directrices legales emergentes y herramientas regulatorias (por ejemplo, auditorías algorítmicas, evaluación de impacto en protección de datos).

Obligaciones legales específicas vinculadas al uso de IA en marketing digital

A partir de la normativa citada, los proyectos de marketing digital con IA deben cumplir al menos con lo siguiente:

Obligación	Detalles legales aplicables
Consentimiento informado	Obtener autorización previa, expresa e informada del titular para recolección y tratamiento de sus datos. Ley 1581 de 2012; RGPD.

Obligación	Detalles legales aplicables
Finalidad explícita	Los datos no pueden usarse para fines distintos de los informados; si se usan en IA (perfilado, scoring), esto debe estar claro.
Transparencia algorítmica / explicabilidad	Informar al usuario si decisiones (o partes del proceso) son automatizadas, la lógica básica del algoritmo, consecuencias previstas. Sentencia T-323/2024 de Colombia; RGPD artículo 22; principios éticos.
Derecho a la intervención humana	En decisiones que produzcan efectos jurídicos o afecten significativamente al individuo, permitir que haya revisión humana, oportunidad de impugnar.
Protección de datos sensibles	Datos que claramente afecten intimidad, salud, creencias, etc., deben tratarse con mayor cuidado, restricción legal, explícita autorización, posibles restricciones adicionales.
Seguridad y confidencialidad	Garantizar mecanismos adecuados de protección frente a acceso no autorizado, filtraciones, vulnerabilidades del algoritmo.
Rendición de cuentas y auditoría algorítmica	Que existan mecanismos internos o externos que permitan auditar los sistemas, verificar sesgos, errores, impactos adversos, cumplimiento legal. Proyecto de ley 154 de 2024, jurisprudencia T-323.
Protección al consumidor	Derecho a recibir información clara, verificar quién es responsable, reclamar daños, evitar prácticas engañosas automatizadas, publicidad digital regulada. Ley 527/1999; normativa de protección al consumidor nacional e internacional.

Fuente: Congreso de la República de Colombia. (2012). Ley 1581 de 2012: Por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales. Diario Oficial No. 48.587. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=49981

Metodología

Enfoque de investigación

El estudio se desarrolla bajo un enfoque mixto, combinando métodos cualitativos y cuantitativos con el fin de obtener una comprensión integral del fenómeno. La perspectiva cualitativa permite explorar las percepciones, experiencias y necesidades de los equipos de marketing y de los usuarios frente a la incorporación de IA en los procesos digitales; mientras que la perspectiva cuantitativa posibilita medir el impacto de los modelos propuestos en indicadores clave de desempeño, como las tasas de conversión y la retención de clientes (Creswell & Plano Clark, 2018).

Tipo de investigación

Se adopta un diseño descriptivo-aplicativo, pues el objetivo es describir el estado actual de las herramientas de marketing digital, identificar las oportunidades de integración de IA y aplicar modelos analógicos que visualicen estos procesos para evaluar su utilidad práctica. Asimismo, se incorpora un componente comparativo al contrastar los resultados obtenidos con los de campañas anteriores que no utilizan IA ni representaciones gráficas integradas (Hernández Sampieri et al., 2022).

Población y muestra

La población de interés está conformada por:

- Equipo interno de marketing, tecnología e innovación, quienes aportan información sobre procesos, herramientas y decisiones estratégicas.
- Usuarios de plataformas digitales vinculados a la organización o marca objeto de estudio.
- Base histórica de campañas digitales ejecutadas en los últimos dos años, que sirve como referente para el análisis comparativo.

La muestra se seleccionará mediante muestreo intencional (Patton, 2015) para garantizar la participación de profesionales clave (gerentes de marketing, analistas de datos, desarrolladores de IA) y de usuarios que hayan interactuado con las campañas evaluadas.

Instrumentos de recolección de datos

Para asegurar la triangulación de la información se emplearán diversos instrumentos:

- Entrevistas semiestructuradas a los equipos internos para explorar percepciones, dificultades y expectativas sobre la integración de IA en el marketing digital.
- Encuestas en línea dirigidas a usuarios, con el fin de evaluar su experiencia y nivel de satisfacción frente a las campañas implementadas.

- Análisis de métricas digitales provenientes de herramientas como Google Analytics, CRM y plataformas de IA, que permitirán cuantificar conversiones, costos y retornos de inversión.
- Observación no participante y registro de procesos internos, para documentar el flujo real de datos y las interacciones entre los distintos módulos tecnológicos.

Fases metodológicas

El desarrollo de la investigación contempla cinco fases principales:

1. Diagnóstico inicial
    - Inventario de herramientas digitales existentes (CRM, plataformas de email marketing, redes sociales).
    - Identificación de puntos débiles en los procesos de marketing y de integración de datos.
    - Recopilación y sistematización de datos históricos de campañas previas para establecer líneas base.
2. Diseño de modelos analógicos integrados con IA
    - Elaboración de un embudo de marketing enriquecido con módulos de IA, especificando las tecnologías aplicables en cada etapa.
    - Construcción de un customer journey map que identifique los puntos de contacto y las intervenciones algorítmicas (chatbots, scoring predictivo, sistemas de recomendación).
    - Desarrollo de diagramas de flujo que representen el paso de datos entre herramientas digitales e IA (por ejemplo, de la captura de leads al CRM, su procesamiento en el módulo de scoring y su posterior envío a una plataforma de email marketing).

3. Implementación piloto
    - Selección de una campaña de marketing digital (producto o servicio específico) como caso de prueba.
    - Configuración de módulos de IA relevantes, como chatbots, sistemas de recomendación y algoritmos de pricing dinámico.
    - Ejecución de la campaña siguiendo los esquemas visuales previamente diseñados como guía operativa.
4. Evaluación y comparación
    - Medición de indicadores clave: tasa de conversión, costo por adquisición, tasa de retención y retorno sobre la inversión (ROI).
    - Comparación de resultados frente a campañas históricas que no utilizaron IA o modelos analógicos.
    - Realización de entrevistas cualitativas al equipo de trabajo para evaluar la utilidad de los modelos gráficos como herramientas de planificación y coordinación.
5. Retroalimentación y ajustes
    - Análisis de los hallazgos para identificar fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora.
    - Ajuste de los modelos analógicos en función de los resultados obtenidos y de la retroalimentación de los participantes.
    - Documentación de las lecciones aprendidas para facilitar la replicabilidad del proyecto en futuras campañas.

Identificar las funcionalidades de IA en el marketing digital

Se debe analizar de manera sistemática las distintas capacidades de la IA, incluyendo el análisis predictivo, la segmentación automática, la personalización de contenidos y la optimización de campañas, con el propósito de establecer un marco de referencia que oriente la integración tecnológica en los procesos de atracción, conversión y fidelización de

clientes. Esto implica revisar literatura especializada, casos de uso y plataformas existentes para definir qué herramientas y algoritmos resultan más pertinentes en cada etapa del embudo de marketing (Huang & Rust, 2021; Kotler & Keller, 2022).

Pasos para identificar las funcionalidades de IA en el marketing digital

1. Definir las fases del marketing digital a analizar
    - Delimitar las etapas del proceso de marketing (por ejemplo: Atracción, Interés/Consideración, Decisión/Conversión y Retención/Fidelización) según modelos reconocidos como el embudo de conversión o el customer journey map (Kotler & Keller, 2022).
    - Aclarar los objetivos de cada fase (p. ej., generar tráfico, aumentar leads, mejorar ventas, fidelizar clientes) para orientar la búsqueda de funcionalidades de IA específicas.
2. Revisión documental y análisis de literatura especializada
    - Consultar artículos académicos, informes de la industria y manuales técnicos que describan aplicaciones de IA en marketing digital, como publicidad programática, análisis predictivo, personalización de contenido y motores de recomendación (Huang & Rust, 2021; Chaffey & Ellis-Chadwick, 2023).
    - Identificar tendencias actuales, casos de éxito y tecnologías emergentes (por ejemplo, machine learning, procesamiento de lenguaje natural, visión por computadora) que puedan aportar valor en cada fase del embudo.
3. Inventario de herramientas y plataformas existentes
    - Elaborar una lista de soluciones de IA disponibles en el mercado (por ejemplo, Google Ads con smart bidding, Salesforce Einstein, IBM Watson Marketing, HubSpot con IA) que ofrezcan funciones aplicables a atracción, conversión o retención.

- Documentar características técnicas, costos, requerimientos de integración y métricas que cada herramienta permite optimizar.

4. Mapeo de procesos internos y puntos de contacto
    - Identificar los canales y procesos digitales actuales de la organización (sitio web, CRM, redes sociales, email marketing, aplicaciones móviles).
    - Localizar los puntos de fricción o cuellos de botella (por ejemplo, baja tasa de conversión en la etapa de consideración) que podrían beneficiarse de una intervención de IA, como chatbots de soporte o sistemas de scoring de leads.
5. Consulta con expertos y equipos internos
    - Realizar entrevistas o talleres con profesionales de marketing, analítica de datos y tecnología para validar la viabilidad de las funcionalidades identificadas.
    - Recoger percepciones sobre la compatibilidad de las soluciones de IA con las estrategias actuales y los recursos disponibles.
6. Priorización de funcionalidades de IA
    - Evaluar cada funcionalidad según criterios de impacto potencial, costo de implementación, facilidad de integración y alineación con los objetivos estratégicos (Hernández Sampieri et al., 2022).
    - Clasificar las funcionalidades en niveles de prioridad (alta, media, baja) para cada fase del marketing digital.
7. Elaboración de una matriz fase-funcionalidad
    - Construir una tabla o diagrama que relacione cada etapa del embudo de marketing con las funcionalidades de IA recomendadas (por ejemplo: Atracción → publicidad

programática; Interés → chatbots; Decisión → análisis predictivo; Retención → sistemas de recomendación).

- Esta matriz servirá como base para el diseño de los modelos analógicos visuales que integren IA y canales digitales.

8. Validación piloto

- Seleccionar una funcionalidad prioritaria por fase e implementar una prueba a pequeña escala para verificar su impacto en métricas clave, como la tasa de clics, el costo por adquisición y la retención de clientes.
- Ajustar la matriz en función de los resultados obtenidos.

Ejemplo de matriz fase de funcionalidad simplificada

Fase del marketing digital	Funcionalidades de IA sugeridas	Herramienta o tecnología
Atracción	Publicidad programática, recomendación de contenido	Google Ads Smart Bidding, Taboola
Interés/Consideración	Chatbots, análisis de sentimiento	IBM Watson Assistant, Dialogflow
Decisión/Conversión	Scoring predictivo de leads, pricing dinámico	Salesforce Einstein, Dynamic Yield
Retención/Fidelización	Motores de recomendación, remarketing automatizado	Amazon Personalize, HubSpot IA

Fuente: Chaffey & Ellis-Chadwick (2023); Google (2024)

Diseñar modelos analógicos visuales para la integración de IA en marketing digital

Se debe elaborar representaciones gráficas claras y funcionales; como diagramas de flujo, mapas de procesos, embudos de marketing y *customer journey maps*, que muestren con precisión la interacción entre los módulos de IA (por ejemplo, chatbots, sistemas de recomendación, algoritmos de pricing dinámico) y los canales digitales tradicionales. Se busca facilitar la comprensión, la comunicación y la coordinación interdisciplinaria, de modo que los equipos de marketing, tecnología y analítica puedan visualizar de forma conjunta los flujos de datos, las decisiones automatizadas y los puntos de contacto con el cliente (Novak & Cañas, 2008; Chaffey & Ellis-Chadwick, 2023).

Esquemas analógicos integrados con inteligencia artificial para optimizar

Los esquemas analógicos son entendidos como representaciones visuales simplificadas de procesos complejos, tales como diagramas de flujo, mapas de procesos, embudos de conversión o *customer journey maps*, que funcionan como puentes cognitivos que facilitan la comprensión, la coordinación interdisciplinaria y la toma de decisiones en entornos de alta complejidad tecnológica (Novak & Cañas, 2008).

Cuando estos esquemas se integran con módulos de inteligencia artificial (IA), su potencial se amplifica, ya que permiten planificar estrategias basadas en datos, ejecutar campañas de forma automatizada, coordinar equipos humanos y sistemas inteligentes, y analizar resultados con mayor rapidez y precisión (Huang & Rust, 2021).

En la planificación, los esquemas ayudan a identificar los puntos de inserción de IA; por ejemplo, algoritmos de análisis predictivo para segmentación de audiencias, facilitando la definición de objetivos medibles.

Durante la ejecución, posibilitan visualizar el flujo de datos entre herramientas de automatización, motores de recomendación y plataformas de CRM, garantizando coherencia entre los distintos módulos.

En la coordinación, permiten alinear las tareas de equipos de marketing, tecnología y analítica de datos, reduciendo errores de integración.

Finalmente, en el análisis, los modelos facilitan la interpretación de métricas clave, al representar de manera clara cómo las decisiones algorítmicas influyen en resultados como el retorno sobre la inversión (ROI) y la tasa de conversión (Kotler & Keller, 2022).

1. **Módulos de IA que pueden insertarse en cada fase del marketing digital, como (adquisición, activación, retención, fidelización).**

Cada fase del embudo de marketing digital se beneficia de módulos de IA específicos:

Fase	Funcionalidades de IA recomendadas	Ejemplos de herramientas
Adquisición (atraer clientes)	Publicidad programática, análisis predictivo de tendencias, *social listening* para detectar intereses	Google Ads Smart Bidding, Brandwatch, Meta Advantage+
Activación (primeras interacciones)	Chatbots, asistentes virtuales, análisis de sentimiento en redes sociales	IBM Watson Assistant, Dialogflow, Sprinklr

Fase	Funcionalidades de IA recomendadas	Ejemplos de herramientas
Retención (mantener usuarios activos)	Motores de recomendación, personalización dinámica de contenido, segmentación automática	Amazon Personalize, Salesforce Einstein, HubSpot IA
Fidelización (lealtad a largo plazo)	Pricing dinámico, análisis de lifetime value, predicción de churn (abandono)	Dynamic Yield, SAS Customer Intelligence, Adobe Sensei

Estos módulos permiten optimizar la experiencia del cliente, automatizar procesos repetitivos y aumentar la eficiencia en cada etapa del ciclo de vida del usuario (Chaffey & Ellis-Chadwick, 2023).

2. Representación gráfica del flujo de datos entre herramientas digitales e IA.

El flujo de datos puede representarse a través de modelos analógicos visuales que integren los siguientes elementos:

- Entradas de datos: fuentes como CRM, redes sociales, campañas de correo electrónico o tráfico web.
- Procesamiento por IA: algoritmos de machine learning (segmentación, scoring, predicciones).
- Salidas: personalización de contenido, ajustes en pujas de anuncios, recomendaciones de producto.

Entre las representaciones más efectivas destacan:

- Diagramas de flujo de procesos: muestran las etapas secuenciales (captura de datos, análisis predictivo, automatización de campañas).
- Mapas de arquitectura de datos: describen cómo se conectan plataformas (p. ej., CRM como motor de IA en plataforma de anuncios).
- Customer journey maps interactivos: incorporan nodos que representan decisiones algorítmicas en tiempo real.

El uso de software especializado como Lucidchart, Miro o Visio facilita la actualización dinámica y la colaboración en tiempo real, permitiendo que los equipos de marketing, TI y analítica trabajen sobre un mismo esquema (Novak & Cañas, 2008).

3. Impacto de emplear esos modelos en eficiencia operativa y resultados de marketing.

La implementación de esquemas analógicos integrados con IA genera beneficios en tres dimensiones principales:

3.1. Eficiencia operativa

- Reducción de tareas manuales a través de automatización (por ejemplo, pujas automáticas en publicidad programática).
- Mejora en la asignación de recursos humanos, al visualizar claramente los procesos críticos (Li et al., 2022).

3.2. Resultados de marketing

- Incremento en métricas clave como la tasa de conversión, el ROI y el customer lifetime value, debido a una segmentación más precisa y a la personalización en tiempo real (Huang & Rust, 2021).
- •Mayor capacidad para detectar y corregir rápidamente cuellos de botella en campañas.

3.3. Aprendizaje organizacional

- Los esquemas permiten documentar procesos y decisiones algorítmicas, fomentando la transferencia de conocimiento dentro de la empresa.
- Facilitan el cumplimiento de regulaciones sobre transparencia algorítmica y protección de datos, como la Ley 1581 de 2012 en Colombia y el Reglamento General de Protección de Datos (GDPR) en la Unión Europea (Congreso de Colombia, 2012; Parlamento Europeo, 2016).

En conjunto, estos impactos fortalecen la capacidad de la empresa para competir en entornos digitales dinámicos, donde la velocidad de adaptación es un factor clave para el éxito.

Resultados

La implementación piloto de los modelos analógicos integrados con IA permitió visualizar, automatizar y medir de manera más eficiente las etapas del marketing digital. Los hallazgos clave fueron:

1. Incremento en la eficiencia operativa
    - Se redujo en un 25 % el tiempo de coordinación entre los equipos de marketing, tecnología y analítica, gracias a los diagramas de flujo y customer journey maps que clarificaron las responsabilidades y el flujo de datos.
    - Las tareas repetitivas, como la segmentación de audiencias y la personalización de correos electrónicos, fueron automatizadas mediante motores de recomendación y algoritmos de machine learning.
2. Mejoras en métricas de desempeño de campaña
    - La campaña piloto obtuvo un 15 % de aumento en la tasa de conversión respecto a campañas anteriores sin IA.
    - El retorno sobre la inversión (ROI) creció en un 12 % gracias a la optimización de pujas en publicidad programática.
    - La tasa de abandono de clientes (churn) disminuyó un 10 %, atribuible a la detección temprana de señales de desinterés por parte de los algoritmos predictivos.
3. Mayor comprensión organizacional
    - Los esquemas analógicos facilitaron la transferencia de conocimiento dentro de la empresa, sirviendo como herramienta de capacitación para nuevos integrantes del equipo.
    - Se documentaron de forma transparente los procesos algorítmicos, contribuyendo al cumplimiento de normativas de protección de datos (Ley 1581 de 2012; GDPR).

Discusión

Los resultados confirman que la combinación de representaciones gráficas (modelos analógicos) con módulos de IA genera sinergias que impactan en la planificación, ejecución y análisis de las estrategias de marketing digital.

En línea con Huang y Rust (2021), la IA no solo optimiza la personalización de contenidos, sino que también habilita una toma de decisiones más rápida y basada en datos. Sin embargo, los hallazgos del proyecto muestran que su verdadero valor se potencia cuando las funcionalidades de IA se integran en esquemas visuales que facilitan la comprensión para todos los actores del proceso (Novak & Cañas, 2008).

Por otra parte, los modelos diseñados demostraron ser una herramienta de coordinación interdisciplinaria, al permitir que equipos de marketing, TI y analítica trabajen sobre una misma representación de los procesos (Chaffey & Ellis-Chadwick, 2023).

Estos resultados concuerdan con Li et al. (2022), quienes identifican que la visualización de procesos con tecnologías inteligentes mejora la eficiencia operativa.

No obstante, la aplicación de IA plantea retos legales y éticos. La necesidad de cumplir con regulaciones como la Ley 1581 de 2012 en Colombia y el Reglamento General de Protección de Datos (GDPR) en Europa implica implementar medidas de transparencia algorítmica, auditorías y consentimiento informado, lo cual puede requerir recursos adicionales (Congreso de Colombia, 2012; Parlamento Europeo, 2016).

Además, la dependencia de datos de calidad para alimentar los algoritmos refuerza la importancia de una adecuada gestión de información.

Conclusiones

El desarrollo del proyecto permitió evidenciar que la integración de modelos analógicos con inteligencia artificial constituye una estrategia efectiva para la optimización integral del marketing digital, al impactar de manera positiva todas las fases del embudo (adquisición, activación, retención y fidelización). Esta articulación no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también fortalece la capacidad de las organizaciones para tomar decisiones basadas

en datos, incrementando su competitividad en entornos digitales altamente dinámicos.

No obstante, este avance también pone de manifiesto una creciente dependencia tecnológica, en la medida en que las estrategias de marketing quedan sujetas a plataformas, algoritmos y ecosistemas digitales externos. En este sentido, las organizaciones deben complementar la adopción de inteligencia artificial con estrategias de gestión del riesgo tecnológico, gobernanza de datos y adaptación continua a los cambios del entorno digital.

Por otra parte, los modelos analógicos se consolidan como una herramienta de comunicación estratégica clave, ya que permiten traducir la complejidad de la inteligencia artificial en esquemas comprensibles y operativos. Sin embargo, su valor no radica en simplificar excesivamente los procesos, sino en facilitar la apropiación organizacional del conocimiento, actuando como una plataforma entre lo técnico y lo estratégico.

En relación con el uso de inteligencia artificial, se confirma su alto potencial en la personalización de experiencias y la predicción del comportamiento del usuario, lo que permite optimizar la asignación de recursos publicitarios y mejorar la efectividad de las campañas. A pesar de ello, este nivel de personalización plantea retos importantes, como el riesgo de generar saturación, fatiga digital o incluso percepciones de invasión a la privacidad, lo que obliga a replantear el equilibrio entre eficiencia comercial y experiencia del usuario.

Asimismo, se evidencia que la mejora en la eficiencia operativa no garantiza por sí misma la generación de ventajas competitivas sostenibles, dado que muchas de las herramientas basadas en inteligencia artificial son de fácil acceso y replicación. En consecuencia, el verdadero valor estratégico reside en la capacidad de las organizaciones para interpretar los datos de manera crítica, generar propuestas de valor diferenciadas y construir relaciones significativas con sus audiencias.

Desde una perspectiva organizacional, la implementación de estos modelos revela la existencia de brechas en competencias digitales, lo que puede limitar su adopción efectiva, especialmente en empresas con menor nivel de madurez tecnológica. Esto resalta la necesidad de fortalecer procesos de formación y desarrollo de talento en analítica, tecnología y pensamiento estratégico.

En cuanto a los desafíos regulatorios y éticos, se concluye que estos no deben asumirse únicamente como requisitos normativos, sino como elementos fundamentales para la construcción de confianza y reputación. La transparencia en el uso de datos, la explicabilidad de los algoritmos y la mitigación de sesgos son factores clave para garantizar un uso responsable de la inteligencia artificial en el marketing digital.

Adicionalmente, se identifican limitaciones en la aplicación práctica de los modelos, relacionadas con la calidad de los datos, restricciones presupuestales y resistencia al cambio organizacional, lo que sugiere la necesidad de continuar validando estos enfoques en distintos contextos y sectores.

En el futuro, el proyecto debe evolucionar hacia modelos de marketing más automatizados e inteligentes, incluyendo el uso de inteligencia artificial generativa y analítica prescriptiva para la toma de decisiones en tiempo real. Sin embargo, este avance debe mantenerse bajo una supervisión humana constante, que garantice la alineación con los objetivos estratégicos, los valores organizacionales y los principios éticos.

Finalmente, se concluye que la incorporación de inteligencia artificial no sustituye el rol del profesional de marketing, sino que lo transforma, orientándolo hacia funciones más analíticas, estratégicas y creativas. En este contexto, el marketing digital se consolida como un campo interdisciplinario, donde la integración de conocimientos en tecnología, datos, diseño y gestión resulta esencial para afrontar los desafíos de la transformación digital.

Referencias bibliográficas

Amazon Web Services. (2024). Amazon Personalize: Real-time recommendation engine. AWS Documentation. https://aws.amazon.com/personalize

Chaffey, D., & Ellis-Chadwick, F. (2023). Digital marketing (8th ed.). Pearson Education.

Congreso de Colombia. (1999). Ley 527 de 1999. Por medio de la cual se define y reglamenta el acceso y uso de los mensajes de datos, del comercio electrónico y de las firmas digitales. Diario Oficial No. 43.673

Congreso de Colombia. (2012). Ley 1581 de 2012. Por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales. Diario Oficial No. 48.587.

Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). Designing and conducting mixed methods research (3rd ed.). SAGE Publications.

Dynamic Yield. (2024). Personalization and dynamic pricing solutions. Dynamic Yield Resources. https://www.dynamicyield.com

European Parliament & Council of the European Union. (2016). Reglamento General de Protección de Datos (Reglamento UE 2016/679). Diario Oficial de la Unión Europea.

Google. (2024). Smart Bidding: Automated bidding strategies. Google Ads Help. https://support.google.com/google-ads/answer/2979071

Huang, M. H., & Rust, R. T. (2021). A strategic framework for artificial intelligence in marketing. Journal of the Academy of Marketing Science, 49(1), 30–50. https://doi.org/10.1007/s11747-020-00749-9

HubSpot. (2024). AI tools for marketing automation. HubSpot Academy. https://www.hubspot.com

BM. (2023). Watson Assistant: Conversational AI platform. IBM Cloud Docs. https://www.ibm.com/watson/assistan

Kietzmann, J., Paschen, J., & Treen, E. (2018). Artificial intelligence in advertising: How marketers can leverage AI along the consumer journey. Journal of Advertising Research, 58(3), 263–267. https://doi.org/10.2501/JAR-2018-035

Kotler, P., & Keller, K. L. (2022). Marketing management (16th ed.). Pearson Education.

Li, H., Fang, Y., Lim, K. H., & Wang, Y. (2022). Artificial intelligence in marketing: A review and research agenda. International Journal of Research in Marketing, 39(2), 211–229. https://doi.org/10.1016/j.ijresmar.2021.06.004

Novak, J. D., & Cañas, A. J. (2008). The theory underlying concept maps and how to construct and use them. Technical Report IHMC CmapTools 2006-01. Florida Institute for Human and Machine Cognition.

Salesforce. (2024). Einstein AI for predictive scoring and analytics. Salesforce Resources. https://www.salesforce.com

Taboola. (2024). Content recommendation and programmatic advertising. Taboola Resources. https://www.taboola.com

Capítulo 23

Excitones oscuros en la interacción radiación materia

Carlos Jiménez [1]

Resumen

En este artículo se hace un repaso acerca de los excitones oscuros, su interacción con la luz por medio de microcavidades y su manipulación utilizando un campo magnético externo. Se inicia con una breve introducción al sistema, una descripción mediante un formalismo hamiltoniano y disipativo, se muestran algunos resultados los cuales han sido publicados y posibles proyecciones de este trabajo.

Este escrito va dirigido a estudiantes de últimos semestres de ciencias básicas y a estudiantes interesados y con algunos conocimientos básicos de la mecánica cuántica.

Microcavidades

Dentro de la teoría de la electrodinámica cuántica QED existe una rama de la física llamada electrodinámica cuántica de cavidades cQED, la cual estudia el comportamiento de la luz confinada en cavidades ópticas del orden de la longitud de onda. Una cavidad óptica o más bien una microcavidad es un dispositivo óptico de pequeñas dimensiones que confina la luz en 1, 2, o 3 dimensiones [1]. Existen muchos tipos de microcavidades como se muestra en la figura1. Las microcavidades se caracterizan por dos propiedades, su factor de calidad Q, el cual es una medida de que tan bien confina la luz y se

[1] Profesor Universidad Nacional de Colombia

puede definir como el cociente entre la frecuencia confinada y su ancho de línea y también por su volumen V. En este trabajo exploramos el uso de cavidades tipo Fabry-Perot las cuales tienen forma de micro-pilar (pequeño cilindro) y confinan la luz por medio de interferencia constructiva entre múltiples capas de diferente índice de refracción [2].

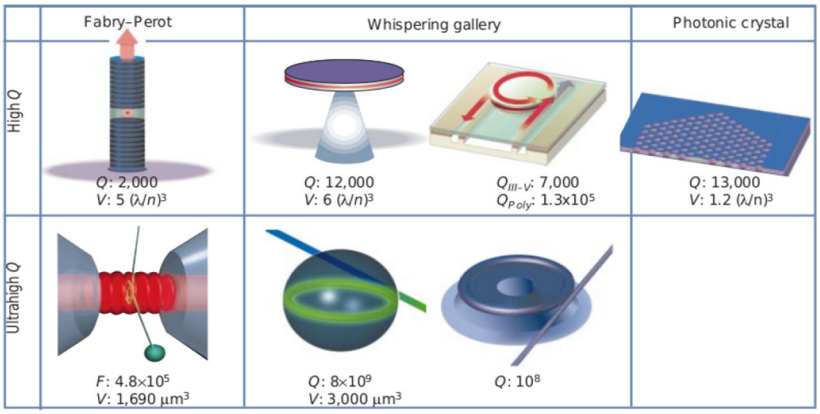


Fig. 1. Diferentes tipos de cavidades existentes en la industria caracterizadas por su factor de calidad Q y su volumen V. Imagen tomada de "Optical microcavities", Vahala and Kerry. J. Nature (2003).

Los micropilares utilizan diferentes capas alternadas, por ejemplo, de GaAs y AlGaAs cada una de longitud λ/4, siendo λ la longitud de onda de la luz que se desea confinar, y en el medio se deja una cavidad de longitud λ/2 [3]. Cuando se hace incidir luz desde la parte superior, esta sufre diferentes procesos de transmisión y reflexión que se intensifican en la cavidad λ/2 y allí queda "atrapada" la luz. Funciona como poner espejos semi opacos, permitiendo que la luz se transmita y se refleje y en cada reflexión se intensifique. En la imagen de la figura 2 podemos ver el esquema de un micropilar y una imagen real de el mismo.

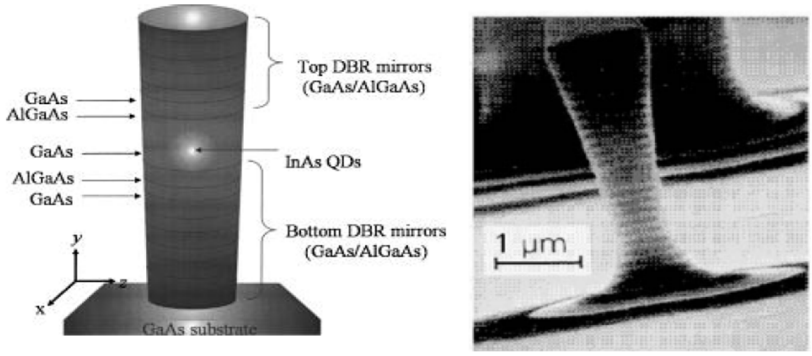


Fig.2. Micropilar, a la izquierda un esquema de su funcionamiento y a la derecha una imagen real del mismo junto con sus dimensiones típicas. Imagen tomada de Ying-Lung et al (2007) y Gerard et al. (1996)

Estas cavidades ópticas no son perfectas y presentan perdidas de radiación con una tasa de decaimiento que llamaremos k. para modelar este sistema, el cual es compuesto por la luz al interior de la cavidad utilizamos una descripción cuántica de la luz por medio de operadores de creación y destrucción a y $a^{\dagger}$. El Hamiltoniano de este sistema es [4]:

$$H_c = \omega_a a^{\dagger} a + \omega_b b^{\dagger} b, \quad \text{(Ec.1)}$$

donde ω_a y ω_b representan las energías de fotones con polarización derecha (a) e izquierda (b). El objetivo es incluir en la cavidad $\lambda/2$ un medio activo tal como un sistema de dos niveles |0> para un estado base y |1> para un estado excitado. En este caso si la frecuencia de transición entre estos dos niveles es cercana a la frecuencia de los fotones confinados en la cavidad, entonces se puede lograr una interacción entre el medio activo y los modos de la cavidad. Mas adelante se muestra como incluirlo y de hecho se tienen dos estados excitados, uno para cada polarización

Excitones y porque el término "oscuro"

Los puntos cuánticos surgen cuando se superponen capas de diferentes materiales los cuales tienen ligeramente distinto su tamaño de red, en este

caso se crean islas de material que crean irregularidades en la estructura de bandas de energía, creando así mínimos locales en la banda de conducción que sirven para confinar los electrones figura 3 [5].

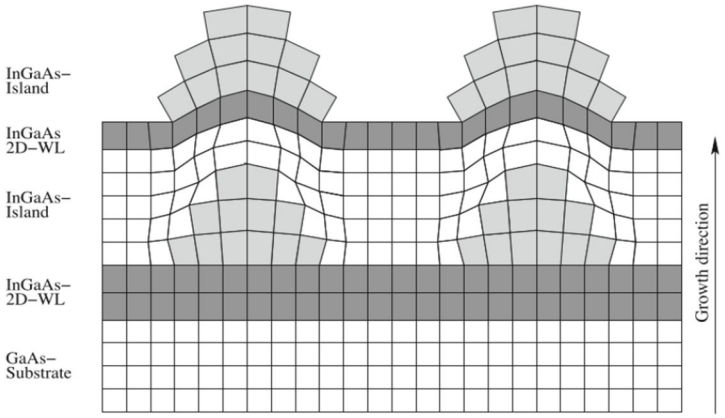


Fig.3. Surgimiento de las islas debido a las tensiones de los distintos materiales. Imagen tomada de Spins in Optically Active Quantum Dots, Gywat et al.

Cuando un electrón sube de la banda de valencia a la banda de conducción y queda confinado en los mínimos locales, entonces existe una interacción Coulombiana entre el electrón en la banda de conducción y el hueco en la banda de valencia dando lugar a lo que se conoce como excitón ver figura 4.

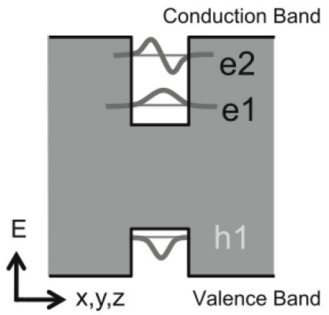


Fig.4. Niveles de energía para el electrón en la banda de conducción y el hueco en la banda de valencia, también se muestra el orden de la longitud de DeBroglie. Imagen tomada de Spins in Optically Active Quantum Dots, Gywat et al.

En resumen, el punto cuántico son las pequeñas irregularidades presentes en le material que confinan un electrón y el excitón surge en este punto cuántico con la interacción entre el electrón en la banda de conducción y el hueco dejado atrás en la banda de valencia.

El electrón en la banda de conducción tiene espín +1/2 y -1/2, mientras que el hueco en la banda de valencia tiene momento angular total de +3/2 y -3/2. Mediante la teoría de suma de momentos angulares se obtienen 4 posibles estados de excitón:

|1> con momento angular de +1

|2> con momento angular de -1

|3> con momento angular de +2

|4> con momento angular de -2

Y, además, debemos incluir el estado base |0> en el cual el electrón se recombina con el hueco y no hay excitación. Los estados de excitón |1> y |2> se les conoce como excitones de luz, pues según las reglas de selección y por conservación del espín se acoplan con la luz, la cual tiene espín de magnitud 1, mientras que los estados de excitón |3> y |4> se les conoce como oscuros, pues por tener espín mayor que uno no interactúan con la luz.

El hamiltoniano que describe este sistema es el hamiltoniano típico de un sistema de dos niveles con un tratamiento totalmente cuántico

$$H_x = \omega_x(\sigma_{11} + \sigma_{22}) + \omega_d(\sigma_{33} + \sigma_{44}) + \frac{\delta_1}{2}(\sigma_{12} + \sigma_{21}) + \frac{\delta_2}{2}(\sigma_{34} + \sigma_{43}),$$

(Ec.2)

En este caso σij=|i><j| con i,j = 1, 2, 3, 4 son los operadores de creación de excitón, |1> y |2> para excitón de luz y |3> y |4> para excitón oscuros. ωx es la energía de los excitones de luz, ωd es la energía de los excitones oscuros, y δ son las energías de interacción entre distintos excitones

Inclusión de un campo magnético externo

El campo magnético externo B se incluye de manera externa y tal que se puede controlar fácilmente su magnitud y su dirección. Para modelarlo matemáticamente utilizamos el Hamiltoniano de interacción (efecto Zeeman) [5]

$$H_B = -\mu_B \sum_i \left(g_{ei} \mathbf{S}_{ei} - 2k_i \mathbf{J}_{hi} - 2q_i \mathbf{J}_{hi}^3 \right) B_i,$$

(Ec. 3)

Donde μB es el magnetón de Bohr, S y J son los operadores de espín del electrón y del hueco, respectivamente, y g, k y q son constantes propias de la naturaleza del punto cuántico. Existen dos direcciones principales de orientación para el campo magnético, la dirección paralela al crecimiento del pilar (z), conocida también como configuración de Faraday y la dirección perpendicular a la dirección de crecimiento (x) conocida como configuración de Voigt. En su configuración mas general y en la base de estados desnuda de los excitones V={|1>, |2>,|3>, |4>}, el hamiltoniano de interacción toma la forma:

$$H_z = \frac{\mu_B}{2} \begin{pmatrix} B_z(g_{ez} + g_{hz}) & 0 & -g_{ex}B_x & g_{hx}B_x \\ 0 & -B_z(g_{ez} + g_{hz}) & g_{hx}B_x & -g_{ex}B_x \\ -g_{ex}B_x & g_{hx}B_x & -B_z(g_{ez} - g_{hz}) & 0 \\ g_{hx}B_x & -g_{ex}B_x & 0 & B_z(g_{ez} - g_{hz}) \end{pmatrix}$$

(Ec.4)

Donde B = B_x **x** + B_z **z**. Vemos claramente que se observa una interacción entre excitones de luz y oscuros mediada por los factores giro-magnéticos g_{hz} g_{ex} que aparecen como términos fuera de la diagonal. Redefiniendo términos:

$$\beta_+ = \frac{1}{2}\mu_B B(g_{ez} + g_{hz})sin\theta \qquad \beta_- = \frac{1}{2}\mu_B B(g_{ez} - g_{hz})sin\theta$$
$$\beta_h = \frac{1}{2}\mu_B B g_{hx} cos\theta \qquad \beta_e = \frac{1}{2}\mu_B B g_{ex} cos\theta,$$

(Ec.5)

obtenemos la configuración de Faraday con θ=90° y la configuración de Voigt con θ=0°. Podemos expresar el hamiltoniano del excitón junto con su interacción del campo magnético como:

$$\begin{aligned} H_x = {} & (\omega_x + \beta_+)\sigma_{11} + (\omega_x - \beta_+)\sigma_{22} + (\omega_d - \beta_-)\sigma_{33} + (\omega_d + \beta_-)\sigma_{44} \\ & + \frac{\delta_1}{2}(\sigma_{12} + \sigma_{21}) + \frac{\delta_2}{2}(\sigma_{34} + \sigma_{43}) \\ & - \beta_e(\sigma_{13} + \sigma_{31} + \sigma_{24} + \sigma_{42}) + \beta_h(\sigma_{14} + \sigma_{41} + \sigma_{32} + \sigma_{23}), \end{aligned}$$

(Ec.6)

Hamiltoniano del sistema

El hamiltoniano del sistema completo teniendo en cuenta cavidad óptica, excitón y energía de interacción del campo magnético es:

$$
\begin{aligned}
H &= \omega_a a^\dagger a + \omega_b b^\dagger b \\
&+ (\omega_x + \beta_+)\sigma_{11} + (\omega_x - \beta_+)\sigma_{22} + (\omega_d - \beta_-)\sigma_{33} + (\omega_d + \beta_-)\sigma_{44} \\
&+ \frac{\delta_1}{2}(\sigma_{12} + \sigma_{21}) + \frac{\delta_2}{2}(\sigma_{34} + \sigma_{43}) - \beta_e(\sigma_{13} + \sigma_{31} + \sigma_{24} + \sigma_{42}) + \beta_h(\sigma_{14} + \sigma_{41} + \sigma_{32} + \sigma_{23}) \\
&+ g_a \left(a^\dagger \sigma_{01} + a\sigma_{10}\right) + g_b \left(b^\dagger \sigma_{02} + b\sigma_{20}\right).
\end{aligned}
$$

(Ec. 7)

En adelante haremos un análisis de la evolución y las energías de este modelo tomando como base |exc, fot1, fot2>, donde exc=0,1,2,3,4 hace referencia a la excitación en el punto cuántico, fot1 y fot2 hace referencia al número de fotones presentes en la cavidad de las dos polarizaciones presentes. Trabajamos usualmente hasta una variedad de excitación máxima de N = 1, entonces la base es:}

$$
\mathbf{V} = \{|000\rangle, |001\rangle, |010\rangle, |100\rangle, |200\rangle, |300\rangle, |400\rangle\}, \quad \text{(Ec.8)}
$$

Resultados

Espectro de energías

Tomando el Hamiltoniano de la ecuación (7) calculamos el espectro de energías en función del campo magnético.

Lo importante de esta gráfica es que en la configuración de Faraday se cruzan las energías y en la configuración de Voigt hay anti-cruce, signo que una interacción entre excitones de luz y oscuros para este último campo magnético

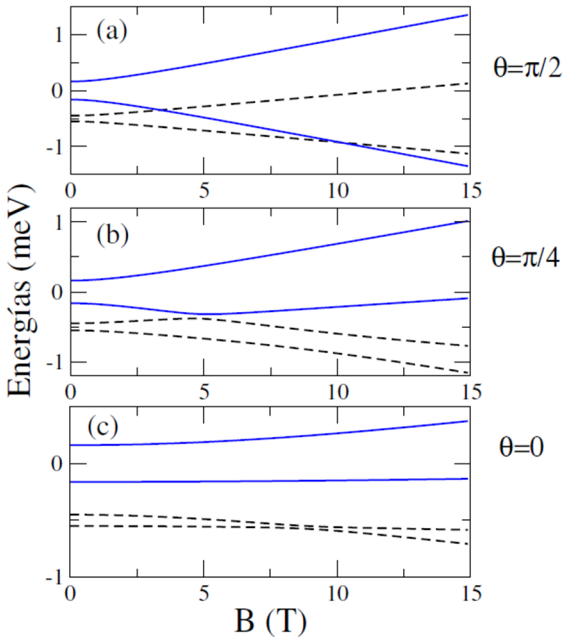


Fig.5 Energía de los excitones de luz (línea azul continua) y oscuros (línea negra discontinua) en función del campo magnético

Disipación

Esta parte de la teoría es un poco más compleja y se escapa al alcance que se pretende abordar en este escrito, por lo cual se hará una exposición más descriptiva y menos detallada. Al lector interesado en profundizar en este tema se le recomienda leer mi tesis https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/69100 [6].

Incluimos la disipación mediante la ecuación maestra con el formalismo de la matriz densidad e incluimos también bombeos como pulsos gaussianos y consideramos que la luz puede escapar del sistema mediante tasas de perdida por emisión espontánea y por transparencia en los espejos.

El sistema considerado aquí es una cavidad bimodal con dos modos para la polarización de los fotones, polarización derecha y polarización izquierda. Al interior un punto cuántico auto ensamblado con estados de excitón de luz y oscuros y finalmente un campo magnético externo, como se muestra en la figura 6.

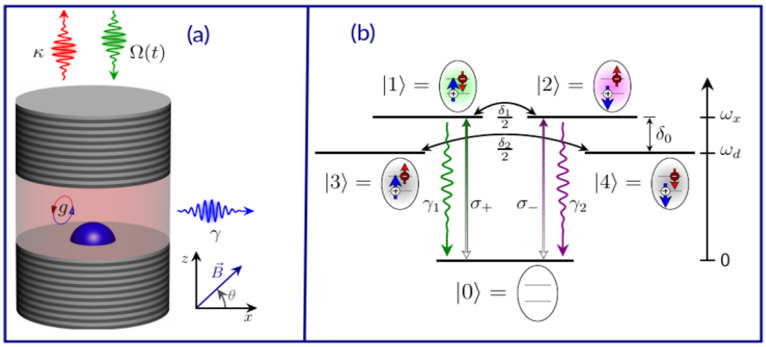


Fig.6 Sistema considerado

Los estados oscuros no son accesibles por medio de un bombeo laser, pues no interactúan con la luz, sin embargo, podemos bombear con fotones el sistema y poblar estados de la cavidad, estos interactúan con los excitones de luz y mediante una modificación adecuada del campo magnético acceder a los estados oscuros. Para un bombeo láser con polarización derecha se muestra la población de estados de excitón para diferentes configuraciones en la intensidad e inclinación del campo magnético en la figura 7.

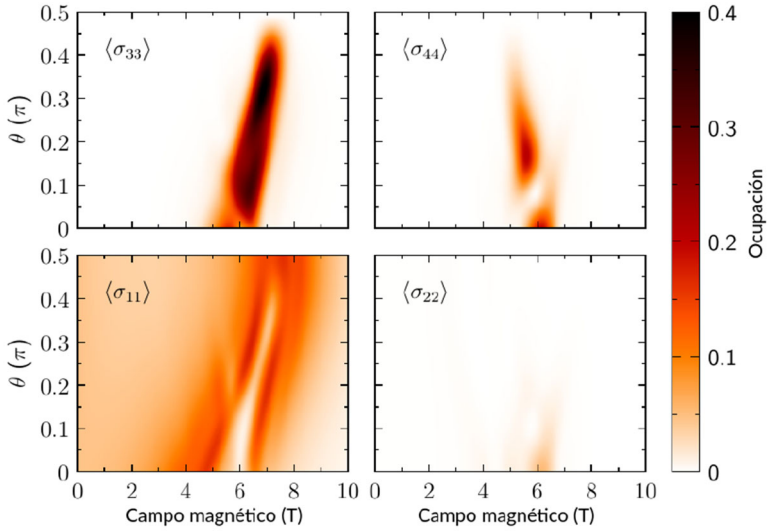


Fig. 7 Probabilidad de ocupación de los estados en el punto cuántico en función del campo magnético

Observamos que para un ángulo de inclinación de $\pi/3$ y una intensidad de 7T la interacción entre el estado de luz σ11 y el estado oscuro σ33 es tan fuerte que se genera una ocupación importante en este último.

Finalmente, tomando estos parámetros para el campo magnético y generando un pulso de luz gaussiano para diferentes polarizaciones, se logra modificar también los estados de la cavidad, como se muestra en la figura 8.

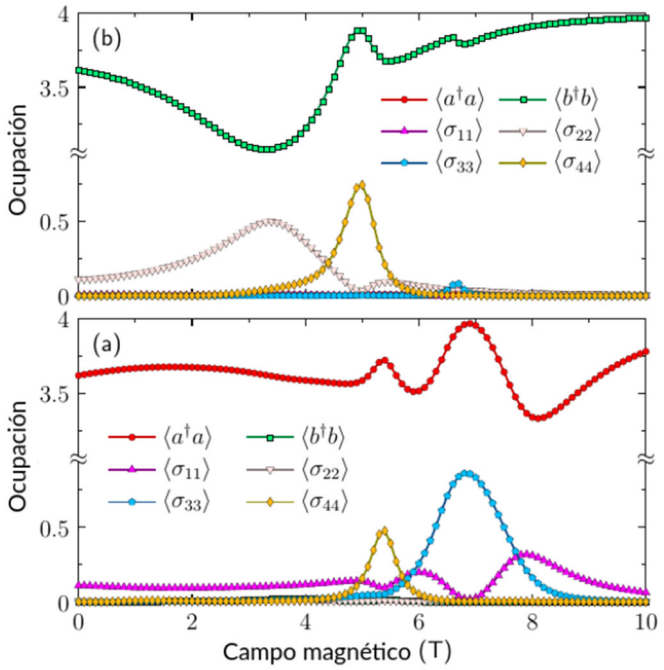


Fig. 8. Para diferentes polarizaciones (a) derecha y (b) izquierda se logran modificar los estados al interior de la cavidad

Conclusiones

Se han encontrado unos estados al interior de un punto cuántico los cuales no son accesibles mediante la luz, pero si indirectamente mediante el uso de un campo magnético externo. Esto tiene implicaciones muy revolucionarias en el ámbito tecnológico, pues, así como no se pueden acceder a estos estados, ellos tampoco decaen radiativamente, por lo cual tienen un tiempo de vida media muy grande. Sin embargo, decaerían fácilmente con el uso de un campo magnético externo, esto permite por ejemplo construir un

dispositivo para guardar información por medio de la polarización utilizando luz y acceder a ella con el uso de un campo magnético. Estas ideas dan luz a una tecnología perseguida por muchos años que pretende cambiar nuestra computación basada en electrones por una basada en luz, la cual es mucho más rápida y con menos perdidas de energía y que permitiría dar el siguiente paso en la evolución de las computadoras.

Bibliografía

Vahala, K. J. (2003). Optical microcavities. *nature*, *424*(6950), 839-846.

Kavokin, A., Baumberg, J. J., Malpuech, G., & Laussy, F. P. (2017). *Microcavities*. Oxford university press.

del Valle Reboul, E. (2009). *Quantum electrodynamics with quantum dots in microcavities* (Doctoral dissertation, PhD thesis, Universidad Autonoma de Madrid).

Reithmaier, J. P., Sęk, G., Löffler, A., Hofmann, C., Kuhn, S., Reitzenstein, S., ... & Forchel, A. (2004). Strong coupling in a single quantum dot–semiconductor microcavity system. *Nature*, *432*(7014), 197-200.

Bayer, M., Ortner, G., Stern, O., Kuther, A., Gorbunov, A. A., Forchel, A., ... & Schäfer, F. (2002). Fine structure of neutral and charged excitons in self-assembled In (Ga) As/(Al) GaAs quantum dots. *Physical Review B*, 65(19), 195315.

Jiménez Orjuela, C. A. (2018). *Entrelazamiento en sistemas de microcavidades con puntos cuánticos inmersos bajo la acción de un campo magnético externo* (Doctoral dissertation).

Jiménez-Orjuela, C. A., Vinck-Posada, H., & Villas-Bôas, J. M. (2017). Dark excitons in a quantum-dot–cavity system under a tilted magnetic field. *Physical Review B*, *96*(12), 125303.

Capítulo 24

Humanismo vs mercantilismo: la batalla por los valores en la era digital

Gloria Leticia Chama Beristáin [1]
José Luis Álvarez Martínez [2]

Resumen

Parecería que con la aparición de la inteligencia artificial (IA) se pone de moda el papel de la ética, sin embargo, la cuestión ética ha estado presente a lo largo del desarrollo de la humanidad.

En este escrito se aborda el campo de la ética, diferenciándolo del campo de la moral, para que, una vez teniendo como base dicha diferenciación se analice la ética mercantilista que ha estado presente y ha tenido auge en los últimos años, algunas veces enmascarada de ética humanista y otras veces, manifestada tal cual, sin pudor alguno.

Sin llegar a maniqueísmos, este escrito pretende construir una alternativa de conceptualización y utilización de la ética, sosteniendo dicha propuesta en las aportaciones de Edgar Morin, Adela Cortina y Victoria Camps, básicamente.

Hoy día que la especie humana se enfrenta a la tecnología, se hace necesario retornar la mirada a las bases que nos constituyen como humanos, aquellas características que justamente nos diferencian de las máquinas, el intelecto, los valores y las emociones que han caracterizado a los individuos y a los

[1] Docente de la Universidad Veracruzana, Veracruz, México
[2] lbreton@uv.mx

colectivos; hoy por hoy, es imperante construirnos como seres humanamente humanos.

Palabras clave: ética, moral, ética mercantilista, ética humanista, homo complexus

¿Qué es la ética?

No es interés de este escrito realizar una historiografía sobre las metamorfosis que ha sufrido la ética, ni tampoco hacer una comparación entre las diversas posturas filosófico/teóricas sobre la misma; se busca partir de un concepto general (no simplista) de la ética, para arribar a la complejidad del mundo que los humanos enfrentan hoy día y que está poniendo en jaque los valores que permitan una convivencia pacífica.

La ética deriva del campo filosófico, de manera tradicional, se ha considerado que la filosofía aborda los siguientes campos:

- Metafísica: orientada a la comprensión de la génesis y causas de las cosas
- Ontología: reflexiona sobre las formas esenciales de la existencia de las cosas
- Lógica: principios y formas apropiadas del saber, establece normas que permiten construir, representar y analizar
- Ética: estudia la moral; cuestiona sobre la mejor forma de vivir tanto personal como colectiva
- Estética: analiza la belleza, el arte, la sensibilidad
- Epistemología: se ocupa de estudiar el conocimiento, su origen y validez

A partir de lo anterior, se enmarca el panorama completo de la filosofía y las áreas que la integran, una de ellas es la ética, como elemento práctico del estudio del valor:



Sirva la generalidad de las ramas de la filosofía antes señaladas para entrar en contexto y que se pueda observar claramente el campo de la ética.

La ética es una rama de la filosofía en la cual se puede considerar el estudio del comportamiento humano siempre y cuando si actuación pueda ser calificada como buena, mala, justa o correcta y sus contrarias.

La ética es la filosofía de las cosas humanas y la primera de las cosas humanas es la persona que se ha de ocupar en qué hacer con su vida. La ética "trata, ante todo, de los modos en que la persona se va haciendo tal y lo que va haciendo cada uno con su vida constituye su carácter o êthos" (Domínguez, 2005, p. 14).

Según Fernando Savater (2004, p. 55), "La ética es el arte de saber vivir, por lo tanto, el arte de discernir entre lo que nos conviene y lo que no". Para saber qué es lo que nos conviene tenemos que tomar en cuenta muchos factores, entre estos, nuestra libertad, nuestra humanidad y las posibles consecuencias de nuestras acciones.

Comúnmente se confunde la ética con la moral, utilizando indiscriminadamente un término y otro, sin embargo, es importante aclarar cada uno, pues si bien guardan una estrecha relación no son lo mismo.

La moral es "un conjunto de normas y reglas de acción destinadas a regular las relaciones de los individuos en una comunidad social dada" (Sánchez, 1984, p. 46), en ese sentido, la moral depende del grupo social en el cual se esté desempeñando un individuo, de tal forma que no es la misma moral la que se vive en Colombia que la que se vive en México, incluso dentro del mismo país, no es la misma moral la que se vive en el estado de Veracruz que

la que se viven en el estado de Puebla, México, porque tiene que ver con proceso de apropiación cultural y ante esta expresión, la sociedad en la que cada una de las personas actúa tiene su moral.

Cada contexto social ha ido desarrollando normas y reglas que han permitido regular las conductas de individuos, buscando el bienestar conjunto, a lo largo del tiempo estas reglas han ido cambiando, si bien en los años 50's era sancionada moralmente una madre soltera, hoy día resulta algo común y la sanción moral no es tan fuerte como es esos tiempos, y a pesar que la moral ha ido evolucionando, aún se encuentran situaciones de discriminación e intolerancia, sanciones morales bastante crueles que no han permitido que la sociedad avance hacia un bien común.

Con base en la moral se emiten juicios, se afirma: "es una buena mujer", "es un mal hombre", "actuaste bien", "¡qué mal se vio!", etc., para emitir estos juicios no es necesario realizar un análisis minucioso de la conducta emitida y sobre la cual se elabora el comentario, porque la moral se aprende desde la infancia, a través de la convivencia con diferentes instituciones socializantes: familia, escuela, barrio, comunidad, amigos, etc., de tal suerte que el juicio moral se ha ido desarrollando conforme se desarrolla el individuo.

Uno de los autores reconocidos en el estudio de la moral es el psicólogo estadounidense Lawrence Kohlberg (1981), quien propuso tres categorías amplias del desarrollo moral:

- Pre-convencional: orientación hacia la obediencia y el castigo, orientación hacia el interés propio
- Convencional: orientación hacia el consenso, orientación hacia la autoridad,
- Post-convencional: orientación hacia el contrato social, orientación hacia los principios universales

A partir de las aportaciones de Kohlberg se ha encontrado que la moral pasa de ser un corpus heredado a un corpus asumido, relacionado con el contacto social que los individuos realizan a lo largo de su vida.

La ética por su parte es la reflexión, el análisis de las acciones humanas, "estudia tanto la bondad como la maldad, las normas válidas en una sociedad histórica y su aceptación o rechazo, porque no toda norma puede perpetuarse, sino que tienen un contexto histórico especifico" (Piña y Chávez, 2018, p. 25).

Dado que la ética está referenciada al contexto, es menester apuntar que, si en épocas pasadas fue importante modificar la naturaleza para producir bienes para la satisfacción humana, hoy día esa modificación se torna peligrosa para la especie humana y es importante que la ética aborde ese debate.

La ética, por lo tanto, tiene que ver con lo que creemos que debemos hacer y con el cómo debemos actuar, Beuchot (2012, p. 17), menciona que la "ética hermenéutica analógica, a fin de que tenga una concepción del hombre que admita tanto su lado natural como su lado cultural, su lado biológico y su lado psico-social, que deje lugar a una libertad situada, como lo es la misma interpretación".

Si en tiempos pasados se afirmaba que la salvación de la vida humana consistía en otorgar medicamentos para que el cuerpo de la persona sobreviva, hoy día el debate se encuentra entre la sobrevivencia dependiente y la libertad de elección de la persona enferma, todo un tema de disputa.

Por lo tanto, la ética nos permite:

a) Formar el carácter: al provenir del griego ethos que significa carácter, lleva al cuestionamiento ¿quién quieres ser?

b) Convivencia pacífica: la ética al analizar las conveniencias y/o consecuencias de las acciones humanas, permite identificar lo que conviene o no, aquello que nos permitiría convivir entre humanos respetando diferencias

c) Toma de decisiones: partiendo del libre albedrío del ser humano, la ética, a través del análisis de consecuencias, posibilita la toma de decisiones de manera racional y consciente, retoma las pasiones y las emociones, pero no se deja cegar ni por la racionalidad ni por la emotividad.

d) Generar criterios basados en valores, al campo de la ética lo conforman valores, teniendo una plataforma axiológica el ser humano puede actuar basado en ellos.

e) Guia el comportamiento individual y colectivo, no se trata de llegar a posturas que simplifiquen la labor ética, argumentando que "todo depende del color con el que se mira", como menciona Adela Cortina y Emilio Martínez (2001, p.9) la ética es un tipo de saber que intenta

> construirse racionalmente, utilizando para ello el rigor conceptual y los métodos de análisis y explicación propios de la Filosofía".

De acuerdo con Ramírez (2015, p. 191), es necesario implicarse en la construcción del propio proceso formativo, para lo cual es imprescindible que las personas se encuentren en formación permanente (formación durante la vida para la vida). Este proyecto invita a un ejercicio de reflexión crítica sobre el mundo y el ejercicio personal (interacción cultura- sujeto).

Ética mercantilista (individualismo, consumismo, competencia)

En páginas anteriores se abordó el campo de la ética y la moral, partiendo de ello, se aludirá a un tipo de ética que ha estado presente en los últimos años: la ética mercantilista, la cual se caracteriza por priorizar la acumulación de riqueza y el interés económico por encima de valores morales, sociales y ambientales.

Este posicionamiento reduce a la ética a una mera herramienta para maximizar beneficios, lo que puede conducir a prácticas empresariales irresponsables, como la explotación laboral, la destrucción del medio ambiente y la evasión fiscal, bajo la justificación de la eficiencia económica. Desde una perspectiva ética, este paradigma desdibuja la responsabilidad social de las empresas, promoviendo una visión cortoplacista que favorece el enriquecimiento inmediato a costa del bienestar colectivo y de los principios de justicia y equidad.

Al mismo tiempo, la ética mercantilista tiende a promover una visión individualista y competitiva que puede socavar el sentido de comunidad y solidaridad social. Al centrarse únicamente en la rentabilidad, se ignoran los impactos negativos que las acciones empresariales pueden tener en los grupos vulnerables y en la sustentabilidad a largo plazo. Este enfoque puede generar desigualdades sociales crecientes y una pérdida de confianza en las instituciones económicas, ya que prioriza los intereses particulares sobre el bien común.

Desde un punto de vista ético, es fundamental promover una economía que aprecie la responsabilidad social, la justicia y la sostenibilidad, como base filosófica de la empresa y a su vez como áreas de crecimiento, en lugar de una ética centrada exclusivamente en el beneficio material.

Algunas características de este tipo de ética son:

a) Buscar el bienestar individual, ya que sostiene que el bienestar del individuo es fundamental para el funcionamiento óptimo de la economía y, por ende, de la sociedad en general. Bajo esta perspectiva, la búsqueda de beneficios personales y la acumulación de riqueza son considerados medios legítimos para alcanzar la satisfacción personal y la estabilidad económica. La idea es que, si cada individuo trabaja por su propio interés, se genera un efecto de coordinación automática que favorece el desarrollo colectivo. Sin embargo, esta visión puede promover una concepción estrecha del bienestar, centrada únicamente en la acumulación material y dejando de lado aspectos éticos, sociales o ambientales que también son esenciales para una vida plena y justa.

b) Considerar la riqueza material como indicador de éxito y como virtud, en el pensamiento mercantilista, la posesión de riqueza material no solo es un medio para satisfacer necesidades, sino que se convierte en un símbolo de éxito personal y virtud moral. La acumulación de bienes y capital refleja la labor, la habilidad y la virtud del individuo, y, por tanto, se convierte en un criterio objetivo para valorar el mérito y la valía de una persona. Esta visión fomenta una cultura que asocia la virtud con la prosperidad económica, promoviendo la competencia y la ambición. Sin embargo, esta concepción puede derivar en una visión materialista de la vida, en la que el valor humano se mide únicamente por la riqueza acumulada, olvidando aspectos éticos, espirituales o comunitarios que también conforman el bienestar integral.

c) Fomentar la competencia entre individuos y naciones, la ética mercantilista impulsa la competencia como motor principal del progreso económico y social. Se promueve que tanto individuos como países compitan por recursos, mercados y poder, creyendo que esta rivalidad incentiva la innovación, la eficiencia y el crecimiento económico. La competencia, en este contexto, se ve como un mecanismo positivo que impulsa la mejora continua y el liderazgo económico. No obstante, esta visión puede derivar en prácticas desleales, desigualdades profundas y conflictos internacionales, ya que la competencia desenfrenada puede llevar a la explotación, a la destrucción del medio ambiente y a la priorización del interés propio sobre el bienestar colectivo. Además, fomenta una visión competitiva que puede socavar la cooperación y la solidaridad social y global.

Como menciona Díez y Aliena (s/f,p. 51) La "ética mercantilista" no se refiere a una ética de comportamiento empresarial como la conocemos hoy, sino a la concepción moral y filosófica que justificó las prácticas del mercantilismo, una política económica de la época moderna. Esta concepción se centró en el interés nacional y la acumulación de riqueza, considerando la pobreza de los trabajadores como útil para mantenerlos laboriosos y bajo control. Se valoraba el trabajo duro, el nacionalismo económico y el poder del Estado, justificando la intervención estatal, las regulaciones y la protección de la industria nacional para lograr una balanza comercial favorable y asegurar la prosperidad del Estado por encima de otros principios.

Ética humanista, antropoética

Contrapuesta a la ética mercantilista, se propone una ética humanista/antropoética, para explicarla, se hace necesario explicitar los principios bajo los cuales trabaja esta ética.

Uno de los principios es el tomar conciencia de la complejidad humana, lo que implica reconocer las diversas dimensiones que conforman al sujeto: social, biológica, emocional, antropológica, física, química, política y darse cuenta que esas dimensiones están íntimamente relacionadas, se alimentan mutuamente y en muchas ocasiones entran en discrepancia, por ello es que el ser humano es la única especie que enfrenta dilemas morales, porque su emoción puede querer una cosa pero su racionalidad otra.

Otro principio tiene que ver con el equilibrio entre autonomía y comunidad, lo que llevaría a retomar lo que algunos autores llaman ecología de la acción, es decir, lo que un individuo realiza tiene un impacto, quiera o no, esté consciente de ello o no, le guste o no le guste, su actuar impacta su contexto, impacta a los otros y viceversa. Este principio alude a religar la autonomía individual con la participación comunitaria y viceversa.

La ética del ser sobre el tener, es otro de los principios, y se refiere a valorar la calidad de vida, el conocimiento, los saberes por sobre la riqueza y el consumismo acrítico. Ya Erich Fromm (2018, p. 32) había hablado de esto en su libro ¿Tener o ser?, donde menciona:

> El progreso industrial y la creación de máquinas modernas permitieron a los humanos crear producciones materiales y organizaciones fastuosas más allá de lo imaginable.

> Todo esto se creó con la promesa de que más cosas y mejores instituciones ofrecerán una nueva sensación de libertad y nos permitirán a todos ser verdaderos dueños de nuestras vidas. Además, estas innovaciones conducirán a la felicidad plena de todos los seres vivos.
>
> Y aunque el progreso ha creado un mejor nivel básico de vida, la producción ilimitada no logró proporcionar la tan deseada felicidad duradera en nuestras vidas.
>
> La riqueza y el bienestar dieron lugar a una sociedad de personas notoriamente infelices, solitarias, ansiosas, deprimidas, destructivas, dependientes; personas que se alegran cuando hemos matado el tiempo que tanto nos esforzamos por ahorrar.

La responsabilidad planetaria es otro principio básico de la antropoética, busca que la especie humana reconozca como "Patria" al planeta con el fin de salvaguardar la continuidad de su especie y la de otras.

Finalmente, es necesario desarrollar una mirada transdisciplinaria que permita enfrentar los problemas que aquejan a la sociedad de manera conjunta ya que son problemas complejos los que se viven: violencia, inseguridad, discriminación, pobreza, etc., y a lo largo de los años se ha demostrado que desde una sola disciplina o desde una sola mirada es difícil solucionarlos, se necesita una red que contribuya a la disminución de estas problemáticas, para ello es imprescindible tener humildad y ser tolerantes, humildad para aceptar que el conocimiento es infinito y que ningún ser humano posee la verdad absoluta y tolerancia para respetar las ideas diferentes, aceptar que la persona que piensa diferente no es enemigo, y esto, en el campo académico a veces cuesta mucho trabajo porque conviven muchos egos.

Homo complexus, base de la antropoética

Para Edgar Morin, sociólogo francés, la ética debe partir de una visión no fragmentada del ser humano, sus bases son:

a) La tríada individuo-especie-sociedad

La trinidad individuo-especie-sociedad, alude al hecho de que los individuos son producto del proceso reproductor de la especie humana, sin embargo la

especie humana debe ser producida por la unión de dos individuos, la sociedad se conforma por las interacciones de los individuos, se puede decir que es producto de esa relación, pero al mismo tiempo es productora de los individuos, de tal forma que "La sociedad vive para el individuo, el cual vie para la sociedad; la sociedad y el individuo viven para la especia, la cual vive para el individuo y la sociedad". Los tres elementos son medio y fin, cada uno necesita del otro para subsistir, los tres se complementan. No hay individuo sin especie, ni especie sin individuos, no existe sociedad sin individuos ni viceversa, los tres elementos conforman un bucle y en dicho bucle pueden existir contradicciones.

Esta triada busca integrar las dimensiones individuales, sociales y de especie que el ser humano comporta, con el fin de abonar al campo de la comunidad y la conciencia, vislumbrando la pertenencia a una humanidad compartida.

b) Lo complejo del ser humano (homo complexus)

A pesar de que se vive una época signada por el avance tecnológico y científico, paradójicamente nos desconocemos más como seres humanos, pareciera que cuanto más se conoce menos se comprende, y esa falta de comprensión proviene de un pensamiento fragmentado que se ha alimentado a lo largo de los años, un pensamiento que separa y reduce, inhibe la posibilidad de concebirnos como seres complejos.

Las diversas ciencias han aportado elementos valiosos para la comprensión del ser humano, no se pueden ignorar los avances que han tenido las neurociencias, la psicología, la química, la física, etc., sin embargo "Todas las ciencias, todas las artes esclarecen cada una desde su ángulo el hecho humano" (Morin, 1999, p. 15), lamentablemente lo hacen de manera separada.

El término "humano" en sí mismo es rico, pero también implica contradicciones, ambivalencias, esto último para mentes acostumbradas a pensar binariamente les produce irritación, el ser humano quiere tener las ideas claras y distintivas que le permitan transitar por la vida, sin embargo justo ahí radica el asunto de la reducción, si los pensamiento sigue trabajando en blanco y negro, no se puede ser capaz de admirar y mirar las diversas tonalidades con las que el mismo ser humano está constituido.

Se retoma la concepción compleja del ser humano que plantea Edgar Morin (1999, p. 79), en el cual explica que los seres humanos son uniduales ya que son plenamente biológicos y plenamente culturales. Los humanos tienen un enraizamiento cósmico, este enraizamiento es doble: por un lado el cuerpo está conformado por partículas químicas que se encuentran en los astros celestes, así, lo que pudiera parecer fuera del alcance de nosotros mismos se encuentra integrado a las células que nos conforman; por otro lado es parte de un entorno natural/físico, vive y se mueve dentro de él, lamentablemente a veces lo destruye, sin embargo no existe un ser humano fuera de un campo físico, su vida y su devenir se van integrando a esa organización cósmica y física que al mismo tiempo que parece estar fuera de él está dentro de cada ser humano.

A la par del enraizamiento cósmico, tenemos un enraizamiento biológico; somos capaces de contener en nosotros mismos toda la carga de nuestra especie siendo al mismo tiempo únicos dentro de ella, es decir, llevamos una unidad bioquímica y al mismo tiempo llevamos la unidad genética de la vida misma. El ADN que poseemos nos dota de características específicas dentro de la especie humano y al mismo tiempo nos hace poder comunicarnos entre los individuos. Somos mamíferos, pero por las actividades que hemos desarrollado en sociedad somos hipermamíferos, nos gustan las manadas, el calor corporal, el contacto físico, sin embargo, todos esos rasgos los hemos envuelto en capas culturales que nos han llevado a plasmar artísticamente cada una de esas características, existen poemas, canciones, obras de teatro que muestran nuestra parte mamífera de una manera estética.

Otro rasgo biológico es la sexualidad, la cual todos los seres humanos la poseen, sin embargo, se puede decir que el ser humano es hipersexuado, el bombardeo publicitario, la mercadotecnia, la laxitud de los valores, la vida poco sana de las familias, etc., han impactado esa esfera que lo conforman, promoviendo prácticas que lo muestran como cuerpos hipersexuados.

Además de los rasgos ya mencionados, también se puede decir que la especie humana es de superprimates, pues aunque sólo el 1% es la diferencia de variación en el genoma de una humano y un chimpancé, por la cultura es que se puede diferenciar de los primates, los seres humanos, por su proceso de hominización han aprendido y desarrollado prácticas culturales, sociales, artísticas, que lo han colocado en otra escala de la evolución, "La humanidad no se reduce de ningún modo a la animalidad, pero sin animalidad no hay humanidad" (Morin, 2000, p. 37)

Se puede afirmar entonces, que el ser humano deviene plenamente cuando la esfera biofísica, la esfera psico-socio-cultural se entrelazan, se mezclan y se remiten unas a las otras conformando un entramado rico y al mismo contradictorio. Dicho entramado lleva a plantear al ser humano como un homo complejo, lo complejo se deriva del vocablo complexus que significa lo que está tejido junto, es decir, cuando se alude al término complejo no estamos hablando de completud ni de complicación, estamos hablando de una unión, así, el ser humano está conformado por una trinidad humana:

a) La trinidad individuo-especie-sociedad

b) La trinidad cerebro-cultura-mente

c) La trinidad razón-afectividad-pulsión

La primera triada ya se abordó anteriormente. La segunda trinidad retoma lo trabajado por Paul MacLean quien plantea que estos "tres sistemas que conforman un todo están interconectados, pero que al mismo tiempo son capaces de operar independientemente, ya que cada uno tiene una inteligencia especial, su propia subjetividad, sentido de tiempo y espacio, así como sus otras funciones" (Carrillo, 2025, p. 3). Son estructuras física y químicamente diferentes, que conforman lo que MacLean denominó Cerebro Triuno.

Este cerebro triúnico está conformado por:

a) El paleocéfalo: es el cerebro reptiliano, en él se encuentran instalados los celos, la agresividad, los impulsos primarios.

b) El mesocéfalo: perteneciente a los mamíferos, en él se localiza la afectividad y la memoria a largo plazo.

c) El córtex: relacionado con los mamíferos, en él se encuentran las habilidades analíticas y lógicas.

El ser humano es capaz de pensar, sentir y actuar ya que cuenta con un cerebro triúnico, lo cual denota una riqueza puesto que el ser humano es capaz de concebir las máquinas y artefactos más audaces y complicados, es capaz de descubrir nuevos mundos y de encontrar la cura a enfermedades que atentan contra la especie humana y al mismo tiempo ese ser humano es capaz de crear las máquinas más peligrosas para destruir a otros seres humanos o bien a otros seres vivos. Ese mismo ser humano que es capaz de crear bellas obras de arte

es el mismo que puede ser capaz de matar a su amado o amada en una noche de pasión. Sin duda, este cerebro triúnico nos muestra que a veces podemos pensar una cosa, sentir otra y actuar de otra manera, justo ahí radica la complejidad humana.

La tercer trinidad nos muestra que no se puede hablar de cultura sin referirse a la mente, la mente como la capacidad de conciencia, pero no se puede hablar de mente si no se habla de cerebro humano, el cerebro como ese aparato biológico dotado de habilidades; se necesita un órgano para ser y ese órgano es el cerebro, pero el cerebro nada sería si no tuviera una actividad, esa actividad es la mente y esa mente es capaz de crear y producir, produce cultura, pero la cultura tiene un impacto en la mente de los individuos y esas mentes impactan al cerebro, de tal que las tres se necesitan entre sí y también las tres pueden diferenciarse y entrar en choque.

La complejidad del ser humano radica en los enraizamientos y en las trinidades que lo conforman, a la luz de estas elucidaciones, el concepto manejado durante mucho tiempo de que somos seres biopsicosociales se mira empobrecido ante tal complejidad; las instancias que se han abordado son inseparables, todas juntas conforman el homo complexus, mismo que también es homo demens, homo ludicus, homo economicus, faber, poeticus, etc.

Al observar al ser humano de esta forma, se puede entender que se puede acceder a lo corporal a través de lo psíquico, acceder a lo cultural a través de lo corporal, a lo espiritual a través de lo físico, etc., las posibilidades son variadas y esas mismas posibilidades deben permitir ir terminando con una visión unilateral de lo que es el ser humano, deben permitir conformar un pensamiento complejo que sea capaz de percibir la complejidad humana.

Los caracteres biológicos y culturales no están ni yuxtapuestos ni superpuestos. Son los términos de un proceso en bucle recomenzado y regenerado sin cesar.

Conclusiones

Si se alude a una ética humanista, es que se está retomando al ser humano en su complejidad. Hay que recordar que el humanismo ha sido creado por la mente humana, se propone no perder de vista los valores tales como:

a) La dignidad: todas las personas son dignas de ser consideras. Todo individuo ocupa un espacio y tiempo en la realidad, siendo merecedor de derechos y obligaciones para consigo mismo y para con los demás.

b) Autonomía: entendida en el binomio autonomía/dependencia, ya que para ser él mismo, necesita de los otros.

c) Libertad: de pensamiento, de conciencia, de expresión, de asociación.

Hoy día, con el uso de la Inteligencia Artificial (IA) la especie humana se encuentra en un periodo de gran envergadura, la ficción se ha concretado: humanos vs máquinas; está presenciando un momento histórico que le llevará a buscar soluciones dentro de las mismas problemáticas que está viviendo, ya que con el uso de la IA habrá profesiones que se automaticen ¿cuáles oficios, profesiones, actividades tenderán a desaparecer o a ser reemplazadas?, pero también ¿cuáles profesiones surgirán y se necesitarán?

El planteamiento anterior lleva al análisis de lo que hoy día también se pregona: el desarrollo y potenciación de las soft skills para el campo laboral y social, entonces parecería una paradoja, por un lado el discurso plantea la necesidad de formar en habilidades blandas que enriquezcan los diversos actuares humanos y por otro lado se tiene el uso y auge de las IA; dentro del reclutamiento de personal ¿se investigará sobre las soft skills que posee la persona que solicita el puesto o bien por el uso y conocimiento que tiene sobre las IA?, ¿qué tipo de ser humano presidirá las organizaciones?

Las interrogantes que se plantean llevan al abordaje del papel de las universidades, tal vez sea momento de que la ética regrese a la escuela, en años anteriores, en México, existía una materia sobre civismo, sin embargo con las diversas reformas educativas que han vivido los distintos niveles educativos, tanto el civismo, la ética y la filosofía se han ido desdibujando de los planes de estudio y hoy día es necesario retornar a ellas si se busca que el ser humano sea quien tome las riendas de las máquinas y no deje al mundo en manos de la IA.

Si las universidades promueven el pensamiento crítico, habrá que destinarle más horas y créditos al desarrollo del mismo, porque este tipo de pensamiento permitirá discernir sobre el uso de las IA, ayudará a discriminar el consumo ignorante de productos y marcas que dañen el medio ambiente y a las distintas especies que cohabitan en él, teniendo cuidado de no creer ingenuamente que estamos criticando cuando en realidad podemos ignorar

críticamente, no creer que somos tolerantes cuando en realidad somos insensibles y poco empáticos con el otro, no creer que somos respetuosos cuando somos individualistas.

El humanismo intenta que emerja lo mejor de la persona, de manera que todos los seres humanos puedan obtener lo mejor que la vida les ofrece.

Bibliografía

Camps, Victoria (2002) Teoría y práctica de la ética en el siglo XXI (Undécimas Conferencias Aranguren) Universidad Autónoma de Barcelona.

Carrillo, Andrés (2025) "La teoría del cerebro triuno de MacLean", disponible en: https://psicologiaymente.com/neurociencias/teoria-cerebro-triuno-maclean

Cortina, Adela (2013) ¿Para qué sirve realmente…? La ética. España. Paidós. Cortina, Adela y Martínez, Emilio (2001) Ética. España. Akal.

Díez Rodríguez, Fernando y Aliena Miralles, Rafael (s/f) "Pobreza, trabajo y asistencia. Consideración histórica de una relación polémica". Universidad de Valencia, disponible en: https://vlex.es/vid/pobreza-consideracion-historica-polemica-349983422#:~:text=El%20mercantilismo%20inaugura%20una%20%C3%A9poca%20de%20confianza,para%20la%20ocupaci%C3%B3n%20de%20una%20creciente%20poblaci%C3%B 3n.

Domínguez, X. M. (2005). Para ser Persona. Fundación Emmanuel Mounier.

Fromm, Erich (2018) Tener y ser. Omegalfa.

Kohlberg, L. (1981) Essays on Moral Development: The Philosophy of Moral Development, (Vol. I), San Francisco, Harper & Row.

Morin, Edgar (1999) El Método III. El conocimiento del conocimiento. España. Cátedra.

Morin, Edgar (2003) El Método V. La humanidad de la humanidad. La identidad humana. España. Cátedra.

Morin, Edgar (2006) El Método VI. Ética. España. Cátedra.

Piña Osorio, J. M. y Chávez Arellano, M. E. (2018). Ética 1. México. Grupo Editorial Patria. Savater, Fernando (2004) Ética para Amador. Barcelona. Ariel.

Sánchez Vásquez, Adolfo (1984) Ética. España. Grijalbo.

Capítulo 25

La cobertura vegetal en las ciudades

Ramiro A. Lozano [1]

Resumen

Los árboles conforman el paisaje de los diferentes territorios, contribuyen a regular el clima, suministran alimento, medicinas, forraje para los animales, cobijo, materia prima para la construcción de viviendas y para la elaboración de toda clase de objetos, brindan paz espiritual y han sido vigías de los suelos y del agua.

Los árboles en una ciudad determinan y caracterizan su paisaje. Cada árbol que encontramos al recorrer Bogotá contribuye a hacer posible la vida en ella y a mejorar la calidad de vida de todos y cada uno de sus habitantes, brinda diversos beneficios tangibles e intangibles de orden ambiental, estético, psicológico, paisajístico, recreativo, social y económico, a tal punto que se constituyen en uno de los indicadores de los aspectos vitales y socioculturales de las ciudades.

Introducción

En la segunda mitad del siglo XX comenzó la preocupación sobre la posibilidad de un cambio climático; en la actualidad prácticamente no hay dudas de que la actividad humana está alterando de diversas formas el balance de radiación del sistema superficie-atmósfera del planeta que mantiene el clima de la tierra. Las alteraciones de dicho balance se producen

[1] Docente universitario

porque: a través de la emisión de gases se está reforzando el efecto invernadero atmosférico; por medio del cambio del uso de la tierra se está cambiando las propiedades radiativas de la superficie terrestre. Si bien hay muchos factores que intervienen en el clima de la tierra, se ha identificado que el aumento antropogénico de los gases de efecto invernadero en la atmósfera ha jugado un papel importante en dicho calentamiento (Pabon, 2003).

Lo anterior está conduciendo hacia un calentamiento de la atmósfera global, el cual no es homogéneo en todo el planeta: algunas regiones tendrán mayor calentamiento que otras; según el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2001), la temperatura media global del aire ha aumentado en 0.6°C durante el último siglo. Estas alteraciones de la temperatura del aire generan cambios en la distribución espacial de las demás variables climatológicas produciendo lo que se ha denominado cambio climático, el cual es también diferenciado espacialmente. Los cambios que se presentan en el clima pueden afectar en diverso grado los sistemas socioeconómicos y ambientales en diferentes regiones y países del mundo (IPCC,2001), por lo cual resulta muy importante conocer cuáles son los cambios actuales y futuros del clima en determinada región geográfica, particularmente en el territorio colombiano.

Los árboles urbanos proporcionan múltiples beneficios para las ciudades y sus habitantes por lo que es indispensable cuidarlos y protegerlos. En diferentes ciudades del mundo se ha venido implementando proyectos de arborización urbana con el fin de reducir el impacto del cambio climático. Estos sistemas de arborización han permitido no solo reducir las temperaturas de las ciudades sino también actuar como un efectivo eslabón en la nueva economía circular, por no decir en el principal factor de supervivencia de las poblaciones en las ciudades superpobladas del plantea.

Arborización sostenible

La selección de especies de arboles para conformar lugares y estructurar espacios debe hacerse con conocimiento y sensibilidad hacia el paisaje urbano de las ciudades. Las consideraciones a tener en cuenta deben incluir los aspectos funcionales, los factores condicionantes ambientales y espaciales, y las cualidades estéticas e intangibles que cada especie posee, así como sus propias exigencias para su supervivencia. Por otra parte se requiere

de una voluntad política que apoye la realización de planes de ordenamiento de arborización, investigaciones asociadas y programas que garanticen su sostenibilidad y apropiación.

La arborización a nivel general, aporta dentro del paisaje urbano no solo elementos estéticos tales como el amortiguamiento del impacto visual de formas construidas o la adición de belleza escénica, sino también funciones como la participación en los vínculos y articulación de la ciudad con sistemas de bosques o con los ecosistemas de humedales, asociados a las conexiones biológicas a nivel regional, al atenuamiento del rigores climáticos, y a la inserción del sistema arborizado urbano en la economía circular.

Bogotá, un caso especial

A lo largo del siglo XX, la ciudad de Bogotá ha mantenido un crecimiento acelerado demográficamente. Diversos factores de la historia contemporánea: políticos, sociales y económicos han convertido a la ciudad en el epicentro de las oportunidades para los ciudadanos del país. La demanda de unidades habitacionales, conexiones viales, servicios básicos, redes de acueducto y alcantarillado, sistemas de transporte han afectado el estado natural de la meseta en la que se encuentra la ciudad. Este crecimiento a lo largo y ancho del espacio geográfico ha afectado también, los bosques aledaños, cerros y humedales que rodean a la ciudad y que se encuentran hoy, bajo protección legal contra la amenaza del expansionismo del sector constructor en la ciudad.

A mediados de la década de los 80, la Cámara de Comercio de Bogotá, planteo la iniciativa Hojas Verdes con el fin de iniciar un proceso, no solo de concientización sobre la importancia de los árboles, sino también, en una visión futurista, generar una reserva ambiental para producir oxigeno a los habitantes de la ciudad. Este programa se mantuvo hasta finales de la década de los 90´s cuando la Alcaldía Mayor de Bogotá tomo consciencia sobre el impacto ambiental del crecimiento de la ciudad y el aumento demográfico en la ciudad.

En 1998, Bogotá asume la responsabilidad del programa de arborización, dando cumplimiento a la Constitución Política, la ley 99, el decreto 282 y el Acuerdo 6/90. De la articulación de estas leyes con la infraestructura estatal que había en su momento surge el Decreto distrital 984 de 1998, que establece un contexto institucional y define competencias (Araujo Castro,

2000). Este mismo decreto le otorga al Jardín Botánico la responsabilidad de definir los lineamientos y de ejecutar proyectos y programas de arborización en relación y coordinación con las otras entidades; el Instituto de Desarrollo Urbano, tiene la competencia en el espacio público peatonal concebido desde una visión integral en donde el árbol hace parte del espacio publico y la competencia particular en parques, es del IDRD; la empresa de Acueducto y Alcantarillado actúa en rondas hidráulicas y la Secretaria Distrital de Medio Ambiente (antes DAMA) se define como la entidad que controla y supervisa todas las acciones en materia ambiental en el distrito capital.

En el marco del Plan de Desarrollo (1998-2001) y en consecuencia con el Decreto, el Jardin Botánico definió su estrategia de ejecución en tres niveles: el nivel central en coordinación con las instituciones antes mencionadas para el diseño y construcción de obras de gran impacto para la ciudad como el paseo urbano de la carrera 15, la avenida El Dorado, la carrera séptima, el eje ambiental de la Jiménez y Transmilenio, así como en los parques metropolitanos y megaparques entre los que se destacan el parque el Virrey, el Tunal y el Renacimiento, entre otros.

El segundo nivel de intervención es el local cuyos actores fundamentales son los alcaldes locales y las juntas administradoras locales, quienes tienen una relación directa con el Jardín Botánico para determinar los proyectos que no se encuentran a nivel central y que son de importancia e impacto en la calidad de vida de su localidad, en particular en lo referente a recuperación de espacio público.

Y por último, el más importante es el nivel comunitario el que se establece una línea directa de trabajo con la comunidad para el diagnóstico, diseño, plantación y mantenimiento de proyectos de arborización y jardinera con participación comunitaria, lo que garantiza la sostenibilidad del programa de arborización.

Contexto técnico de la ciudad

El Distrito Capital, comprende 163.660,94 hectáreas, de las cuales 23,41% es área urbana y 76,59% es rural; de igual manera el territorio se encuentra dividido política y administrativamente en 20 localidades.

Tabla 1. Distribución y participación de las localidades en el área del Distrito Capital

Localidad	Área Total (ha)	%	Área urbana	%	Área rural	%	Total UPZ	Total Veredas
Localidades suelo urbano								
Tunjuelito	1.028	0,63	1.028	2,67	-	-	2	
Bosa	2.392	1,46	1.929	5,02	-	-	5	
Kennedy	3.857	2,36	3.606	9,38	-	-	12	
Fontibón	3.326	2,03	3.053	7,94	-	-	8	
Engativá	3.556	2,17	3.439	8,95	-	-	9	
Barrios Unidos	1.190	0,73	1.190	3,1	-	-	4	
Teusaquillo	1.421	0,87	1.421	3,7	-	-	6	
Los Mártires	655	0,4	655	1,7	-	-	2	
Antonio Nariño	494	0,3	494	1,29	-	-	2	
Puente Aranda	1.724	1,05	1.724	4,48	-	-	5	
La Candelaria	184	0,11	184	0,48	-	-	1	
Rafael Uribe Uribe	1.310	0,8	1.310	3,41	-	-	5	
Localidades suelo urbano y rural								
Usaquén	6.531	3,99	3.522	9,16	2.720	2,24	9	5
Chapinero	3.899	2,38	1.235	3,21	2.664	2,19	5	6
Santa Fe	4.488	2,74	685	1,78	3.803	3,13	5	2
San Cristóbal	4.816	2,94	1.629	4,24	3.187	2,62	5	2
Usme	21.556	13,18	2.064	5,37	18.307	15,07	7	12
Suba	10.055	6,15	6.034	15,7	3.141	2,59	12	4
Ciudad Bolívar	12.996	7.95	3.238	8,42	9.556	7,87	8	19
Localidad rural								
Sumapaz	78.096	47,74	-	-	78.096	64,429		29
TOTAL	163.660		38.440		121.474		112	79

La temperatura media anual, hacia el noroccidente oscila entre 6 y 12 grados centígrados; del nororiente hacia el centro, se encuentra entre 12 a 18 grados centígrados; hacia la zona oriental, se encuentran temperaturas entre 3 y 6 grados centígrados (sub paramo). La ciudad se encuentra en la cordillera Oriental que pertenece al subsistema Andino Atlántico, y esta afectado principalmente por las masas de aire húmedo provenientes de la Orinoquia y

la amazonia. La humedad transportada por estas masas es de gran importancia para la región dado que, al ascender por la cordillera se convierte en precipitación orográfica. La zona nororiental y parte de la central del Distrito Capital presenta una precipitación anual entre 500 y 1000 mm anuales. Hacia el sur (sector del Paramo de Sumapaz), la precipitación se encuentra entre 1000 y 1500 mm anuales y hacia el oriente aumenta hasta los 2000 mm anuales (según datos del IDEAM).

El abastecimiento hídrico de Bogotá, depende principalmente de los paramos de Chingaza, Sumapaz y Guerrero, fuentes hídricas que permiten que la ciudad sea viable en términos de habitabilidad. El Distrito Capital cuenta con ocho subcuencas pertenecientes a la cuenca del rio Bogotá.

Tabla 2. Morfometría de las subcuencas del Distrito Capital

Subcuenca	Área	Longitud del cauce (km)	Altura media (msnm)	Cota máxima (msnm)	Cota mínima (msnm)	Caída total	Pendiente media del cauce
La Conejera	3840,29	32,42	2613	2680	2550	130	0,4
Jaboque	1623,71	3,86	2570	2590	2550	40	1,04
Rio Fucha	14814,72	26,14	3073	3650	2540	1110	4,25
Rio Salitre	13251,48	22,93	2890	3300	2540	760	3,32
Rio Teusaca	3245,72	11,66	3279	3675	2950	725	6,22
Canal Tintal	3415,32	9,43	2540	2550	2530	20	0,21
Quebrada Torca	6008,69	12,77	2782	3200	2540	660	5,17
Rio Tunjuelo	38899,86	63,43	3049	3550	2660	890	1,4

El Distrito Capital, en su matriz rural, alberga 38 tipos de coberturas, de las cuales la vegetación de paramo cubre el 50,8%, los pastos el 11,8% y los bosques alto andinos el 4,5%. La matriz urbana contiene 15 tipos de cobertura. Las construcciones en general cubren el 45,93%, los pastos el 22,11%, red vial, ferrovías y terrenos asociados el 19,87%.

El arbolado urbano está representado por 286 especies, 730.601 individuos son foráneos (67%) y 369.561 individuos (33%) son nativos. El 40% del total de

la población arborea de la ciudad está conformada por diez especies, donde las más abundante es el sauco (Sambucus nigra) con 86.000 individuos, superando aproximadamente en 30.000 individuos a la acacia negra (Acacia decurrens y al jazmin del cabo (Pittosporum undulatum), especies en segundo y tercer puesto de abundancia respectivamente.

Es importante señalar que cinco de las especies más frecuentes en el arbolado urbano de la ciudad, acacias, eucalipto y cipres, son consideradas como de alta susceptibilidad al volcamiento. Suba y Usaquén, son las localidades que contienen el mayor número de individuos del arbolado urbano. Las localidades de La Candelaria y Los Mártires, son las que presentan el menor número de especies y de individuos.

La importancia de la arborización en las ciudades

La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda que las ciudades tengan 9 metros cuadrados de zona verde por habitante. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, mundialmente conocida como FAO, pasar tiempo cerca de los árboles mejora la salud física y mental aumentando los niveles de energía y la velocidad de recuperación, a la vez que descienden la presión arterial y el stress. Los árboles colocados de manera adecuada entorno a los edificios reducen las necesidades de aire acondicionado en un 30% y ahorran entre un 20% y un 50% de calefacción. Los árboles proporcionan hábitat, alimentos y protección a plantas y animales, aumentando la biodiversidad urbana (Leal, 2018).

Tabla 3. Beneficios de los bosques urbanos (FAO)

Aspectos urbanos	Beneficios potenciales de los bosques urbanos
Seguridad alimentaria	Suministran alimentos, agua limpia y madera combustible
Pobreza urbana	Crean empleos y aumentan los ingresos
Degradación del suelo y el paisaje	Mejoran las condiciones del suelo y previenen la erosión
Reducción de la biodiversidad	Preservan y aumentan la Biodiversidad
Contaminación del aire y la acústica	Remueven los contaminantes del aire y fungen como aislante acústico
Emisiones de gases de efecto invernadero	Secuestran el carbono y mitigan el cambio climático, mejoran el clima local y fomentan la resiliencia

Eventos climáticos extremos	Mitigan el clima local y fomentan la resiliencia
Escasez de energía	Ahorran energía por medio de sombra/enfriado y aumentan la disponibilidad de combustible leñoso
Efecto isla de calor	Refrescan el entorno edificado con la sombra y la Evapotranspiración
Acceso limitado a las áreas verdes	Brindan acceso a las áreas naturales y verde
Salud Publica	Mejoran la salud física y mental de los residentes
Inundaciones	Mitigan las escorrentías y atenúan inundaciones
Oportunidades recreativas	Oportunidad de recreación y educación ambiental
Exposición	Como refugio
Recursos Hídricos limitados	Permiten la infiltración y la reutilización de las aguas residuales
Falta de cohesión comunitaria y global	Ofrecen lugares particulares para la interacción al aire libre formal e informal

El MIT y el Foro Económico Mundial crearon Treepedia, un sitio con mapas interactivos que muestran la densidad de zonas verdes en algunas ciudades del mundo. Los investigadores utilizaron información de Google Street View para determinar lo que llaman el "Green View Index (Índice del Paisaje Verde)", una calificación que cuantifica el porcentaje de cobertura total de áreas verdes de cada ciudad basada en imágenes aéreas. Cuando el proyecto se lanzó en 2016, Treepedia presentó sólo 10 ciudades, pero el equipo ha añadido 13 más a la lista.

En Colombia la herramienta digital fue desarrollada por el Observatorio Ambiental de Bogotá que le hace seguimiento a los individuos arbóreos de la ciudad y cada mes actualiza las cifras con respecto al requerimiento recomendado por la OMS y la FAO en relación número de árboles por habitante.

Estas herramientas permiten, no solo hacer un seguimiento periódico a la situación ambiental, sino también identificar problemáticas de calidad del aire y plantear eventuales soluciones a través de la ejecución de proyectos de arborización estratégica para mitigar los procesos adversos que se presenten en las zonas identificadas. El nivel de detalle en las problemáticas identificadas y su pronta solución dependerán en gran medida de la celeridad en la gestión de los recursos y la aprobación de los proyectos.

Arborización y economía circular.

Uno de los aspectos positivos de la economía circular es que se puede trasladar a todos los sectores. El concepto de la circularidad propone una alternativa al modelo lineal de producción y consumo al que estamos acostumbrados en la mayoría de las economías industrializadas, aquel en el que los recursos se explotan de manera ineficiente y sin tener en cuenta las muchas posibles vidas futuras que ese recurso puede tener una vez haya cumplido su función inicial.

La gestión sostenible de los bosques, aplicando los principios de la economía circular**,** se traduce en el mantenimiento de un activo que, ahora más que nunca, es crucial para la estabilidad climática del planeta. Los árboles, al absorber y retener CO_2, son un capital natural imprescindible para atajar el calentamiento global. Pero no basta con plantar árboles y esperar resultados inmediatos. La gestión de éstos ha de hacerse inteligentemente, de manera que los recursos (suelo, agua, etcétera) sean empleados con cuidado y asegurándose de que no se traspasan los límites de biocapacidad de la Tierra. Ahí es donde la economía circular puede jugar un papel clave.

La economía circular y la bioeconomía se retroalimentan. Mientras la primera sugiere reducir la generación de residuos mediante el ecodiseño y el reciclaje, entre otros aspectos que contempla, la segunda pone en valor los productos que provienen de la naturaleza, como los artículos biodegradables y hechos a partir de fibras vegetales.

> "Debido a su menor competencia con la producción de alimentos, el alto valor de los servicios ambientales y sociales y la gran versatilidad de sus productos, los bosques pueden considerarse la infraestructura terrestre biológica más importante y un elemento fundamental de la bioeconomía circular. Posibilitan el desarrollo de interacciones positivas entre economía y ecología, entre el bienestar humano y la capacidad del planeta para sostener la vida", enfatizan los autores del estudio "Perspectivas de una bioeconomía forestal en el mediterráneo".

Por tanto, aplicar la economía circular a la silvicultura acarrea beneficios para el mantenimiento de los recursos del planeta y el estado de los bosques, pero también actúa en beneficio de la economía circular. Es una simbiosis ideal.

Bogotá como oportunidad para la economía circular

En el marco de la política mundial de desarrollo sostenible (ODS) y la tendencia sostenida de protección del medio ambiente, la oportunidad para consolidar una estrategia de economía circular, a partir de las ventajas naturales que tiene el Distrito Capital, estará mediada en gran parte por la voluntad política de continuar con una línea de desarrollo de políticas publicas de largo plazo que provean las condiciones especificas para gestionar los factores naturales para el bienestar de la población y asegurar un modelo de sostenibilidad ambiental circular.

En primera medida, aprovechar el terreno que tiene la ciudad en sus áreas rurales se convierte en el primer desafío de las administraciones distritales. Y es un desafío porque la explosión demográfica a la que se ha expuesto la ciudad en los últimos cuarenta años ha requerido que antiguos terrenos de pastos fueran cooptados por la construcción desmedida para suplir los requerimientos habitacionales.

En este sentido, se hace urgente el control inmediato en la continuidad de la construcción en el área de Sabana y más aún, aumentar los controles a la construcción sobre las montañas y cerros de las localidades. A cambio se puede implementar una política de responsabilidad ambiental corporativa con las constructoras para desarrollar la creación de muros de capa vegetal que recubran las edificaciones; un cambio en el paradigma de cultivos horizontales a capas vegetales verticales. En contraprestación el Distrito Capital podría ofrecer beneficios tributarios a los propietarios de estos inmuebles y el gobierno central una exención directamente proporcional al impacto sobre la huella de carbono que estas edificaciones producen.

Las localidades que no poseen área rural pueden iniciar procesos comunitarios con fines locales proveyendo espacios en sus unidades habitacionales para generar cultivos verticales que, en suma, ayuden a mitigar las emisiones de CO_2, del distrito capital. La creación de terrazas de cultivo, techos verdes y huertas comunitarias pueden considerar alternativas eficaces para suplir la restricción, por condiciones de espacio, de siembra de árboles en determinadas zonas.

Las características geológicas, geomórficas y fisiográficas del terreno (el altiplano y la zona montañosa de la cordillera) nos indican que algunas zonas son proclives a la aridez y el fracturamiento de los suelos. Un proceso de rehabilitación de estas áreas específicas con especies nativas podría ayudar a

la estabilización de zonas en las cuales se puedan presentar deslizamientos y recuperar la capa vegetal donde la explotación de roca se ha presentado (canteras) como también en las zonas donde la construcción ilegal ha puesto en riesgo, no solo el medio ambiente sino también la vida de los ciudadanos que allí residen por el riesgo de desprendimientos de rocas o deslizamientos en masa.

Finalmente, el uso de la tecnología disponible aunado al esfuerzo gubernamental podría conllevar a la consecución de recursos en la población, generando empleo y economías locales a partir de la producción focalizada de diferentes vegetales, hierbas y frutas usando IA y el sistema de cultivos hidropónicos.

Bibliografía

Araujo Castro, M. (2000). Memorias del foro Arborizacion Urbana. En H. V. Caicedo, *Memorias del foro Arborizacion Urbana* (pág. 50). Bogotá: Jardin Botanico.

IPCC. (2001). *Climate Change 2001.* Cambridge: Cambridge University Press.

Leal, J. (2018). *LA PLANIFICACIÓN DEL ARBOLADO URBANO.* Bogota: Jardin Botanico.

Pabon, J. D. (2003). *El cambio climatico global y su manifestacion en Colombia.* Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Bahamon Dussan, A. 2019. *Colombia: Geografía y Destino. Visión geopolítica de sus regiones naturales*. Sociedad Geográfica de Colombia.

DNP. 2022. Estrategia Nacional de financiamiento climático. Departamento Nacional de Planeación.

F. Salbitano, S. Borelli, M. Conigliaro y Y. Chen,. (2017). Directrices para la silvicultura urbana y periurbana. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, Roma.

Foro Económico, regional y urbano. (1999. 7 de Febrero). Ciudad Humana el reto del siglo XXI. Bogotá. Colombia.

Garavito Neira, F. 2023. La madre tierra: suelos, plantas, ambiente. Sociedad Geográfica de Colombia.

IPCC. 2001. Climate Change 2001: The Scientific basis. Contribution of Working Group1 to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panelon Climate Change./ HoughlOnJT., Y.Oing,O. JGriggs,M. Noguer,P.J. vanderLinden,X. Dai,K.Maskell,e.t\.Jonson(Eds)/.CambridgeUniversityPress.Cambridge,United KingdomandNewYork,NY.,USA881

MIT. 2024. Treepedia. Exploring the green canopy in cities around the world. https://senseable.mit.edu/treepedia

Rodríguez Guerrero, P. 2001. *Fundamentos de Silvicultura*. Universidad Santo Tomas.

Secretaria Distrital de Ambiente y Conservación internacional. 2010. Política para la gestión y conservación de la biodiversidad del distrito capital. Panamericana, formas e impresos S.A. Bogotá, Colombia.

Wiesner, D. (2000, 15 de Noviembre). Metodología para la definición de la estrategia de arborización para Bogotá D.C. Bogotá, Colombia.

Capítulo 26

La realidad aumentada como mediación emergente en los procesos de investigación científica en la educación superior

Dayan Herrera Bernal [1]

Resumen

La realidad aumentada viene presentando una importante presencia en el mundo digital, aplicaciones como Pokémon Go, Artivive, IKEA Place, Wanna Kicks, Google Lens entre o Naddiie entre otras, permiten a los usuarios experiencias inmersiva en juegos, compras o lectura de libros; sin embargo, la aplicación de la realidad aumentada en el campo científico y de investigación suele ser menos explorada, limitándose principalmente a el campo de la enseñanza, particularmente en países de habla hispana.

El propósito de este escrito es compartir en primera instancia una breve síntesis acerca de investigaciones, recientes que han explorado como la Realidad Aumentada o RA está transformando el modo de investigar. Ahora bien, en la última década, la realidad aumentada (RA) ha adquirido un papel relevante en los escenarios educativos y científicos debido a su capacidad para integrar entornos virtuales y reales. En el ámbito de la educación superior, su aplicación ha trascendido el aprendizaje instrumental para incidir en procesos de investigación científica, experimental y colaborativa (Cabero-

[1] Licenciada en español y filología clásica- Universidad Nacional de Colombia. Magíster en Filosofía latinoamericana- Universidad Santo Tomás. Doctoranda en Filosofía- Universidad Santo Tomás. Docente de Medios Audiovisuales y TIC en IED Silveria Espinosa de Rendón.

Almenara et al., 2021). La RA permite que los investigadores interactúen con modelos tridimensionales, simulen fenómenos complejos y visualicen datos en tiempo real, favoreciendo una comprensión más profunda de los objetos de estudio (Kamińska, D. et al., 2023). Como ya se mencionó, aquí se propone un análisis de los aportes de la RA a la investigación científica en la educación superior, integrando una revisión de la literatura reciente y una experiencia práctica en el campo la difusión de conocimiento.

Metodológicamente, este análisis combina un enfoque teórico-analítico y una aproximación empírica. En primer lugar, se realizó una revisión bibliográfica sistemática de investigaciones publicadas entre 2020 y 2025, centradas en el uso de la RA en procesos de investigación científica y educación superior. Se seleccionaron artículos en inglés y español que abordaran la aplicación de la RA en experimentación de laboratorio, modelado de fenómenos científicos y visualización de datos. En segundo lugar, se incorpora una experiencia de aplicación de la RA en un proyecto de difusión multimodal en filosofía, que permite ejemplificar su potencial metodológico.

En primer lugar, es importante identificar que se entiende por realidad aumentada, en términos generales se entiende a la RA como la superposición de información digital, ya sean imágenes, modelos tridimensionales, datos, audio o texto sobre un entorno físico percibido por el usuario. Esta fusión le lo virtual con el entorno tangible genera una capa de interacción que no sustituye al mundo físico, sino que lo amplia, lo enriquece y produce nuevas y más complejas interacciones con el mismo, desarrollando nuevas perspectivas cognitivas.

Por otro lado, en el campo educativo la RA ha sido ampliamente estudiada como herramienta didáctica; sin embargo, en los últimos cinco años la atención ha empezado a desplazarse hacia su papel y posibles aplicaciones como mediación en los procesos de investigación científica, es decir, que ya no se trata solo de enseñar con RA, sino de investigar, de visibilizar y hacer más interactivos e inmersivos los procesos, resultados y productos de investigación.

Estudios como *Realidad aumentada en educación superior y el análisis de sus beneficios y desafíos* (Urresta-Yépez, 2024) y *Using virtual and augmented reality with GIS data. ISPRS International Journal of Geo-Information* (Pavelka & Landa, 2024) señalan que su incorporación favorece la visualización de fenómenos complejos, la colaboración interdisciplinaria y la integración directa de datos experimentales en entornos manipulables.

De este modo, la RA no se limita a una herramienta de presentación, sino que se convierte en un *instrumento epistemológico*, un modo de ver y producir conocimiento desde nuevas condiciones de observación.

En los últimos años, la investigación sobre RA aplicada a la ciencia se ha desarrollado en distintas direcciones. Es de interés aquí destacar algunas tendencias identificadas en ocho estudios relevantes entre 2020 y 2025, destacando la falta de artículos publicados en lengua castellana.

En cuanto a la RA como soporte de colaboración científica y ciencia abierta se puede señalar el artículo de Shyshkina y Marienko (2020) *Augmented reality as a tool for open science platform by research collaboration in virtual teams. Information Technologies and Learning Tools* quienes proponen plataformas de realidad aumentada orientadas a la ciencia abierta y al trabajo colaborativo entre investigadores en entornos virtuales compartidos. Su propuesta muestra cómo la RA puede servir para sincronizar observaciones, modelos y resultados en equipos que se encuentran distribuidos geográficamente. En este sentido, la RA potencia la transparencia y la reproducibilidad científica al permitir la revisión compartida de datos experimentales en tiempo real.

Como un ejemplo notable de la RA como medio para la visualización y publicación de resultados se puede observar el proyecto *Schol-AR* desarrollado por Tyler Ard y colaboradores (2022) explicado en el artículo *Integrating data directly into publications with augmented reality and web-based technologies*, que integra datos tridimensionales directamente en las publicaciones científicas. Mediante códigos QR o enlaces incrustados, el lector puede acceder a visualizaciones interactivas de moléculas, tejidos o estructuras, lo que amplía las posibilidades de interpretación de los resultados y mejora la comunicación entre comunidades científicas. Otro ejemplo es *Mi primer libro de Monstruos marinos: Paleontología para niños*, desarrollado por la facultad de ciencias de la Universidad Nacional, que si bien su cómo su título lo indica está dirigido para niños es un libro de difusión científica que surgió a partir de las investigaciones hechas por la facultad y el museo de Paleontología de Villa de Leiva.

En un campo más de tipo aplicado, se encuentra a la RA como interfaz entre la inteligencia artificial y la observación científica, al respecto Badve et al. (2025) desarrollaron un sistema de microscopía digital aumentada para la patología, en el que la RA proyecta sobre la muestra real los resultados del análisis automatizado de inteligencia artificial. Este tipo de integración busca

reconstruir la confianza entre la máquina y el investigador humano, permitiendo que la interpretación algorítmica sea transparente y verificable.

En cuanto a las posibilidades que la RA presenta para la recolección y análisis de datos de campo, por ejemplo, en ciencias arqueológicas, Cobb y Azizbekyan(2024) en el artículo titulado *Experiments with mixed and augmented reality (MR/AR) for archaeological data collection and use during fieldwork: Vision for the future.* reportan el uso de dispositivos de realidad aumentada durante excavaciones, lo que permite visualizar estratos, artefactos y estructuras invisibles al ojo humano a partir de modelos digitales superpuestos. Este enfoque, que conjuga registro digital y percepción corporal, redefine el modo en que el investigador se relaciona con su objeto de estudio.

Otra novedosa aplicación que permite la RA es como herramienta para el análisis de datos complejos, muestra de ello se puede apreciar en el ámbito de la ingeniería de materiales, Gall, Heim, Gröller y Heinzl (2024) desarrollaron *MARV*, un sistema de visualización aumentada multivista que permite explorar datos materiales de alta densidad. Este tipo de herramientas muestra cómo la RA se orienta cada vez más a la comprensión de grandes volúmenes de información científica mediante la inmersión visual y manipulativa.

En el campo de la investigación educativa y la formación de investigadores**,** Urresta-Yépez (2024) analiza su implementación en la educación superior latinoamericana, subrayando que la RA contribuye a desarrollar competencias investigativas, al conectar teoría y práctica en entornos simulados y experimentales. En este contexto, la RA se convierte en una plataforma formativa para la investigación científica.

Uno de los usos más interesantes que recientemente se viene haciendo de la RA es su implementación en la ejecución de laboratorios colaborativos remotos, Villanueva, Zhu y colaboradores (2022) diseñaron *ColabAR*, un entorno de realidad aumentada tangible que permite la experimentación conjunta a distancia. Esta innovación resulta crucial para los actuales modelos híbridos de investigación, donde los equipos trabajan de manera remota y en entornos físicos distintos, pero necesitan manipular simultáneamente los mismos objetos o datos.

Finalmente, se observa una acertada aplicación de las RA en las ciencias geoespaciales y la recolección y análisis de datos geográficos, de esto informan ampliamente Pavelka y Landa (2024) al mostrar cómo la integración

de la RA con sistemas de información geográfica (GIS) facilita la interpretación tridimensional de datos espaciales, permitiendo una comprensión más intuitiva de los procesos geológicos y ambientales.

En conjunto, estas experiencias evidencian que la realidad aumentada está modificando tres niveles de la práctica científica:

- El nivel **cognitivo**, al ofrecer nuevas formas de percepción y representación.
- El nivel **epistemológico**, al generar otros modos de validar y comunicar los resultados.
- El nivel **social**, al ampliar la colaboración y la accesibilidad del conocimiento.

Los avances e implementaciones del uso de la RA en las diferentes fases de la investigación científica y académica sugieren que la RA podría ocupar en el futuro un lugar similar al que tuvieron los instrumentos ópticos en la revolución científica, como el microscopio o el telescopio extendieron los límites de la observación, la RA amplía los límites de la interacción con los datos.

Sin embargo, varios autores advierten desafíos importantes, Urresta-Yépez (2024) señala la necesidad de formación metodológica y ética en el uso de estas tecnologías, ya que el exceso de virtualización puede distorsionar la relación empírica con los fenómenos reales. Por su parte, Ard et al. (2022) recuerdan que la incorporación de RA en las publicaciones científicas requiere estándares de interoperabilidad para garantizar la conservación y replicabilidad de los materiales digitales, de manera que, la RA no debe pensarse solo como una herramienta de impacto visual, sino como una mediación epistemotécnica que redefine la manera en que los investigadores ven, manipulan y comparten la realidad.

Los resultados de la revisión teórica evidencian que la RA contribuye significativamente a tres dimensiones del proceso investigativo: la comprensión conceptual, la experimentación práctica y la comunicación científica. En la primera dimensión, su integración en entornos educativos promueve la abstracción de procesos complejos mediante visualizaciones tridimensionales, en la segunda, la RA se convierte en un laboratorio extendido que permite manipular variables y observar efectos simulados, reduciendo riesgos y costos experimentales. Finalmente, en la comunicación

científica, la RA facilita la creación de entornos inmersivos para la presentación de resultados y la formación interdisciplinaria (Kamińska, D. et al., 2023).

En consecuencia, siguiendo la línea de las investigaciones y experiencias antes mencionadas, y en concordancia con las línea de pensamiento que se ha venido desarrollando a lo largo de este escrito, se dará aquí una pequeña muestra de las aplicaciones de la RA en la difusión y búsqueda de una experiencia interactiva y multimodal a partir de un trabajo investigativo que se hace desde filosófica la lectura de una *corpohistoria del Piedemonte Andino-amazónico*, para ello, respetados lectores se sugiere tener en cuenta las siguientes indicaciones:

1. Descarguen en su dispositivo móvil la aplicación *Artivive*

Para AppStore

Para Android

2. Escaneen QR que aparece a continuación o dar click al enlace para acceder al artículo de investigación una vez en esta podrá acceder al artículo titulado *Corpohistoria: El Piedemonte Andino-amazónico*, elaborado por las doctorandas en filosofía: Astrid Bastidas, Dayan Herrera, Cristina Montenegro y Diana Quintero, en el que encontrará las imágenes que podrá visualizar con Artivive; las imágenes son las tituladas como: *Primera herida el bosque, Segunda herida la selva*, T*ercera herida el cuerpo cultural desgarrado*, *Cuarta herida la ceiba columna del mundo cuerpo abierto*, *Quinta herida el jaguar como herida del territorio* y la última imagen del texto con pie de página *Somos Holobioma*.

Artículo en Calameo

3. Pueden a su vez escanear los siguientes QR para acceder al podcast, una presentación en Genially.

Presentación Genially

Podcast en Spotify

Como habrán podido apreciar lo lectores esta experiencia permite que un contenido de carácter filosófico se configure en un espacio inmersivo e interactivo a que, a través de los formatos multimodales, pues las imágenes que pueden verse en el artículo son en realidad poster que son usados en una experiencia presencial con diferentes auditorios.

Para concluir tras las fuentes analizadas y la experiencia puesta en práctica se puede afirmar el potencial que la integración de la RA en la investigación científica redunda en una transformación epistemológica y metodológica de los modos de conocer. Más allá de una herramienta tecnológica, la RA actúa como un mediador cognitivo que amplía los horizontes perceptivos y relacionales del investigador. Por un lado, su aplicación en la educación superior permite transitar desde modelos tradicionales de aprendizaje hacia

experiencias multimodales y colaborativas, giro que, no obstante, plantea también desafíos éticos y pedagógicos que no se pueden desconocer ni minimizar, como la accesibilidad, la alfabetización digital y la sostenibilidad tecnológica; por otro lado, RA se consolida como un recurso innovador con alto impacto en los procesos de investigación académica en ciencias aplicadas, pues, su potencial reside en la capacidad para generar entornos interactivos, promover la comprensión interdisciplinaria y fortalecer la relación entre teoría y práctica. Finalmente, se recomienda continuar explorando su implementación en proyectos de investigación colaborativa y en el diseño de metodologías que integren lo virtual y lo corporal en la producción de conocimiento.

Referencias bibliográficas

Ard, T., Aimonetti, J. M., & Bohannon, R. (2022). *Integrating data directly into publications with augmented reality and web-based technologies – Schol-AR. Scientific Data, 9*(1), 349. https://doi.org/10.1038/s41597-022-01426-y

Badve, S., Hong, Y., Madabhushi, A., & Doyle, S. (2025). *Augmented reality microscopy to bridge trust between AI and pathologists. npj Precision Oncology, 9*(1), 112. https://doi.org/10.1038/s41698-025-00899-5

Cobb, P. J., & Azizbekyan, H. (2024). Experiments with mixed and augmented reality (MR/AR) for archaeological data collection and use during fieldwork: Vision for the future. Journal of Computer Applications in Archaeology, 7(1), 45–61. https://journal.caa-international.org/articles/140

Gall, A., Heim, A., Gröller, E., & Heinzl, C. (2024). *MARV: Multiview augmented reality visualisation for exploring rich material data*. arXiv preprint arXiv:2404.14814. https://ar5iv.org/pdf/2404.14814

Kamińska, D., Zwoliński, G., Laska-Leśniewicz, A., Raposo, R., Vairinhos, M., Pereira, E., Urem, F., Ljubic Hinic, M., Haamer, R. E., & Anbarjafari, G. (2023). Augmented Reality: Current and New Trends in Education. Preprints. https://doi.org/10.20944/preprints202306.1665.v1

Pavelka, K., & Landa, M. (2024). *Using virtual and augmented reality with GIS data*. ISPRS International Journal of Geo-Information, 13(7), 241. https://doi.org/10.3390/ijgi13070241

Shyshkina, M. P., & Marienko, M. V. (2020). *Augmented reality as a tool for open science platform by research collaboration in virtual teams*. Information Technologies and Learning Tools, 77(3), 73–86. https://acnsci.org/journal/index.php/ed/article/download/443/457/640

Urresta-Yépez, R. F. (2024). *Realidad aumentada en educación superior y el análisis de sus beneficios y desafíos. Horizon Nexus Journal,* 2(3), 88–104.

https://horizonnexusjournal.editorialdoso.com/index.php/home/article/view/39

Villanueva, A., Zhu, Z., & Gupta, R. (2022). *ColabAR: A toolkit for remote collaboration in tangible augmented reality laboratories*. Proceedings of the ACM Symposium on Spatial User Interaction (SUI). https://engineering.purdue.edu/cdesign/wp/wp-content/uploads/2022/04/colabar_paper.pdf

Capítulo 27

Cultura del emprendimiento en la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca

Lugo Manuel Barbosa Guerrero[1]
Oscar Orlando Martínez Ladino[2]
John Alexander Rueda Prieto[3]

Resumen

En este estudio de alcance cuantitativo y comparativo, se analizan las intenciones emprendedoras de los estudiantes de pregrado de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Colombia, bajo el esquema del Modelo de Evento Empresarial de Shapero-Krueger (SEE), así como las percepciones de las variables ; deseabilidad, viabilidad y propensión a actuar además de todos los aspectos que se visualizan en emprendimientos en etapa temprana,. Al abordar las diferencias culturales y educativas, hemos abierto la puerta a comprender su incidencia en la orientación emprendedora para fortalecer un entorno universitario que promueva la cultura del emprendimiento fortaleciendo los programas académicos.

A su vez se investigan los constructos del modelo a través de cuestionarios validados y análisis estadísticos relacionados con la intención emprendedora. En la literatura analizada, el emprendimiento es particularmente atractivo para los estudiantes , también se observa que el nivel de viabilidad está

[1] Docente de planta. Facultad de Administración y Economía Lmbarbosa@universidadmayor.edu.co
[2] Docente de planta Facultad de Administración y Economía oomartinez@universidadmayor.edu.co
[3] Docente tiempo completo ocasional Facultad de Administración y Economía jarueda@universidadmayor.edu.co

influenciado por los recursos específicos de aprendizaje y emprendimiento, así como por el tipo de personas con las que se relacionan encontrando ciertas habilidades y competencias básicas que los emprendedores valoran.

El propósito de este proyecto es comprender e informar sobre la cultura emprendedora en la educación universitaria latinoamericana y la preparación pedagógica educativa y las habilidades emprendedoras que se están desarrollando. El resultado tiene como objetivo ayudar a dar forma a las políticas públicas y estrategias basadas en instituciones y comunidades para convertir los hallazgos en acciones que contribuyan efectivamente al desarrollo sostenible en el marco de la cultura del emprendimiento universitario.

Palabras clave: Cultura, Emprendimiento, modelo empresarial

Introducción

La intención emprendedora dentro de las universidades es uno de los elementos clave que afectan el crecimiento social y económico; la capacidad emprendedora conduce a nuevos proyectos de creación de empresas de manera sostenible y creativa. Colombia ya ha desarrollado políticas y programas que inspiran startups de manera sistemática y el sistema educativo no se queda atrás.

El estudio se centró en estudiantes de pregrado de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca para identificar su intención emprendedora y utilizar el Modelo de Evento Empresarial de Shapero-Krueger para describir que la intención emprendedora está determinada por el nivel de deseabilidad, viabilidad y potencial para el emprendimiento con los estudiantes; los resultados muestran cómo llegar al emprendimiento pero pueden proporcionar hechos empíricos sobre por qué la cultura emprendedora y las universidades mejorarían el sistema educativo en Colombia.

El estudio se utilizará para crear políticas públicas y prácticas institucionales que impacten los planes de estudio escolares para que se vuelvan más emprendedores y así permitan abordar la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es la intención emprendedora de los estudiantes en la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, según el Modelo de Evento Empresarial de Shapero & Kerreger soportado en la percepción de deseabilidad, la viabilidad de la decisión y la disposición para actuar?

Marco teórico

En las últimas décadas, el enfoque en la intención emprendedora en el entorno universitario se ha retomado con la perspectiva de un desarrollo económico y social importante para los países en desarrollo, como es el caso de Colombia. Las instituciones de educación superior son particularmente determinantes en el proceso porque, al preparar a los profesionales que actuarán como líderes y agentes de innovación en el futuro, los capacitan y pueden formar un modelo para los sistemas educativos y de políticas que también fomenten esta capacidad desde sus percepciones y creencias acerca del proceso de emprender.

1. Emprendimiento e intención emprendedora

El emprendimiento suele definirse como un proceso de identificación y aprovechamiento de oportunidades para obtener valor (Fayolle & Liñán, 2021). En el ámbito de la educación superior universitaria en el nivel de pregrado, el emprendimiento se ha ampliado para incluir factores como un enfoque creativo y proactivo para resolver problemas sociales y económicos (Kuckertz et al., 2020).

Se afirma que la intención emprendedora es el predictor más fuerte de la tendencia emprendedora, ya que muestra la predisposición cognitiva y motivacional de ese individuo para embarcarse en un negocio (Liñán & Fayolle, 2015; Zhao et al., 2023). Debido a que hay mucho más en juego en esta perspectiva sobre factores psicológicos y sociales como la autoeficacia, el apoyo social y los factores de percepción ambiental, se argumenta que la intención emprendedora de los estudiantes puede llevar al desarrollo de políticas para que el emprendimiento tenga una fuerte posibilidad de surgir para satisfacer estas necesidades y fomentar la formación de nuevos negocios (Kuckertz et al., 2020).

Un estudio reciente confirma el papel de los programas académicos que promueven la resiliencia y las habilidades blandas para que los individuos puedan perseguir aspiraciones emprendedoras en el entorno de aprendizaje universitario (Douglas et al., 2023).

2. El Modelo de Evento Empresarial (SEE) de Shapero-Krueger

El Modelo de Evento Emprendedor (SEE), desarrollado por Shapero (1982) y ampliado por Krueger, Reilly y Carsrud (2000), constituye la base para responder a la pregunta de la intención emprendedora. Ellos argumentan que

en este modelo tres factores se vuelven importantes para la decisión de convertirse en emprendedores: la deseabilidad percibida, la viabilidad percibida y la propensión a actuar. La deseabilidad percibida describe si un emprendedor siente interés en iniciar y gestionar un negocio; a su vez, la viabilidad da cuenta de cuáles son los factores que pueden validar la creación de ese emprendimiento, incluyendo recursos y habilidades necesarias para llevar la idea a la acción. La propensión a actuar determina la actitud para traducir la intención en acción efectiva, aun frente a escenarios de incertidumbre y riesgos (Shapero & Krueger, 2000).

Estudios recientes han validado este modelo y han demostrado que supera explicaciones más realistas como la Teoría del Comportamiento Planificado (Ajzen, 1991) al predecir la intención emprendedora, especialmente para estudiantes universitarios (Douglas, Shepherd & Varela, 2023; Varela & Méndez, 2020). Además, investigaciones en Colombia y en otros países latinoamericanos apoyan la creencia de que los programas de formación, incubadoras y otras redes de apoyo humano aumentan la sensación de viabilidad y el sentido de acción en general (Osorio, 2019; Agencia Nacional de Desarrollo [ANDE], 2021; Sánchez & Ward, 2018).

3. Educación Superior y Cultura Emprendedora en Colombia

En Colombia, la educación superior asume un rol estratégico fundamental en la promoción de la cultura emprendedora, definida como el conjunto de valores, actitudes y competencias que facilitan la generación de iniciativas empresariales innovadoras y sostenibles. La Ley 1014 de 2006 estableció la cultura emprendedora como un eje transversal en el sistema educativo nacional, entregando a las universidades la responsabilidad de formar profesionales con habilidades emprendedoras, con impacto directo en el desarrollo socioeconómico del país (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2020).

La Política Nacional de Emprendimiento, articulada en el CONPES 4011 (DNP, 2020), impulsa el desarrollo de programas académicos, incubadoras, aceleradoras y espacios de interacción entre estudiantes y ecosistemas empresariales. Recientes investigaciones en Colombia enfatizan cómo estos programas fortalecen la percepción de viabilidad y la autoeficacia emprendedora, factores que incrementanSignificativamente la intención de emprender en estudiantes universitarios (Osorio, 2019; Hernández et al., 2021; Callejas-Posada et al., 2022). Por ejemplo, Hernández et al. (2021) encontraron que las competencias transversales desarrolladas en la formación

universitaria, como el pensamiento crítico y la resiliencia, están altamente correlacionadas con mayores niveles de intención emprendedora.

Asimismo, Callejas-Posada, Ortega y García (2022) demostraron que la participación en incubadoras universitarias y semilleros de emprendimiento mejora la percepción de recursos y competencias necesarias para la creación de empresas, favoreciendo la conversión de la intención en acción concreta. Osorio (2019) resalta que la formación en competencias blandas —liderazgo, creatividad, toma de decisiones y capacidad para enfrentar la incertidumbre— es crucial para consolidar una cultura emprendedora efectiva en el ámbito universitario colombiano.

En suma, las universidades en Colombia no solo fortalecen habilidades técnicas sino que también fomentan una cultura que legitima y motiva el emprendimiento como motor del desarrollo sostenible, posicionándose como agentes clave en el ecosistema emprendedor nacional (DNP, 2020; Osorio, 2019; Hernández et al., 2021; Callejas-Posada et al., 2022).

4. Competencias emprendedoras y formación universitaria

El desarrollo de competencias emprendedoras es un elemento clave en la formación universitaria para fortalecer la capacidad de los estudiantes de identificar oportunidades y gestionar recursos de manera efectiva (Osorio & Sarmiento, 2018). La educación superior en Colombia ha incorporado, cada vez con mayor énfasis, el desarrollo de habilidades blandas como el liderazgo, la creatividad, la resiliencia y el trabajo en equipo, las cuales están correlacionadas con mayores niveles de intención y éxito emprendedor (Buitrago & Duitama, 2021).

El desarrollo de habilidades emprendedoras promueven el aprendizaje a través de la socialización y la formación junto con el apoyo institucional para mejorar esas habilidades que pueden aumentar la autoeficacia y la motivación de los estudiantes (Enciso et al., 2020). Incorporar el emprendimiento en los planes curriculares ayuda a los jóvenes a aprender cómo prepararse para el ecosistema empresarial actual con habilidades prácticas y cognitivas (Arango & Acevedo, 2021).

La educación universitaria colombiana juega un papel central en el establecimiento de una cultura de éxito emprendedor que genera una cultura emprendedora estable y sostenible en Colombia, lo que también crea una economía y sociedad (Osorio, 2019; DNP, 2020)

5. Influencia del contexto socioeconómico y cultural

El contexto socioeconómico y cultural tiene un papel crucial en la intención emprendedora y el aprendizaje emprendedor de los estudiantes universitarios en Colombia en la actualidad. Estudios recientes muestran que los estudiantes con un nivel socioeconómico más alto, autoeficacia hacia la actividad emprendedora y pensamiento emprendedor son más prevalentes (Cardona et al., 2022).

Existe una restricción financiera, educativa, social y/o social entre los estudiantes que viven en entornos socioeconómicos más bajos hacia el emprendimiento, ya que la probabilidad de que esos estudiantes sigan ese camino también está restringida (García et al., 2022). Pero el apoyo familiar y social también es importante para legitimar y motivar la intención de iniciar un emprendimiento (Osorio, 2019), en este caso para que obtengan apoyo emocional (no solo para iniciar nuevos negocios, sino para contar con el apoyo de personas y relaciones), conexiones así como una fuente de recursos con los cuales enfrentar el riesgo de intentar emprender (Cardona et al., 2022). En el caso colombiano; el hecho de que el entorno económico, la riqueza y la cultura del país sean universales para los estudiantes y, por lo tanto, los recursos para apoyarlos no son necesariamente los mismos para todos, impactan la percepción que los estudiantes tienen alrededor de las oportunidades y desafíos del emprendimiento, lo que implica enfoques educativos y de política pública adaptados a esas dinámicas (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2020).

Finalmente, construir redes institucionales como incubadoras, mentorías y ayuda para negocios es necesario para superar las barreras estructurales e integrar a estudiantes de diversas clases que al ecosistema emprendedor (Cardona et al., 2022). La comprensión permitirá esfuerzos efectivos para desarrollar una política de emprendimiento sostenible y equitativa en la educación superior colombiana que haga una inversión en el desarrollo sostenible.

Metodología

Este estudio se realiza con un enfoque cuantitativo, de tipo correlacional-comparativo y diseño no experimental transversal, dirigido a analizar y comparar la intención emprendedora y las percepciones asociadas en estudiantes de pregrado de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca,

Colombia. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), la investigación correlacional permite identificar relaciones entre variables sin manipularlas, mientras que el diseño comparativo posibilita detectar diferencias y similitudes entre grupos con diferentes contextos sociales y culturales. La naturaleza transversal implica la recolección de datos en un único punto temporal, facilitando una descripción representativa del fenómeno estudiado en el momento determinado (Shadish, Cook & Campbell, 2002).

La unidad de análisis corresponde a estudiantes universitarios matriculados en programas de pregrado de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. Se empleará un muestreo intencional no probabilístico, convocando a los estudiantes que acepten participar mediante la aplicación de un cuestionario por medio de aplicaciones como Google forms.

El instrumento de recolección de datos es un cuestionario basado en el Modelo de Evento Empresarial (SEE) de Shapero-Krueger, adaptado y validado en español para medir los constructos de deseabilidad percibida, viabilidad percibida y propensión a actuar, así como la intención emprendedora. También se incorporan ítems para evaluar las competencias valoradas en estudiantes con emprendimientos en etapa temprana.

Para el análisis estadístico se utilizarán técnicas descriptivas (medias, frecuencias y desviaciones estándar) para caracterizar la muestra y los constructos. Se evaluará la fiabilidad del instrumento mediante el coeficiente alfa de Cronbach y se realizará un análisis factorial exploratorio para validar la estructura de los constructos. Para determinar diferencias significativas entre grupos se aplicarán pruebas t de Student o ANOVA según corresponda. Finalmente, se ejecutarán modelos de regresión y análisis factorial estructural para identificar las variables predictoras más relevantes de la intención emprendedora.

Así, la metodología diseñada busca medir y relacionar de manera precisa los factores individuales y sociales que influyen en la formación de la intención emprendedora, aportando evidencia valiosa para orientar mejoras en programas formativos y políticas institucionales.

Discusión

Según la revisión de la literatura para esta investigación, la intención emprendedora en los estudiantes universitarios es un factor

multidimensional que puede ser influenciado por situaciones individuales, sociales y socioculturales. El Modelo de Evento Emprendedor de Shapero-Krueger (SEE) ha demostrado ser un modelo teórico sólido para explicar cómo las percepciones de deseabilidad, viabilidad y propensión a emprender pueden contribuir a la intención de involucrarse en el proceso de emprender (Krueger, Reilly & Carsrud, 2000; Osorio, 2019).

Este trabajo proporciona una comprensión empírica robusta de cómo los factores psicológicos afectan a dicha intención con un enfoque en el factor sociológico y social , así como los factores socioeconómicos y culturales también afectan a aquellos con intenciones de emprendimiento (Cardona et al., 2022; Osorio, 2019). Todas esas diferencias subrayan la necesidad de políticas y programas que sean apropiados para el entorno educativo y universitario si se quiere que haya una cultura emprendedora que sea inclusiva y contextualizada.

La formación experta en habilidades emprendedoras, tanto técnicas como blandas (liderazgo, creatividad, resiliencia, colaboración), es un tema recurrente de la lectura que ha sido una forma de aumentar la autoeficacia y el emprendimiento (Hernández et al., 2021; Callejas-Posada et al., 2022). Parece que una integración efectiva del curso de formación y las experiencias en incubadoras y semilleros de emprendimiento que se utilizan en este contexto es la razón por la que esas habilidades de acción emprendedora son permitieron pasar de la intención a la acción. La revisión de la literatura soporta la pertinencia y relevancia del estudio propuesto, dejando en evidencia vacíos relacionados alrededor de la intención emprendedora en estudiantes universitarios colombianos y la necesidad de indagar cómo estas variables interactúan en escenarios diversos. Este sustento teórico será determinante para orientar el diseño metodológico y la interpretación de resultados futuros, aportando al análisis integral de la cultura emprendedora en la educación superior del país.

Conclusiones

La revisión de la literatura sobre la intención emprendedora entre los estudiantes universitarios colombianos sugiere que el Modelo de Evento Emprendedor de Shapero-Krueger (SEE) es un buen modelo, ya que las percepciones de deseabilidad, viabilidad y disposición para actuar juegan un papel clave en la formación de esas intenciones. Estos tres factores

proporcionan una perspectiva bien integrada para guiar la investigación sobre la motivación emprendedora futura, los problemas de motivación para trabajar y otros obstáculos que enfrentan los emprendedores en el entorno académico.

El trabajo bibliográfico sugiere además que los contextos socioeconómicos, educativos, y la cultura de los estudiantes influyen en la probabilidad y accesibilidad de recursos, por lo tanto, la formación, las políticas y las estructuras deben adaptarse para crear una cultura de actividad emprendedora y habilidades inclusivas para los estudiantes basadas en circunstancias sociales y económicas así como el apoyo familiar y social como características importantes para legitimar e inculcar en sí mismo la confianza y el deseo de hacerlo.

Finalmente, la formación en emprendimiento requiere de competencias técnicas y blandas, necesarias para la consolidación de los proyectos emprendedores; en ese sentido, la relación de los aspectos curriculares y los espacios experimentales (en incubadoras y semilleros, por ejemplo) es fundamental para pasar de la intención a la acción. Los elementos descritos desarrollan el sustento teórico que busca construir la evidencia que aporte a la discusión de la cultura emprendedora en las universidades colombianas y cómo esta debe ser promovida

Referencias bibliográficas

Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. Organizational Behavior and Human Decision Processes, 50(2), 179–211. https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T

Agencia Nacional de Desarrollo (ANDE). (2021). Informe de actividades y programas de apoyo al emprendimiento universitario. Montevideo: ANDE.

Callejas-Posada, D. F., Ortega, J. G., & García, C. A. (2022). Incubadoras universitarias y su impacto en la intención emprendedora: Un estudio en estudiantes colombianos. Revista Colombiana de Administración, 59(1), 45–62. https://doi.org/10.1108/RCA-09-2021-0021

Cardona, I., Peña, J., & Rodríguez, F. (2022). Contexto socioeconómico y sus efectos en la intención emprendedora de estudiantes universitarios en Colombia. Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión, 30(2), 55–73. https://doi.org/10.19053/01228553.v30.n2.2022.14657

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2020). CONPES 4011: Política Nacional de Emprendimiento. Bogotá: DNP.

Douglas, E. J., Shepherd, D. A., & Varela, J. A. (2023). Advancing entrepreneurial intention research: A review and research agenda. Journal of Business Venturing, 38(1), 106354. https://doi.org/10.1016/j.jbusvent.2022.106354

Douglas, E. J., Stones, M. J., & Shepherd, D. A. (2023). Entrepreneurial intention and action: New insights and future research directions. Journal of Business Venturing, 38(1), 106341. https://doi.org/10.1016/j.jbusvent.2022.106341

Fayolle, A., & Liñán, F. (2021). The future of research on entrepreneurial intentions. Journal of Business Research, 131, 289–296. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.03.019

García, A. M., Pérez, J. L., & Sánchez, R. (2022). Impacto del contexto socioeconómico en la intención emprendedora de estudiantes universitarios en Colombia. Revista de Economía y Empresa, 18(2), 105–120. https://doi.org/10.1016/j.ree.2022.05.003

Hernández, A. M., Rivera, L. F., & Martínez, J. D. (2021). Competencias transversales y su relación con la intención emprendedora en estudiantes universitarios colombianos. Revista Colombiana de Psicología, 30(2), 367–380. https://doi.org/10.15446/rcp.v30n2.88557

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (6a ed.). McGraw-Hill.

Krueger, N. F., Reilly, M. D., & Carsrud, A. L. (2000). Competing models of entrepreneurial intentions. Journal of Business Venturing, 15(5–6), 411–432. https://doi.org/10.1016/S0883-9026(98)00033-0

Kuckertz, A., Brändle, L., Gaudig, A., Hinderer, S., Reyes, C. A. M., Prochotta, A., & Berger, E. S. (2020). Startups in times of crisis – A rapid response to the COVID-19 pandemic. Journal of Business Venturing Insights, 13, e00169. https://doi.org/10.1016/j.jbvi.2020.e00169

Liñán, F., & Fayolle, A. (2015). A systematic literature review on entrepreneurial intentions: Citation, thematic analyses, and research agenda. International Entrepreneurship and Management Journal, 11(4), 907–933. https://doi.org/10.1007/s11365-015-0356-5

Osorio, F. (2019). Intención emprendedora en estudiantes universitarios colombianos: Evidencia desde el modelo de evento empresarial. Revista Innovar, 29(77), 7–17. https://doi.org/10.15446/innovar.v29n77.76528

Sánchez, J. C., & Ward, A. (2018). The entrepreneurial intention model: An empirical study in university students. International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research, 24(5), 887–907. https://doi.org/10.1108/IJEBR-07-2017-0216

Shadish, W. R., Cook, T. D., & Campbell, D. T. (2002). Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference. Houghton Mifflin.

Shapero, A., & Krueger, N. F. (2000). The social dimension of entrepreneurship. In D. Sexton & H. Landström (Eds.), The Blackwell handbook of entrepreneurship (pp. 26–48). Blackwell.

Varela, L., & Méndez, P. (2020). Factores que influyen en la intención emprendedora de estudiantes universitarios en Uruguay: Aplicación del modelo de Shapero–

Krueger. Revista de Ciencias Empresariales, 14(1), 55–70. https://doi.org/10.26445/rce.v14i1.2020

Zhao, N., Zhao, H., & Wu, L. (2023). The influence of entrepreneurial intention on entrepreneurial behavior: The roles of entrepreneurial self-efficacy and entrepreneurial passion. Frontiers in Psychology, 14, 1136289. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1136289

Capítulo 28

LATI 4.0 - Herramientas de la industria 4.0 para la innovación y la Investigación en la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca

Martha Cecilia Torres López[1]
Leidy Beatriz García Rodríguez[2]
Manuel Alejandro Gutiérrez Cuervo[3]

Resumen

El documento presenta el desarrollo, propósito e impactos del Laboratorio de Tecnologías Industria 4.0 (LaTI 4.0) de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, concebido como una respuesta estratégica a las demandas de la Cuarta Revolución Industrial. A partir de un análisis del contexto global y latinoamericano, se resaltan las tecnologías habilitadoras de la Industria 4.0 y las competencias técnicas y blandas que requieren los futuros profesionales. LaTI 4.0, conformado por cuatro módulos especializados—simulación y prototipado digital, realidad virtual e inmersiva, captura de movimiento y producción audiovisual—se consolida como un espacio para el aprendizaje experiencial, la investigación aplicada y la innovación. Los resultados evidencian un alto nivel de uso por parte de diferentes programas

[1] Docente Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca – Facultad de Ingeniería y Arquitectura
marthactorres@universidadmayor.edu.co

[2] Docente Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca – Facultad de Ingeniería y Arquitectura
leidy.garcia@universidadmayor.edu.co

[3] Docente Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca – Facultad de Ingeniería y Arquitectura
manuel.gutierrez@universidadmayor.edu.co

académicos, su integración en procesos formativos y su aporte en proyectos de investigación y creación. El texto concluye destacando a LaTI 4.0 como un ecosistema que fortalece la transformación digital institucional y como una plataforma clave para la articulación entre universidad, empresa y sociedad.

Palabras clave: Industria 4.0; aprendizaje experiencial; competencias digitales; investigación aplicada; transformación digital.

Introducción

Nos encontramos en una era de transformación definida por la Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0. Este fenómeno, descrito por Klaus Schwab (2016) como una "fusión de tecnologías que está difuminando las líneas entre lo físico, lo digital y lo biológico", no solo redefine los modelos productivos a escala global, sino que también impone un reto fundamental a las Instituciones de Educación Superior (IES): adaptar sus modelos formativos para seguir siendo pertinentes y preparar a los profesionales que liderarán el futuro.

El contexto de la Industria 4.0 exige que los futuros profesionales posean competencias interdisciplinarias y un profundo entendimiento de la convergencia entre tecnologías de la información, automatización y digitalización. Ante este panorama, particularmente en América Latina, donde la dependencia tecnológica ha prevalecido históricamente, la educación en ingeniería y ciencias básicas debe alinearse con las necesidades socioeconómicas contemporáneas, trascendiendo la teoría para ofrecer a los estudiantes experiencias prácticas en contextos reales. La formación ya no puede ser estática; debe ser un proceso dinámico que equilibre el dominio técnico con habilidades sociales y una visión integral del impacto de la tecnología en la sociedad.

En el contexto latinoamericano, la UNESCO (2023) enfatiza que el desarrollo de estas competencias es fundamental para la inclusión educativa y social, en tanto permite a los ciudadanos participar activamente en la sociedad del conocimiento. Por su parte, Cabero-Almenara y Palacios-Rodríguez (2021) destacan que, en la educación superior, estas competencias deben trascender la dimensión instrumental para convertirse en habilidades transversales, asociadas al aprendizaje autónomo, la investigación y la innovación pedagógica.

En respuesta a este escenario global y en sintonía con las políticas nacionales de Ciencia, Tecnología e Innovación impulsadas por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias) y el Sistema General de Regalías (SGR), la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca ha desarrollado el Laboratorio de Tecnologías Industria 4.0 (LaTI 4.0). Este espacio se erige como un pilar para la modernización de la enseñanza y un catalizador para superar las brechas tecnológicas a través de la investigación aplicada.

Industria 4.0: Tecnologías Clave y Nuevas Competencias

Para comprender la magnitud del cambio que impulsa la Industria 4.0, es crucial analizar las tecnologías que la integran, las cuales no solo optimizan procesos, sino que reconfiguran por completo el mercado laboral, demandando un nuevo conjunto de habilidades y conocimientos alineados a su desarrollo y aplicación en las diversas disciplinas (Escalante Ferrer, s.f.). Estas tecnologías son:

1. ***Big Data y Analítica de Datos:*** Permite coleccionar, almacenar y analizar grandes volúmenes de datos para identificar ineficiencias, detectar cuellos de botella en la producción y fundamentar la toma de decisiones estratégicas informadas.

2. ***Simulación y Prototipado Digital:*** Facilita la capacidad de concebir, modelar, implementar y optimizar productos y procesos en ambientes virtuales. Esto incluye la fabricación aditiva (impresión 3D), que permite crear prototipos rápidos y piezas personalizadas, validando diseños antes de la producción en masa.

3. ***Robótica Inteligente y Automatización:*** Involucra la automatización de tareas y fomenta la interacción humano-robot en los espacios de trabajo, mejorando la eficiencia y la seguridad en los procesos industriales.

4. ***Internet de las Cosas (IoT) y Sistemas Ciberfísicos:*** Habilita la conexión en tiempo real de dispositivos, plantas, productos y personas para compartir información, permitiendo una gestión integrada y descentralizada de la producción.

5. ***Realidad Virtual (VR) y Aumentada (AR):*** Crea experiencias inmersivas que integran elementos físicos y virtuales en tiempo real. Estas

tecnologías son clave para la formación, el diseño de productos, la simulación de procesos y la creación de contenido interactivo.

6. ***Ciberseguridad y Computación en la Nube (Cloud Computing):*** Proporciona la infraestructura segura y escalable necesaria para el manejo de los grandes volúmenes de datos generados por el IoT y Big Data, garantizando la integridad y confidencialidad de la información.

La transición hacia la Industria 4.0 demanda profesionales con un perfil híbrido (Universidad EAFIT, 2025), que combine un sólido dominio técnico con habilidades interpersonales altamente desarrolladas. Las competencias más requeridas se pueden agrupar en dos categorías principales (Jiménez, Rojas & Durango, 2019):

- **Competencias Técnicas:**
  - Dominio de herramientas digitales avanzadas.
  - Conocimientos en inteligencia artificial, robótica y el Internet de las Cosas (IoT).
  - Habilidad para el análisis de datos (*Big Data*).
- **Competencias Blandas:**
  - Trabajo en equipo y liderazgo colaborativo.
  - Comunicación efectiva y asertiva.
  - Adaptabilidad al cambio y agilidad para aprender.
  - Resolución de problemas complejos.
  - Aprendizaje continuo y autónomo.

La formación de estas competencias no puede ser puramente teórica. Es imperativo crear espacios de aprendizaje práctico y experiencial que permitan a los estudiantes "aprender haciendo". Este es precisamente el rol que cumplen los laboratorios tecnológicos, al servir como puentes entre el conocimiento académico y su aplicación en el mundo real.

LaTI 4.0: Una Respuesta Estratégica Institucional

El Laboratorio de Tecnologías Industria 4.0 (LaTI 4.0) es la materialización de la visión de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca para afrontar los retos de la era digital. Inaugurado en 2023 y puesto en operación en enero de 2024, este espacio se ha consolidado como un hito en la infraestructura

académica y tecnológica de la institución, gracias al apoyo financiero del Sistema General de Regalías (SGR) y el respaldo de Minciencias.

El propósito central del laboratorio es incrementar las capacidades tecnológicas de la universidad para el desarrollo de proyectos de investigación, formación y proyección social. Su enfoque inicial se ha centrado en dos sectores estratégicos de alto impacto: la **industria creativa** y la **industria de la construcción**. El Sistema General de Regalías jugó un papel determinante al financiar su implementación mediante recursos destinados a proyectos de impacto regional, alineando así la misión del laboratorio con los objetivos de desarrollo nacional y fortaleciendo el vínculo entre la universidad y el sector productivo para promover la innovación.

Para cumplir con sus objetivos, LaTI 4.0 está organizado en cuatro módulos o áreas de desarrollo tecnológico, cada uno enfocado en un conjunto específico de competencias y aplicaciones:

1. **Módulo 1: Simulación y prototipado digital**
2. **Módulo 2: Realidad virtual e inmersiva**
3. **Módulo 3: Captura de movimiento**
4. **Módulo 4: Producción audiovisual**

Cada uno de estos módulos está equipado con tecnología de vanguardia, diseñada para facilitar una formación eminentemente práctica y fomentar la investigación aplicada. A continuación, se detalla cómo estas capacidades tecnológicas se ponen en acción para beneficiar a la comunidad universitaria.

Capacidades y Aportes de LaTI 4.0 en el marco del aprendizaje experiencial

LaTI 4.0 es un ecosistema donde la teoría se encuentra con la práctica. Siguiendo los principios del aprendizaje experiencial de Kolb, donde el conocimiento se crea a través de la transformación de la experiencia (Garces y Peña, 2020), el laboratorio permite a estudiantes e investigadores pasar de la conceptualización abstracta a la experimentación activa. El equipamiento de cada módulo es la base sobre la cual se construyen estas experiencias de aprendizaje significativo.

Módulo de Simulación y Prototipado Digital

Este módulo está diseñado para la creación de modelos físicos y electrónicos, así como para la simulación de procesos de producción y fabricación. Equipado con herramientas como la **Impresora 3D Ultimaker S3**, los **escáneres 3D** (Einscan Pro 2X, CR-Scan 01), la **Cámara LiDAR Leica BLK360** y el software **ProModel**, permite a los usuarios materializar ideas y validar diseños. Estas herramientas se usan para el prototipado rápido, la fabricación personalizada y la enseñanza interactiva de conceptos de ingeniería, desarrollando competencias técnicas en fabricación aditiva y modelado 3D, junto a habilidades blandas como la resolución de problemas y el pensamiento crítico.

Este módulo es un microcosmos del ciclo de aprendizaje experiencial de Kolb, conforme a lo expuesto por Garcés y Peña (2020): La *experiencia concreta* se da al operar la impresora 3D Ultimaker S3 para materializar un diseño. La *observación reflexiva* ocurre al analizar el prototipo físico, comparándolo con el modelo digital. La *conceptualización abstracta* se fomenta al ajustar los parámetros en el software ProModel para optimizar un proceso simulado. Finalmente, la *experimentación activa* se completa al aplicar los aprendizajes para iterar y perfeccionar el diseño, cerrando el ciclo de aprendizaje práctico.

Módulo de Realidad Virtual e Inmersiva

Su propósito es proporcionar experiencias inmersivas y realistas para la exploración de entornos digitales interactivos. Con equipos como la **Isla de Realidad Virtual con locomoción ilimitada (KAT WALK C2)** y los visores **Oculus Quest 2**, revoluciona la forma en que se visualizan proyectos. Se utiliza para la exploración de espacios arquitectónicos, el modelado 3D y la prueba de material educativo, formando a los estudiantes en competencias clave para la visualización avanzada y el diseño inmersivo, al tiempo que fomenta la adaptabilidad y la creatividad.

En este espacio, los estudiantes viven el ciclo de Kolb al sumergirse en un modelo arquitectónico (*experiencia concreta*). Reflexionan sobre la escala, la iluminación y la funcionalidad del espacio virtual (*observación reflexiva*), lo que les permite formular nuevos conceptos de diseño o identificar mejoras (*conceptualización abstracta*). Posteriormente, aplican estos conceptos modificando el modelo 3D y explorándolo nuevamente, en un ciclo de *experimentación activa* que profundiza su comprensión del diseño espacial.

Módulo de Captura de Movimiento

Su función es la grabación precisa de gestos y desplazamientos de actores para su aplicación en animación digital y análisis técnico. Dotado con **sensores de movimiento Rokoko** y su integración con software en tiempo real como **Unity**, es una herramienta fundamental para las industrias creativas. Este módulo aborda directamente la demanda de competencias técnicas en animación digital y diseño 3D. Al utilizar los sensores Rokoko y Unity, los estudiantes no solo adquieren dominio técnico, sino que también desarrollan competencias blandas cruciales como el trabajo en equipo y la resolución de problemas complejos en un entorno de producción en tiempo real, habilidades indispensables para el profesional 4.0.

El ciclo de aprendizaje se activa cuando un estudiante se pone los sensores y realiza un movimiento (*experiencia concreta*). Al ver la animación de un personaje 3D en tiempo real, el equipo observa y analiza la fluidez y naturalidad de la acción (*observación reflexiva*). A partir de esto, conceptualizan cómo mejorar la captura o el rigging del personaje (*conceptualización abstracta*) y proceden a realizar nuevos movimientos o ajustes en el software, entrando en una fase de *experimentación activa* para perfeccionar el resultado final.

Módulo de Producción Audiovisual

Este módulo se enfoca en la creación de contenidos digitales de alta calidad para comunicación, formación y difusión científica. La dotación incluye **drones DJI Mavic**, una **cámara 360° Vuze**, cámaras profesionales (Canon, Sony), el software **DragonFrame** para animación *Stop Motion*, y un set de **Chroma Key**. Su uso en ejercicios fílmicos y grabación profesional desarrolla competencias técnicas en producción multimedia y narrativa digital, a la vez que potencia la comunicación efectiva y el liderazgo en proyectos colaborativos.

El aprendizaje experiencial aquí comienza con la planificación y grabación de una escena usando la cámara 360° (*experiencia concreta*). El equipo visualiza el material en un visor VR y reflexiona sobre la composición y el impacto inmersivo (*observación reflexiva*). Esto los lleva a conceptualizar nuevas técnicas de filmación o edición para mejorar la narrativa (*conceptualización abstracta*). Finalmente, aplican estas ideas en una nueva toma o en la postproducción (*experimentación activa*), refinando sus habilidades de storytelling audiovisual.

Resultados: Impacto y Contribuciones a la Comunidad Universitaria

El Laboratorio LaTI 4.0 no es solo un conjunto de equipos avanzados, sino un nodo de innovación que impacta directamente las funciones misionales de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca: docencia, investigación y proyección social. Los resultados cuantitativos y cualitativos demuestran su rápida consolidación como un recurso estratégico para toda la comunidad académica.

El impacto en la docencia es el más visible y de mayor alcance. Aunque está adscrito a la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, su impacto es transversal y se extiende a todas las facultades de la universidad. A junio de 2025, las métricas clave del laboratorio son:

- **Usuarios Atendidos:** 3,599
- **Tasa de Ocupación:** 87%
- **Principales Programas Usuarios:**
    - Diseño Digital y Multimedia: 53%
    - Tecnología en Delineantes de Arquitectura e Ingeniería: 19%

Un dato significativo es que el **28% de los agendamientos corresponden a talleres** prácticos que forman parte de los componentes académicos de diversas asignaturas. Talleres como *Escaneo 3D e Integración en Unity*, *Implementación de Sensores de Captura de Movimiento* y *Cámara y Video 360°* son ejemplos concretos de cómo el laboratorio se integra directamente en el currículo, permitiendo a los estudiantes adquirir habilidades técnicas demandadas por el mercado.

En el ámbito de la investigación, LaTI 4.0 actúa como un catalizador para la innovación y la creación. El laboratorio apoya activamente el desarrollo de proyectos en **semilleros y trabajos de grado**, fomentando una cultura de investigación aplicada desde las etapas tempranas de la formación. La actividad de **diseño y construcción de modelos y prototipos ocupa el 16% del uso total** del laboratorio. Este indicador es una clara evidencia de su contribución a la investigación-creación, permitiendo a estudiantes e investigadores pasar de la idea a la materialización de soluciones innovadoras.

Estos aportes consolidan a LaTI 4.0 como un pilar fundamental en la estrategia de la universidad para preparar a los profesionales que Colombia necesita en la era digital, dotándolos no solo de conocimientos teóricos, sino de las competencias prácticas para liderar la transformación tecnológica.

Conclusiones

La Cuarta Revolución Industrial es una realidad ineludible que exige una profunda transformación de la educación superior. En este contexto, el Laboratorio de Tecnologías Industria 4.0 (LaTI 4.0) emerge como la respuesta proactiva y estratégica de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca a este desafío global. Más que un repositorio de tecnología, LaTI 4.0 se ha consolidado como un ecosistema dinámico para el aprendizaje, la experimentación y la creación.

Con una visión clara hacia el futuro, el laboratorio se proyecta como un centro de investigación en Industria 4.0 que articule de manera formal los grupos y semilleros académicos de la institución. El objetivo final es consolidar un ecosistema de innovación que fortalezca el vínculo universidad-empresa-sociedad, permitiendo que el conocimiento generado en las aulas contribuya a resolver los problemas reales de la sociedad y del sector productivo.

La consolidación de LaTI 4.0 demuestra que la transformación digital es, ante todo, un fenómeno cultural y social. Este laboratorio no es solo una infraestructura física, sino un activo estratégico que permite a la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca liderar la conversación sobre la transformación educativa en la región, al proporcionar un espacio para la innovación aplicada en el cual la institución, no solo responde a las demandas de la Industria 4.0, sino que se posiciona activamente para formar a los líderes que darán forma al futuro tecnológico de Colombia.

Referencias bibliográficas

Cabero-Almenara, J., & Llorente-Cejudo, C. (2020). Covid-19: transformación radical de la docencia universitaria.

Celi, P. (2023). Industria 4.0 y su impacto en la educación superior. *Revista DOXA ITQ, 1*(2).

Facultad de Ingeniería y Arquitectura. (2025, junio). *Procedimiento para la usabilidad del Laboratorio de Tecnologías Industria 4.0 – LaTI 4.0 V2*. (Documento interno no publicado).

Escalante Ferrer, A. E. (s.f.). *El reto de la educación superior ante la industria 4.0*. (Manuscrito no publicado).

Gaitán Barrera, A. (s.f.). *Desafíos y Oportunidades en el Sector Universitario ante la Industria 4.0*. ESdiES - Espacios de Educación Superior.

Garcés, G., & Peña, C. (2020). Ajustar la Educación en Ingeniería a la Industria 4.0: Una visión desde el desarrollo curricular y el laboratorio. *REXE. Revista de Estudios y Experiencias en Educación, 19*(40), 129–148.

Jiménez Medina, E., Rojas Arenas, I. D., & Durango Marín, J. A. (2019). Competencias Profesionales e Industria 4.0: Análisis Exploratorio para Ingeniería Industrial y Administrativa para el área Metropolitana del Valle de Aburrá. *2° Congreso Latinoamericano de Ingeniería, ACOFI*.

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MINCIENCIAS). (2022, 22 de febrero). *Convocatoria de la asignación para la CTeI del SGR para la conformación de un listado de propuestas de proyectos elegibles para la innovación y transferencia de tecnología enfocadas en la implementación de las recomendaciones de la Misión Internacional de Sabios 2019 en el foco temático de Tecnologías Convergentes e Industrias 4.0*.

Pérez Sosa, T., Yanes Quintero, D., & Gil Martínez, Y. (s.f.). La Industria 4.0 en la Docencia Universitaria. *Editorial Redipe*.

Schwab, K. (2016). La cuarta revolución industrial. Foro Económico Mundial.

Torres López, M. C., & Gutiérrez Cuervo, M. A. (2025). Aportes del Laboratorio de Tecnologías Industria 4.0 al desarrollo de proyectos en la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. (Ponencia presentada en Encuentro Institucional 2025).

UNESCO. (2019). Marco de competencias de los docentes en materia de TIC (Versión 3).

Universidad EAFIT. (2025, 25 de agosto). 8 retos en el camino hacia la Cuarta Revolución Industrial. *Revista Descubre y Crea*, (175).

504

Capítulo 29

Educar para transformar: La alfabetización ambiental en la primera infancia, como pilar del futuro planetario

Liliana Caycedo Lozano[1]
Diana Marcela Trujillo Suárez[2]

Resumen

La experiencia de alfabetización ambiental en la primera infancia descrita en este capítulo, se basa en los principios del aprendizaje significativo, con especial atención al aprendizaje representacional. El texto compara este proceso con las actividades de divulgación ambiental que las Instituciones de Educación Superior desarrollan desde la Proyección Social, encontrando una valiosa similitud, que podría abrir caminos para armonizar los diferentes lenguajes: el lenguaje del discurso ambiental dentro del marco de la educación formal y el utilizado por los individuos dentro de las comunidades en sus contextos particulares.

De manera similar, se propuso que los miembros de los semilleros asumieran el rol de agentes alfabetizadores, capaces de reconocer y aceptar otras formas de lenguajes. Desde esta perspectiva, pueden diseñar estrategias que contribuyan a superar el activismo ambiental sin argumentación, promoviendo una educación ambiental más sólida y fundamentada.

[1] Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, docente Facultad de Ciencias Básicas
lcaycedo@universidadmayor.edu.co ORCID: 0000-0002-9274-3148

[2] Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, docente Facultad de Ciencias Básicas
diana.trujillo@universidadmayor.edu.co ORCID 0000-0001-9462-0339

Finalmente, se describen los fundamentos de una experiencia en la que niños en edad preescolar, se familiarizan con la representación de los microorganismos y a la comprensión de su papel en los ciclos biogeoquímicos. Para ello, se realizaron actividades utilizando recursos como organizadores gráficos y observación microscópica. En este sentido, se destaca la importancia de introducir a los niños en la ciencia desde temprana edad, máxime cuando este acercamiento puede convertirse en un pilar fundamental para el cuidado del planeta.

Palabras clave: Alfabetización ambiental, primera infancia, investigación formativa, lenguaje

Introducción

Cuando se afirma que la alfabetización ambiental en la primera infancia, representa un pilar fundamental para construir sociedades más conscientes y responsables con el entorno natural, se retoma la importancia del aporte de la educación ambiental en los programas educativos y se reconoce la necesidad de propiciar, desde edades tempranas, una relación respetuosa y activa con el planeta.

En este sentido, vale la pena retomar los proyectos y experiencias previas en alfabetización ambiental, que se han adelantado en el marco de las actividades del grupo de investigación Planificación en Gestión Ambiental Eficiente, adscrito al Programa de Ciencias Básicas de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, las cuales han evidenciado que cuando se accede a experiencias significativas, es posible desarrollar habilidades y actitudes que repercutan tanto en la responsabilidad colectiva, como en el cuidado del entorno, independiente de la heterogeneidad en los preconceptos y en los significados de quienes participan en la experiencia de aprendizaje.

De acuerdo con lo anterior y como se resume en la Figura 1, la aproximación a los conceptos y significados ambientales, por parte de comunidades distantes del sistema educativo (especialmente de la formación superior), implica considerar aspectos que van más allá de lo conceptual y que se relacionan con actitudes y valores que trascienden a lo afectivo y a lo actitudinal.



Figura 1. ***Aproximación al lenguaje ambiental***

En esta triada de componentes conceptuales, actitudinales y axiológicos, se reconocen procesos de formación y de educación no formal, aspecto que en las universidades colombianas se abordan desde la Proyección Social y el trabajo con comunidad.

Antecedentes y Marco teórico

Un ejemplo exitoso de proyección y trabajo con comunidad, que incorporó metodologías activas y contacto directo con la naturaleza, fue el que se realizó con la población aledaña al Humedal de Techo de la localidad de Kennedy, en la ciudad de Bogotá; en el cual, Trujillo et al. (2025), evidenciaron cómo se logró un proceso de sensibilización por el cuidado del agua y su conservación. En esta experiencia, se evidenció cómo el reconocimiento de aspectos relacionados con actitudes, sentimientos y valores colectivos en lo ambiental, contribuyeron a la apropiación y al sentido de cuidado del ecosistema antes mencionado.

Es así, que las investigaciones de este corte evidencian, que la formación ambiental no puede ser exclusiva de unos grupos, como aquellos que pertenecen a la educación formal, y por lo tanto, no puede centrarse única y exclusivamente en lo conceptual, sino que las acciones y actividades ambientales tienen la función de retomar las dimensiones axiológicas y afectivas, para involucrar al mayor numero de personas, independientemente del grado de escolaridad que tengan.

Ahora bien, las estrategias didácticas en ambiental como se observa en la Figura 2, deben trascender para transformar los componentes conceptuales, actitudinales y axiológicos de manera integrada en cada una de las experiencias, bien sea en el campo formal o en la educación no formal (Caycedo y Rosas, 2011). Fue precisamente esta aceptación, la que orientó el desarrollo de las investigaciones posteriores del grupo, ya que de manera progresiva se hizo evidente como los procesos y resultados de la investigación en las universidades, pueden llegar a vincularse con las necesidades ambientales de la comunidad. En este sentido, la Educación Superior asume su responsabilidad social al trascender y aportar conocimientos, tanto a los individuos como a la sociedad en general.

Asimismo, uno de los principales desafíos radica en el lenguaje, ya que egresados, estudiantes y demás actores de las Instituciones de Educación Superior utilizan códigos de comunicación distintos a los empleados por las personas que hacen parte de las comunidades. Por lo cual, esta diferencia constituye el primer gran obstáculo, para lograr una comunicación asertiva y duradera en el contexto de la educación no formal.

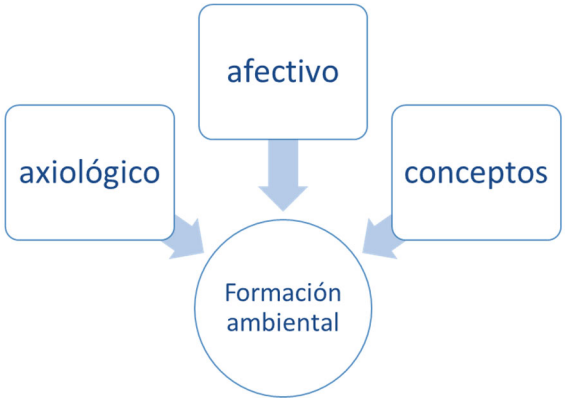


Figura 2. Criterios para una formación ambiental trascendente

Por lo anterior, es fundamental que las estrategias en los procesos de enseñanza, acerquen a las personas a comprender y cuidar el medio ambiente, sin embargo, para lograr esto, es necesario contar con un marco que considere aspectos específicos de cada población, además de características como su contexto social, su rango de edad y todo lo relacionado con el entorno y sus propios lenguajes.

No es posible diseñar estrategias y experiencias de aprendizaje en el ámbito ambiental, sin reconocer las características de las comunidades, ya que en este campo de conocimiento convergen diferentes saberes, ciencias y disciplinas que van a chocar directamente con los preconceptos de aquellas personas, que no hacen parte de los procesos de educación formal.

En este escenario, la pedagogía y la didáctica en carreras que asuman la formación de profesionales en áreas ambientales, implica un reto grande desde lo epistemológico y lo disciplinar, dado que la formación de estos individuos utiliza el lenguaje propio de diferentes ciencias en su campo de profesionalización; por lo tanto, se requiere tener una perspectiva en la educación de estos profesionales que no se centre únicamente en las "buenas prácticas" sino que mediante la dialéctica y el aprendizaje de metaconceptos logre armonizar y comprender los procesos naturales (Caycedo y Trujillo, 2016)

De acuerdo con lo anterior, esta multiplicidad de lenguajes conduce a una barrera en el momento en que se quiere comunicar el conocimiento ambiental a las personas, puesto que de alguna manera, esa heterogeneidad de conceptos de diferentes campos del saber, bajo los cuales se encuentran formados los estudiantes y egresados, deben de cierta forma "traducirse", para así facilitar la apropiación de significados, valores y actitudes por parte de los miembros de las comunidades. Esto puede realizarse en procesos que se pueden enmarcar dentro de las actividades de trabajo con comunidad, como en las acciones que van a generar y a liderar los egresados de dichos programas en los niveles de formación profesional, técnica y tecnológica.

Es precisamente en este contexto, cuando surge la necesidad de acercarse a las comunidades en el marco de la alfabetización científica y específicamente, en el marco de lo que se denomina la alfabetización ambiental.

Alfabetización y Alfabetización Ambiental

Como se mencionó anteriormente, las universidades tienen la responsabilidad de compartir sus conocimientos y los resultados de sus investigaciones con la comunidad. Este compromiso representa un desafío significativo, ya que implica la necesidad de argumentar y comunicar conceptos y significados provenientes de diversas áreas del saber a poblaciones que poseen interpretaciones y contextos heterogéneos, los cuales no siempre coinciden con el lenguaje técnico propio de las ciencias. Por

ello, es fundamental que las instituciones académicas desarrollen estrategias de divulgación, que permitan acercar el conocimiento científico a la sociedad, facilitando su comprensión y aplicación en diferentes contextos.

Lo anterior lleva implícito un reto significativo, tanto para estudiantes como para docentes universitarios: *la necesidad de hacer accesible el conocimiento a todos*. Ahora bien, la pregunta sigue siendo cómo lograrlo de manera efectiva y significativa. En este sentido, se propone emular la alfabetización que se lleva a cabo cuando en la infancia aprenden a leer, haciendo uso de formas innovadoras de comunicar ideas relacionadas con el cuidado de los ecosistemas, de manera clara y comprensible, pero conservando siempre la rigurosidad.

En este sentido, la alfabetización científica se convierte en una estrategia valiosa para implementar en actividades de proyección social y extensión, ya que permite a los individuos de las comunidades comprender y comunicarse en un lenguaje cercano al de la ciencia, aplicando principios análogos a los de la alfabetización en lengua materna; lo que ha podido materializarse en diversas estrategias de formación desde un Centro de Educación y Gestión Ambiental y la creación de un Programa en Tecnología de Procesos Químicos Ambientales (Caycedo y Trujillo, 2025).

Retomando en términos de esa alfabetización científica, se establece como un paso clave para que la sociedad comprenda la ciencia, ya que proporciona a las personas conocimientos y habilidades básicas para desenvolverse en un mundo influenciado por la ciencia y la tecnología. Sin embargo, la comprensión pública de la ciencia va más allá, buscando empoderar a los ciudadanos para participar en debates y decisiones sobre ciencia y tecnología, y promoviendo una mayor mediación democrática en la toma de decisiones científicas (Ballesteros-Ballesteros y Gallego-Torres, 2022).

Ya específicamente acerca de la alfabetización ambiental, Caycedo y Trujillo (2025), enfatizan el propósito de cómo ésta, permite desarrollar habilidades y conocimientos para abordar desafíos ecológicos específicos en diferentes grupos con características heterogéneas. Es pertinente aclarar que no se trata de imponer un enfoque único, sino de adaptar las estrategias para que sean relevantes y efectivas en cada contexto. De esta manera, la alfabetización ambiental es una herramienta poderosa para conectar lenguajes y promover la responsabilidad compartida en la protección del planeta.

El aprendizaje en la primera infancia

La aplicación de estrategias didácticas en Educación Ambiental en Colombia ha sido abordada desde diversas perspectivas. Según Caycedo y Trujillo (2020), este tipo de formación juega un papel fundamental en todos los niveles de escolarización, lo que implica un enfoque didáctico que considere los conceptos interdisciplinarios que convergen en el lenguaje ambiental. En ese orden de ideas, si el enfoque se hace en la población de primera infancia, desde el marco de la alfabetización y el aprendizaje significativo, los niños pequeños cuentan con unas representaciones que se han construido a partir de diferentes experiencias.

Ahora bien, dentro de los procesos cognitivos que plantean Ausubel y colaboradores, para que ocurra una experiencia de aprendizaje significativa se pueden señalar los siguientes: Asimilación: El nuevo conocimiento se integra con la estructura cognitiva existente; Organización jerárquica: El conocimiento se organiza en una estructura con conceptos más generales en la cima; Diferenciación progresiva: El estudiante distingue relaciones entre los conceptos y Reconciliación integradora: El estudiante integra nuevos conceptos dentro de la estructura cognitiva existente (Ausubel, et al., 1976). De otra parte, Viera (2003) propone que, en el aprendizaje planteado por Ausubel et al., se pueden distinguir tres tipos: Aprendizaje representacional, Aprendizaje de conceptos y Aprendizaje proposicional.

Aprendizaje Representacional y la Alfabetización Ambiental

Es importante destacar que, aunque el aprendizaje representacional sea el nivel más básico dentro de las categorías del aprendizaje significativo, no es ajeno a las actividades intencionadas las cuales se integran con el marco afectivo y emocional particular de cada niño, de tal manera que pueden generar un cambio en los significados de una manera duradera.

En este marco teórico se pueden ubicar las estrategias didácticas que acompañan los procesos de alfabetización en la primera infancia. Al respecto Guzmán y Venet (2019), plantean que, para activar y potenciar las capacidades cognoscitivas de los niños, claramente no se requiere una planificación cerrada, sino que el docente desde su rol de facilitador tiene la posibilidad de propiciar actividades de cooperación y colaboración en un ambiente afectivo-emocional propicio.

Con base en lo anteriormente descrito, se propone como eje de trabajo de investigación, que las experiencias de alfabetización en primera infancia se

asemejan a las actividades de capacitación en ambiental que se realizan desde Proyección Social, especialmente en lo que tiene que ver con los lenguajes. En los dos contextos enunciados, el lenguaje que manejan los individuos dista de los códigos asociado a conceptos y significados de las ciencias que convergen en el discurso ambiental, pero la alfabetización y los recursos usados en primera infancia, pueden propiciar un acercamiento a significados, que considerando aspectos axiológicos y afectivos, pueden dar lugar a acciones y estrategias didácticas que produzcan un aprendizaje de tipo representacional duradero y significativo para el cuidado intencional y argumentado de los ecosistemas.

En la Figura 3, se observa una interpretación de cómo la educación superior podría propiciar la comprensión de los procesos asociados a lo ambiental a través de la educación formal y adicionalmente, a través de la alfabetización ambiental acercar a habilidades y significados intencionados.



Figura 3. ***Educación superior y alfabetización a la comunidad***

Con un esquema así, la alfabetización ambiental contribuye a superar el activismo sin sentido y permite que, desde el aprendizaje representacional, se lleven a cabo procesos mentales que se reflejen en acciones intencionadas de cuidado del entorno local y global, ejemplo de ello tenemos la minimización de residuos, el cuidado del recurso hídrico y la minimización de emisiones tipo efecto invernadero.

La investigación formativa y la alfabetización ambiental en primera infancia

Encontrar esa similitud, entre la forma como se aprende a leer en la primera infancia y las actividades de difusión de índole ambiental que se llevan a cabo en los procesos de educación no formal, pone en evidencia nuevos retos, mediados por el lenguaje, como se aprecia en la Figura 4.

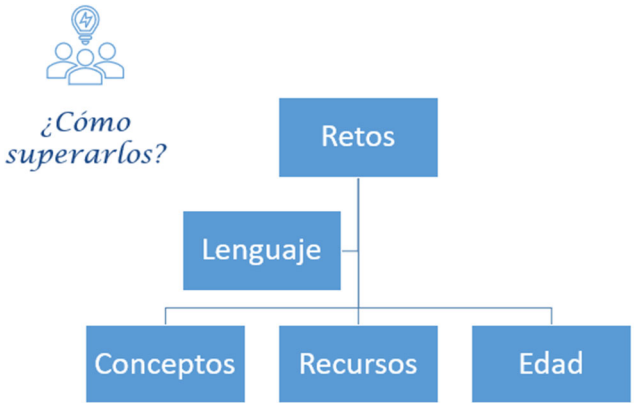


Figura 4. ***Retos mediados por el lenguaje***

A continuación, se describe de manera muy general, una actividad que se está adelantando con niños de un jardín infantil de carácter privado en la ciudad de Bogotá, cuya búsqueda del espacio intencionada, se realizó con el ánimo de comprobar en alguna medida lo que se planteó en párrafos anteriores. Como temática, se planteó el reto de acercar a los niños a las representaciones de los microorganismos, la planeación del trabajo se enfocó en encuentros en los que participaran como agentes alfabetizadores, los estudiantes del Semillero de Investigación Dríades, el primer Semillero de Proyección Social de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.

Adicional, esta actividad se vinculó con el Centro de Educación y Gestión Ambiental CEGA, el cual como una Unidad MIPSE (Modelo Institucional de Proyección Social y Extensión), tiene como uno de sus ejes de trabajo la línea denominada *Acciones responsables para el cuidado de los ecosistemas,* cuyo propósito principal es "alfabetizar en la importancia del conocimiento y el cuidado del equilibrio de los ciclos biogeoquímicos y las acciones pertinentes que se puedan realizar para mantenerlos" (Acuerdo 042, 2025).

Dentro de las consideraciones preliminares al trabajo, se construyó un marco conceptual en el cual, desde el lenguaje de la microbiología se escogieron significados que se pudieran abordar haciendo uso de estrategias y recursos pertinentes para niños de primera infancia. Los retos más significativos, se convirtieron en recursos que le dieron un lugar privilegiado a la investigación formativa, sustento del semillero y de forma adicional, permitió la construcción de estrategias haciendo uso del trabajo interdisciplinar, que poco a poco se fue dando con los profesionales en educación preescolar.



Figura 5. Recursos actividad jardín infantil

Existían varios puntos claros, en primer lugar, las representaciones sobre los microorganismos, avaladas por la ciencia; asimismo, la necesidad de estrategias que abordaran, entre otros recursos los siguientes: ejemplos y analogías para explicar los conceptos complejos; reflexión y discusión sobre la importancia de los microorganismos; relación del conocimiento sobre los microorganismos con la experiencia cotidiana de los niños y el uso de organizadores visuales y gráficos (material didáctico), para representar la estructura jerárquica del conocimiento, todo esto retomando el aprendizaje representacional.

El objetivo que se fue esclareciendo gradualmente, se centró en establecer una conexión sólida entre las experiencias de la vida cotidiana y los conocimientos provenientes de diversas ciencias, como la biología y la microbiología. Estos campos científicos no solo ofrecen argumentos fundamentales para entender el entorno natural, sino que también presentan aprendizajes y retos que son esenciales para el desarrollo integral de los niños. A través de la exploración de los microorganismos y su influencia en el ecosistema, los pequeños han logrado, de manera gráfica representar las

bacterias y clasificarlas en dos grandes grupos: Cocos y Bacilos; de igual manera, desde lo experimental se asumió el reto de tomar muestras de agua del propio solar del jardín infantil y sus respectivas siembras, lo que permitió que los niños observaran las dos formas de las bacterias presentes. En este sentido, se logró alcanzar un primer acercamiento a la interpretación y el significado de los procesos naturales que los rodean, lo que les permitirá desarrollar habilidades de observación, análisis y reflexión crítica desde una edad temprana.

Por lo tanto, es fundamental reconocer que estos temas no deben ser considerados exclusivamente para niños en etapas educativas en niveles superiores, la microbiología y otros conceptos relacionados con la biología pueden ser incluidos de manera accesible y lúdica, adaptándose a las capacidades cognitivas y emocionales de los más pequeños.

Conclusiones y recomendaciones

La alfabetización ambiental, se convierte en un camino que permite aplicar los resultados de la investigación en contextos específicos. De esta forma, la Educación Superior no solo cumple con su función académica, sino que además fortalece su compromiso social al aportar conocimientos significativos que generan un impacto positivo en la sociedad y en el entorno comunitario.

La experiencia de alfabetización ambiental en primera infancia centrada en los significados de los microorganismos, demostró que a través de estrategias didácticas innovadoras y contextualizadas, los niños pueden aproximarse a conceptos científicos complejos; al conectar las experiencias cotidianas con los conocimientos de la biología y la microbiología, los pequeños logran representar y clasificar bacterias, así como observar sus formas y comportamientos.

La experiencia aquí descrita, muestra que la alfabetización científica fomenta habilidades de observación, análisis y reflexión crítica desde una edad temprana; por lo tanto, es fundamental reconocer que la microbiología y otros conceptos relacionados con la biología se pueden introducir de manera accesible y lúdica en la primera infancia, sentando las bases para un futuro más sostenible y consciente.

Referencias bibliográficas

Acuerdo 042 de 2025 [Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca]. Por el cual se aprueba la creación del Centro de Educación y Gestión Ambiental CEGA de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, como una unidad de gestión del Modelo Institucional de Proyección Social y Extensión – MIPSE. 09 de junio de 2025.

Ausubel, D. P., Novak, J. D. y Hanesian, H. (1976). Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo (Vol. 3). Trillas.

Ballesteros-Ballesteros, V. y Gallego-Torres, A. P. (2022). De la alfabetización científica a la comprensión pública de la ciencia. Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad, 14(26). https://doi.org/10.22430/21457778.1855

Caycedo, L. y Trujillo, D. M. (9 de octubre de 2025). Alfabetización Ambiental y Participación Comunitaria: Estrategias de Formación desde un Centro de Educación y Gestión Ambiental y un Programa en Tecnología de Procesos Químicos Ambientales [Ponencia]. VIII Congreso Internacional de Investigación y Pedagogía. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia.

Caycedo, L. y Trujillo, D. M. (2020). Concepto del agua y sus implicaciones en la formación ambiental. Revista Boletín Redipe, 9(7). https://doi.org/10.36260/rbr.v9i7.1018

Caycedo, L. y Trujillo, D. M. (2016). El lenguaje como elemento en la construcción del pensamiento formal en química ambiental. Revista Boletín Redipe, 5(1). https://revista.redipe.org/index.php/1/article/view/18

Caycedo, L. y Rosas, S. M. (2011). El valor de las acciones ambientales y su evidencia en el contexto formativo. Revista de investigaciones UNAD. 10 (2). https://doi.org/10.22490/25391887.754

Guamán, V. J. y Venet, R. (2019). El aprendizaje significativo desde el contexto de la planificación didáctica. Conrado, 15(69). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442019000400218&lng=es&tlng=es.

Trujillo, D. M., Cristancho, G. Y. y Caycedo, L. (2025). Una oportunidad para la alfabetización ambiental y la participación-acción de la comunidad. El Humedal de Techo en Bogotá en Innovación Disruptiva con Conciencia Global: Forjando la Próxima Generación de los Líderes en Negocios y Tecnología (pp. 48-76). Grupo editorial Gaia – IngeEdit Editorial

Viera, T. (2003). El aprendizaje verbal significativo de Ausubel. Algunas consideraciones desde el enfoque histórico cultural. Universidades, (26), 37-43. https://www.redalyc.org/pdf/373/37302605.pdf

Capítulo 30

Revisión sistemática sobre la enseñanza a nivel introductorio del concepto de dualidad onda-partícula

Néstor Fernando Méndez Hincapié[1]

Resumen

Este estudio presenta una revisión sistemática sobre la enseñanza del concepto de dualidad onda-partícula, fundamental en la mecánica cuántica, el cual no puede ser explicado desde la física clásica. Se examinan investigaciones realizadas entre 2017 y2023 que abordan recientes enfoques que explican este concepto, así como las dificultades de aprendizaje y estrategias de enseñanza empleadas en los niveles de la educación media o primeros cursos de física cuántica universitarios. La búsqueda se llevó a cabo en las bases de datos Scopus, Web of Science, Ebsco y Scielo, identificándose 47 documentos que fueron clasificados en las siguientes categorías: enfoques teóricos, dificultades de aprendizaje, estrategias de enseñanza, experimentos, currículo y formación docente. Se destaca la necesidad de incorporar un componente experimental en las estrategias de enseñanza que supere las limitaciones de las simulaciones. Aunque estas han sido de gran utilidad, un enfoque experimental podría mejorar la comprensión de las características de

[1] Universidad Pedagógica Nacional, Faculta de Ciencia y Tecnología. nmendez@pedagogica.edu.co

las entidades cuánticas como fotones y electrones, además de facilitar que los estudiantes comprendan el rol de los instrumentos en el estudio de los fenómenos físicos.

Palabras clave: Enseñanza de la mecánica cuántica; Dualidad onda-partícula; Dificultades de aprendizaje

Introducción

La mecánica cuántica, una teoría fundamental de la física, ha ganado un lugar destacado tanto en la comprensión científica de los fenómenos físicos, como la cuantización, el principio de incertidumbre, la naturaleza probabilística y la dualidad onda-partícula, entre otros, también ha sido fundamental en diversas aplicaciones prácticas, tales como el desarrollo de semiconductores, la nanotecnología, las técnicas de diagnóstico médico, y tecnologías emergentes prometedoras como la computación cuántica, el cifrado cuántico y el entrelazamiento cuántico. Por lo anterior, la mecánica cuántica ha adquirido un papel importante en la educación media y superior, no solo en la física, sino también en otras áreas de la ciencia y la ingeniería (Krijtenburg-Lewerissa y otros, 2017). No obstante, las prácticas pedagógicas en la enseñanza de esta materia, a menudo caracterizadas por su abstracción y fuerte énfasis en la formulación matemática, han sido objeto de debate durante varios años (Johnston et al., 1998; Krijtenburg-Lewerissa y otros, 2017). En las últimas dos décadas, la enseñanza de la mecánica cuántica ha comenzado a enfocarse más en la visualización y la comprensión conceptual, con el objetivo de integrarse en la educación media (Cataloglu & Robinett, 2002; Kohnle y otros, 2014). Así, esta teoría ha sido incorporada al currículo educativo en la educación secundaria en numerosos países, como Inglaterra, Alemania, Italia, Estados Unidos, Países Bajos, Francia y Noruega, entre otros (Krijtenburg-Lewerissa et al., 2017; Staderman et al., 2019).

Debido a que la mecánica cuántica condujo a cambios profundos en la forma en que se entiende y percibe el mundo físico (Karakostas & Hadzidaki, 2005), su enseñanza en los niveles introductorios se

enfrenta a varios desafíos. Por ejemplo, la dualidad onda-partícula, la incertidumbre y la naturaleza probabilística, entran como conceptos contraintuitivos desde la visión clásica del mundo, visión más familiar para la mayoría de los estudiantes. Por ello se requieren cambios radicales es las formas de pensar y razonar sobre el mundo microscópico (Kalkanis y otros, 2003).

Las investigaciones en la enseñanza de la mecánica cuántica a nivel introductorio se recogen en los trabajos de Krijtenburg-Lewerissa y otros (2017) y Cuesta-Beltrán (2018), quienes ofrecen un panorama general de las distintas temáticas que se enseñan, las dificultades detectadas y diferentes estrategias de enseñanza apoyadas en simulaciones. En particular, Krijtenburg-Lewerissa y otros (2017), abordan el concepto de dualidad onda-partícula, mencionando tres categorías de descripción que se identifican en los razonamientos de los estudiantes: (1) descripción clásica, en el que los objetos cuánticos exhiben exclusivamente comportamientos ondulatorios o corpusculares; (2) descripción mixta, en el que los comportamientos ondulatorios o corpusculares de los objetos cuánticos coexisten, pero en conglomerados y no en objetos individuales; y (3) la descripción cuasi-cuántica, en el que se reconoce el comportamiento dual de los objetos cuánticos pero no tienen clara las relaciones entre la energía de estos con el patrón de interferencia. Estas categorías muestran ideas alternativas que se aferran al pensamiento clásico, pero con persistencia en las explicaciones deterministas.

En este documento se profundiza en las investigaciones de los últimos siete años (2017-2023 inclusive) sobre la enseñanza de la dualidad onda-partícula, que se enmarca en la investigación de tesis doctoral *Dificultades de aprendizaje de estudiantes de licenciatura en física al abordar el estudio del experimento de la doble rendija con electrones* adelantada por el autor.

La dualidad onda partícula es uno de los rasgos más característicos de la mecánica cuántica que rompe con las concepciones clásicas de que partícula y onda son objetos o entidades excluyentes y, por el contrario, las entidades microscópicas, como los electrones, exhiben

fenómenos de interferencia, aunque luego se pueden localizar en el espacio como partículas (Bohm, 1989). Según Feynman y otros (1971), allí se esconde el "único misterio" (p. 1-2) que expone el comportamiento de los objetos cuánticos.

Por lo tanto, en este documento se revisan los artículos que cubren la investigación educativa sobre la dualidad onda-partícula en la mecánica cuántica para el nivel secundario y pregrado inicial, con el objetivo de responder a la pregunta: ¿Cuál es el estado actual de la investigación sobre la enseñanza de la dualidad onda-partícula, dirigidos a la enseñanza introductoria de la mecánica cuántica?

Más específicamente, se abordan las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son las perspectivas teóricas relevantes para la enseñanza de la dualidad onda-partícula?
- ¿Qué dificultades en la comprensión de la dualidad onda-partícula se han identificado en investigaciones sobre los cursos introductorios de mecánica cuántica?
- ¿Qué estrategias de enseñanza han sido probadas, implementadas y evaluadas en estos cursos para mejorar la comprensión de la dualidad onda-partícula?

Marco teórico

El concepto de dualidad onda-partícula es uno de los más característicos y desafiantes, porque se trata de construir un concepto muevo: el objeto cuántico que, según las circunstancias o condiciones iniciales, exhibe propiedades ondulatorias o corpusculares, antagónicas desde la física clásica para un mismo objeto. La primera vez que esto sucede es en 1905 cuando se propone el comportamiento corpuscular de la radiación electromagnética para explicar el efecto fotoeléctrico, comportamiento que luego se confirmaría con el efecto Compton.

Posteriormente, Louis de Broglie, basándose en el comportamiento dual de la radiación electromagnética, propone como hipótesis el

mismo comportamiento en la materia, como los electrones, y que el experimento de Davisson & Germer (1927) confirmaría al evidenciar fenómenos de interferencia de los electrones al dispersarse por un cristal de níquel.

En busca de responder a las necesidades de enseñanza del concepto de dualidad onda-partícula, se abordan los experimentos físicos más emblemáticos: el efecto fotoeléctrico, el experimento con el interferómetro de Mach-Zehnder y el experimento de la doble rendija con fotones o electrones, para ilustrar la dualidad onda-partícula.

De manera resumida, el concepto de dualidad onda-partícula es la siguiente forma. Un conjunto de electrones (o fotones) son enviados de uno en uno, con la misma energía, sobre una pantalla. Para llegar a la pantalla solo pueden seguir uno de dos caminos diferentes, pero no se sabe qué camino pueden tomar. Cada electrón (o fotón) alcanza la pantalla en un lugar específico, característico de un comportamiento corpuscular (partícula), pero cada lugar alcanzado lo hace con cierta probabilidad (definida como la frecuencia relativa después de enviar muchos electrones o fotones). La distribución de probabilidad evidencia un patrón de interferencia característico de un comportamiento ondulatorio. Sin embargo, cuando se identifica el camino que sigue el electrón (o fotón) hasta alcanzar la pantalla, el patrón de interferencia desaparece. Esto hace que construir un modelo que refleje este comportamiento sea complicado, lo que representa una dificultad para razonar acerca de los objetos cuánticos.

Metodología

Para responder las preguntas de investigación se propone un enfoque metodológico cualitativo interpretativo, de revisión documental para identificar los reciente enfoques de explicación, las dificultades de aprendizaje y las estrategias de enseñanza del concepto de dualidad onda-partícula, en el período 2017 – 2023.

Para este estudio se realizaron búsquedas en cuatro bases de datos: Scopus, Web of Science, EBSCO y Scielo. En las dos primeras bases, la

consulta se realizó con las siguientes palabras: (“wave-particle duality” OR "de Broglie") AND (student OR instruction) AND (concept OR understanding OR reasoning OR difficulties). Esta búsqueda dio como resultado 34 documentos de Scopus y 20 de Web of Science.

Con la base de EBSCO se realizó la búsqueda con (“wave-particle duality” OR "de Broglie" OR "photoelectric effect" OR “double slit experiment”) AND (student OR instruction) AND (concept OR understanding OR reasoning OR difficulties), encontrando 14 artículos publicados.

En Scielo sólo se buscó con el primer criterio en los idiomas español y portugués: (“dualidad onda-partícula” OR "de Broglie" OR “dualidade onda-partícula”), encontrando 6 resultados.

Después de eliminar duplicados, se obtuvieron 53 resultados que se filtraron con estos criterios: (1) El artículo aborda la enseñanza de la dualidad onda-partícula para estudiantes de educación media o superior a nivel introductorio, (2) el artículo enfatiza los aspectos fenomenológicos y/o conceptuales, y (3) el formalismo matemático es el adecuado para un nivel introductorio. De esta manera se analizaron 47 documentos.

Resultados y discusión

Se destaca en los resultados encontrados que las revistas *Physical Review Physics Education Research* y *Revista Brasileira de Ensino de Física* publicaron seis (6) artículos cada una en la temática de este estudio, seguido por *Physics Education* con tres (3) artículos. También se encontraron 4 capítulos de libro, dos (2) de *Teaching-Learning Contemporary Physics*, un capítulo en *Research and Innovation in Physics Education: Two Sides of the Same Coin*, y otro capítulo en *Research in Chemistry Education*. Con dos (2) artículos están las revistas *American Journal of Physics*, *International Journal of Science Education*, *Latin-American Journal of Physics Education* y *Science & Education*. La Tabla 1 muestra todos estos resultados.

Tabla 1. Número de artículos por revista y libros

Fuente	Número
Physical Review Physics Education Research	6
Revista Brasileira de Ensino de Fisica	6
Capítulo de libro	4
Physics Education	3
American Journal of Physics	2
International Journal of Science Education	2
Latin-American Journal of Physics Education	2
Libros	2
Science & Education	2
Acta Scientiae	1
Applied Sciences-Basel	1
British Journal of Educational Technology	1
Canadian Journal of Physics	1
Comunicações Piracicaba	1
Electronic Journal for Research in Science & Mathematics Education	1
European Journal of Educational Research	1
European Journal of Physics	1
Inonu University Journal of the Faculty of Education (INUJFE)	1
International Journal of Electrical Engineering Education	1
International Journal of Evaluation and Research in Education	1
International Journal of Science & Mathematics Education	1
Journal of Physics: Conference Series	1
Journal of Science Education and Technology	1
Jourrnal of Chemical Education	1
Physics Essays	1
Science Education International	1
Universe	1

De acuerdo con los objetivos propuestos para esta investigación, los documentos se clasificaron en: Enfoques teóricos de la explicación de la dualidad onda-partícula (4 documentos), Dificultades de aprendizaje (7 documentos), Estrategias de enseñanza (27 documentos), Experimentos (4 documentos), Dualidad onda-partícula en diferentes currículos (3 documentos) y Formación docente (2 documentos), que se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Categorización de los documentos

Tema		Referencia
Enfoques teóricos de la explicación de la dualidad onda-partícula		(Jaroszkiewicz, 2017) (Shore, 2020) (Soares-Pinto & Naves, 2021) (Yanchilina & Yanchilin, 2022)
Dificultades de aprendizaje		(Stadermann & Goedhart, 2020) (Hoehn y otros, 2019) (Ayene y otros, 2019) (Trevisan & Serrano, 2018) (Balabanoff y otros, 2020) (Didiş Körhasan & Miller, 2020) (Balabanoff y otros, 2023)
Estrategias de enseñanza	*Simulaciones computacionales*	(Marshman & Singh, 2017) (Sayer y otros, 2017) (Maries y otros, 2017) (Maries y otros, 2020) (Cavalcanti y otros, 2020) (Malgieri y otros, 2017) (Arlego y otros, 2021) (Müller & Mishina, 2021) (de Carvalho y otros, 2023) (Önder & Önder, 2018) (Ortega-Breto y otros, 2019) (Vilarta Rodriguez y otros, 2020) (Escudero & Zalazar-García, 2021) (Cai y otros, 2021) (Tarng & Pei, 2023) (Nyirahabimana y otros, 2023)
	Estrategias de enseñanza alternativas	(Pospiech y otros, 2021) (Didiş Körhasan, 2021) (Henriksen y otros, 2018) (Lima y otros, 2020) (Lima y otros, 2021) (Mart, 2021) (Di Mauro y otros, 2021) (Di Mauro y otros, 2022)
	Propuestas experimentales	(van den Berg y otros, 2020) (Peres y otros, 2021)
Experimentos		(Brom, 2017) (Zhang y otros, 2019) (Castrillon y otros, 2019)

	(Brand y otros, 2021)
Dualidad onda-partícula en diferentes currículos	(Staderman y otros, 2019) (Dayou & Markus, 2024) (Kirui & Jhamba, 2021)
Formación docente	(Baybars & Kucukozer, 2018) (Pereira & Solbes, 2022)

Enfoques teóricos de la explicación de la dualidad onda-partícula

Aquí se exponen recientes enfoques teóricos desde la mecánica cuántica a la explicación del concepto de dualidad onda-partícula que se encuentran en los libros de Jaroszkiewicz (2017) y Shore (2020).

Jaroszkiewicz (2017), aborda un enfoque novedoso: la red de detectores cuantizados (Quantized Detector Network - QDN), que se fundamenta en que cualquier pregunta sobre los fenómenos cuánticos se puede expresar en términos de cualquier número de preguntas binarias, argumentando que es así como se realizan los experimentos al detectar, o no detectar, objetos cuánticos como fotones o electrones. El experimento de la doble rendija con electrones individuales analiza lo que sucede en tres etapas del experimento. En la etapa inicial el estado se define como $\Psi_0 \equiv \hat{1}_0$, que representa la preparación efectiva del electrón (o cualquier objeto cuántico) con una energía bien definida. Una etapa intermedio cuyo estado está compuesto por la posibilidad de que la partícula pase por la rendija 1 o la rendija 2, denotado por $\Psi_1 \equiv \alpha^1\hat{1}_1 + \alpha^2\hat{1}_1$ donde α^1 y α^2 son números complejos que cumplen la relación $|\alpha^1|^2 + |\alpha^2|^2 = 1$ y representan la amplitud de probabilidad de que el electrón pase por las rendijas 1 y 2 respectivamente. Finalmente, en la etapa 3, el estado está compuesto por la localización del electrón en cualquiera de los detectores en la pantalla, $\Psi_2 \equiv \sum_j \beta^j\hat{1}_j$ donde $\sum_j |\beta^j|^2 = 1$ y cada uno de estos coeficientes dan la amplitud de probabilidad de encontrar la partícula en el j-ésimo detector. Como el propósito de este trabajo es la enseñanza de la dualidad onda-partícula a nivel introductorio, no se aborda con detalle el formalismo que propone el autor. Solo es de mencionar que los coeficientes β^j son coeficientes

que se deducen de los coeficientes α^1 y α^2 y, por lo tanto, contienen los términos de interferencia cuando las dos rendijas están abiertas y corresponde al comportamiento ondulatorio. Si, por el contrario, solo una de las rendijas está abierta los términos de interferencia desaparecen y se corresponde al comportamiento corpuscular. Esta formulación, según el autor, resalta que no es necesario pensar en partículas, ondas o cualquier otra imagen derivada de la física clásica. En cambio, se enfoca en la detección de objetos cuánticos en lugares y momentos específicos, rendijas y pantalla en este experimento, dejando de lado la imagen de una partícula u onda propagándose por el espacio, ya que solo es posible detectarlos en los lugares mencionados. Jaroszkiewicz (2017) señala que la dificultad surge al realizar representaciones pictóricas con objetos con propiedades de partículas u ondas clásicas que se propagan por el espacio, y mejor mantener representaciones simbólicas de los estados utilizando la notación de Dirac.

Shore (2020) revisa cómo han cambiado las concepciones científicas sobre los fotones, electrones o cualquier otra entidad cuántica. En particular se aborda la dualidad onda-partícula mencionando que un experimentador puede encontrar propiedades ondulatorias como los patrones de interferencia, o propiedades corpusculares como la trayectoria, por lo que dice el autor que hay una dualidad de atributos a los objetos cuánticos: ondas y partículas, y los objetos cuánticos tienen estos atributos porque exhiben estos dos comportamientos. Se destaca la postura de que estos atributos no se vean como excluyentes, sino que están en un continuo entre ellos, entre un comportamiento completamente ondulatorio y uno completamente corpuscular, como se explica a continuación. Cuando un sistema se modela como la interferencia de ondas monocromáticas provenientes de dos fuentes distinguibles, como en el experimento de la doble rendija, la aparición de franjas de interferencia en la pantalla detectora se interpreta como un fenómeno ondulatorio, el cual puede cuantificarse mediante la *visibilidad de franjas* (fringe visibility) V, que es un número entre 0 y 1 que depende de la diferencia entre el máximo y el mínimo de intensidad medida en los detectores. Se dice que este

patrón se da porque el objeto cuántico pasa por las dos rendijas generando una interferencia en la pantalla de detección, siendo una característica netamente ondulatoria. Pero también se puede realizar una medición complementaria que revela por cuál rendija pasó el objeto cuántico para llegar a la pantalla, que se interpreta como la trayectoria de una partícula localizable. Cuando el objeto pasa por una sola rendija, o se sabe exactamente por cuál rendija pasa este, no hay interferencia en la pantalla de detección; Dicha medición complementaria es la *distinguibilidad* D que toma valores entre 0 y 1 (según la diferencia de intensidades desde cada rendija), por lo que es posible determinar el camino seguido. Dada la dependencia de estas variables con la intensidad, los valores que toman estas mediciones cumplen la condición $D^2 + V^2 = 1$; si $D = 1$, entonces $V = 0$ y se tiene un comportamiento completamente corpuscular. Por el contrario, si $D = 0$, entonces $V = 1$ y se tiene un comportamiento completamente ondulatorio. No hay manera de que se cumplan los dos comportamientos perfectamente; esto es, si $D = V = \frac{1}{\sqrt{2}}$ se verían los dos comportamientos, pero de manera tosca, con franjas no muy bien definidas. A esto se refiere el autor cuando destaca que estos atributos no son excluyentes, sino que están en un continuo entre ellos, dado por los valores de la visibilidad de franjas y la distinguibilidad.

Lo anterior tiene que ver con el denominado *borrador cuántico* y el principio de complementariedad. Este principio establece que un objeto cuántico no exhibe simultáneamente los comportamientos ondulatorios y corpusculares, sino que esto depende del experimento y de lo que quiere medir el observador. En Soares-Pinto & Naves (2021) se examina lo que ocurre cuando, después de que los fotones (o electrones) pasan por una doble rendija, se decide medir por cuál rendija han pasado, atribuyéndoles la propiedad de partícula, o si, en cambio, se opta por observar la interferencia en una pantalla, asignándoles la propiedad ondulatoria. Es decir, el comportamiento ondulatorio o corpuscular se define después de pasar la doble rendija y no antes. Con esta idea en mente, los autores realizan un experimento idealizado de elección retardada, con fotones en un interferómetro de Mach-Zehnder. Con un desarrollo matemático no

muy complejo, encuentran que si en el interferómetro se utilizan un solo divisor de haz (BS1 en la Figura 1) es igualmente probable que el fotón tome los caminos *A* o *B*, y la probabilidad de detección en D_x o D_y es la misma e igual a ½. Se puede asumir el comportamiento de los fotones como de partículas que siguen uno u otro camino, pues los fotones que llegan al detector D_y siguen el camino *A* y los que llegan al detector D_x siguen el camino *B*.

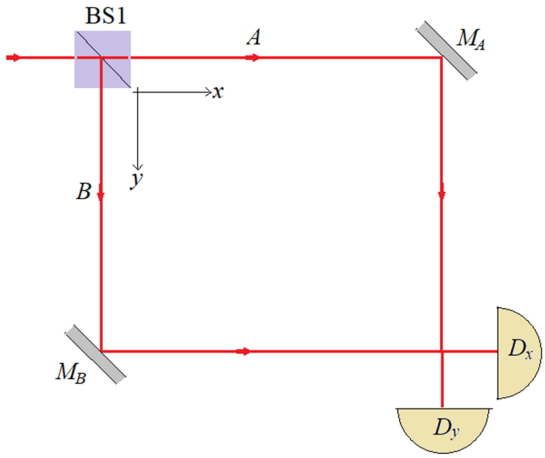


Figura 1. Experimento de Mach-Zehnder con un solo divisor de haz (BS1). Adaptado de Soares-Pinto & Navez (2021).

Si ahora al interferómetro se le agrega un segundo divisor de haz (BS2 en la Figura 2), solamente se detectan fotones en el detector D_x y ninguno en el detector D_y. Esto se debe a una interferencia porque en realidad hay una diferencia de caminos cuando un fotón es reflejado por el divisor de haz. Esto se explica desde el comportamiento ondulatorio y la interferencia aparece porque las ondas que van por el camino *A* y llegan a D_y sólo se reflejan una vez, en el espejo M_A, mientras que las ondas que van por el camino *B* se reflejan tres veces: en BS1, en M_B y en BS2. Las reflexiones generan una diferencia de fase de 180° en las ondas que llegan al detector D_y por lo que hay interferencia destructiva, mientras que al detector D_x llega toda la onda. Es decir, al enviar un fotón, este siempre llegará al detector D_x y nunca llega al detector D_y.

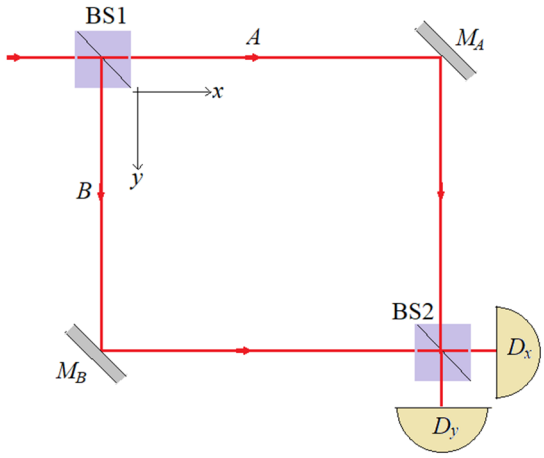


Figura 2. Experimento de Mach-Zehnder con dos divisores de haz (BS1 y BS2). Adaptado de Soares-Pinto & Navez (2021).

En este punto, se puede decir que cuando no se conoce cuál es el camino tomado por el fotón, bien sea por el camino *A* o por el camino *B*, se comporta como si fuese una onda y se pueden registrar patrones de interferencia. El experimento idealizado continúa introduciendo un cambio de fase adicional ϕ en el camino *B*. De esta manera se puede manipular una diferencia de fase distinta a los 180° por lo que esto hace cambiar el comportamiento donde o bien se pueden detectar fotones en los dos detectores, correspondiente al comportamiento corpuscular, o detectar fotones en un solo detector, correspondiente al comportamiento ondulatorio. Es decir, se puede borrar uno u otro comportamiento.

Los autores concluyen que, en el principio de complementariedad de Bohr, es fundamental especificar los instrumentos que permiten al observador determinar el tipo de comportamiento a observar. Esto se debe a que no basta, por ejemplo, con hacer pasar electrones por una doble rendija para esperar un comportamiento ondulatorio, ya que existe la posibilidad de identificar por cuál rendija pasaron los electrones, incluso después de haberlas cruzado, lo que puede alterar la observación del comportamiento.

Los anteriores documentos muestran la dificultad de visualizar los objetos cuánticos, siendo parte esencial para construir razonamientos sobre cómo se comportan estos en un contexto particular. Según

Yanchilina & Yanchilin (2022), la interpretación de Copenhague a resultado exitosa en muchos experimentos en que aparecen fenómenos como el entrelazamiento y la no localidad; sin embargo, una encuesta realizada en la conferencia internacional sobre mecánica cuántica de 2011 mostró que solo el 42% de los participantes apoyan esta interpretación. Según estos autores, "el problema es que la mecánica cuántica en su interpretación de Copenhague no es lo suficientemente clara para los investigadores." (Yanchilina & Yanchilin, 2022, pág. 401) y no cabría esperar que lo fuera para los estudiantes.

Estos autores, asumiendo la interpretación de Copenhague, mencionan que los objetos cuánticos no se pueden asemejar a las partículas clásicas que siguen trayectorias bien definidas, sino que estos objetos se mueven en el espacio tiempo y se pueden ubicar en momentos y lugares específicos con cierta amplitud de probabilidad que se ajusta a la función de onda. Una vez estos objetos son ubicados, por ejemplo, en el impacto sobre una pantalla en un lugar específico, la función de onda es reemplazada por una nueva función, sin exigir continuidad de esta ni en el espacio ni en el tiempo, y es lo que se denomina en la interpretación de Copenhague el *colapso de la función de onda*.

Para explicar el movimiento de los objetos cuánticos, Yanchilina & Yanchilin (2022) proponen considerar que estos objetos se pueden localizar en una región amplia del espacio cuyo volumen lo define la función de onda, y que estos objetos aparecen y desaparecen infinitas veces en todos los puntos donde esta función no es cero, de tal suerte que la frecuencia de aparición de estos en un punto determinado del volumen es proporcional al módulo al cuadrado de su función de onda en dicho punto. Con esto presente, los autores proponen para los objetos cuánticos una trayectoria discontinua en cada instante de tiempo que denominan *trayectoria discreta*, y dicho movimiento es un *movimiento discreto*. La función matemática que describe el movimiento del objeto cuántico no es la trayectoria tradicional de la física clásica, sino es la función de onda, que da la probabilidad de que la partícula esté localizada dentro de una región del espacio, región que tiene un volumen definido. De esta manera, cualquier objeto cuántico,

como un electrón, desaparece de un punto y aparece en otro punto dentro del volumen en el cual la función de onda no es cero, y así, en cada intervalo infinitesimal de tiempo estar en todos los puntos de algún gran volumen al que los autores denominan "volumen propio de la partícula", o volumen propio del objeto cuántico. El volumen propio del objeto cuántico se mueve en el espacio cambiando su tamaño y forma dependiendo de las interacciones presentes. Cuando un objeto cuántico golpea con un obstáculo, su volumen propio se puede dividir en dos o más partes y pueden más tarde encontrarse de nuevo e interactuar entre sí.

El movimiento discreto sigue tres reglas. Primera, que el volumen de la región donde se encuentra inicialmente el objeto no se desplaza más allá de la velocidad de la luz. En otras palabras, que la función de onda no viola la relatividad especial. Segunda, que, una vez localizado el objeto cuántico en un lugar específico de la región, inmediatamente pierde la capacidad de estar en los otros lugares del volumen de la región, que es lo que se denomina colapso de la función de onda. Y tercera, que cuando el objeto se intenta localizar en un lugar de la región y no es registrado allí, inmediatamente pierde la capacidad de estar allí y aumenta la probabilidad de estar en otros lugares de la región.

El marco del movimiento discreto es una representación visual que intenta conciliar una característica corpuscular (objeto que se puede localizar en un lugar específico) con una ondulatoria (objeto que se extiende en el espacio). En el experimento de la doble rendija, un electrón parte desde la fuente con un volumen propio inicial pequeño, que aumenta gradualmente hasta superar la distancia entre las dos rendijas. Al llegar a las rendijas, su volumen se divide en dos, permitiéndole pasar por ambas. Luego, las dos partes continúan su viaje, expandiéndose nuevamente hasta interactuar entre sí y finalmente ser detectadas en la pantalla, donde se observa un patrón de interferencia. Sin embargo, si el electrón es detectado después de pasar por las rendijas, pero antes de llegar a la pantalla, la función de onda colapsa y el patrón de interferencia desaparece.

Dificultades de aprendizaje

Los aportes teóricos reportados en el anterior apartado se corresponden con intentos por entender y visualizar el comportamiento de los objetos o entidades cuánticas, realizados en los últimos años, y están en acuerdo con la interpretación de Copenhague. Las investigaciones sobre las dificultades de aprendizaje se enmarcan en cómo los estudiantes abordan el problema de la dualidad onda-partícula desde esta interpretación y cómo los referentes clásicos suponen un conflicto que genera problemas en los razonamientos acerca del comportamiento de los objetos cuánticos. Sin embargo, Stadermann & Goedhart (2020) recuerdan que, si bien el formalismo matemático de la teoría cuántica describe la evolución y comportamiento del mundo microscópico, no hay consenso en su interpretación. Estos autores recalcan que aprender los conceptos de esta teoría genera conflictos cognitivos, como el relacionado con la dualidad onda-partícula, de un lado los objetos microscópicos se modelan como bolas de billar, como es el caso de los electrones, en el experimento diseñado para determinar la razón carga-masa, o en la explicación del modelo atómico de Bohr; por lo cual los estudiantes tenderían a pensar que efectivamente estos objetos *son* partículas. De otro lado, el experimento de Davisson & Germer (1927) muestra el carácter ondulatorio de los electrones, generando una dificultade en la comprensión de la naturaleza de los electrones que se extiende a todas las entidades cuánticas. Es así como se torna importante explicitar en la enseñanza las interpretaciones de la física cuántica para abrir discusiones sobre la conexión entre esta teoría y la realidad, aunque no existan aún respuestas finales (Stadermann & Goedhart, 2020). En este orden de ideas Jenkins (2013), citado por Stadermann & Goedhart (2020), sostiene que *es un objetivo* la enseñanza de la naturaleza de las ciencias en la educación secundaria porque familiariza a los estudiantes con cómo y por qué funciona la empresa científica.

En este contexto, Stadermann y Goedhart (2020) investigaron la relación entre las ideas de los estudiantes de secundaria sobre la *naturaleza de las ciencias* y su *conocimiento del contenido de la física*

cuántica después de completar su curso regular en el colegio. Para ello, realizaron entrevistas semiestructuradas a 24 estudiantes con distintos niveles de rendimiento en física cuántica (bajo, medio y alto), según los resultados de una prueba conceptual de 20 preguntas aplicada previamente a 240 estudiantes. En relación con la dualidad onda-partícula, la mayoría de los estudiantes entrevistados conciben los electrones como partículas que orbitan el núcleo atómico, pero también reconocen el patrón que se forma en una pantalla al enviar electrones a través de una doble rendija, uno por uno o en conjunto; la mayoría de estos estudiantes evidencia un acercamiento a interpretaciones realistas de la mecánica cuántica, bien sea que el electrón es una onda o una partícula real, y sólo dos estudiantes se acercan a la interpretación de Copenhague, la cual enuncia que la física cuántica es sólo una herramienta que predice resultados experimentales. Además, los estudiantes entrevistados parecen tener opiniones informadas de la naturaleza de las ciencias a pesar de que estos temas no fueron explícitos en sus cursos regulares, lo que sugiere que la física cuántica puede tener un papel adicional en los planes de estudio de física, al mejorar la comprensión de los estudiantes sobre la naturaleza de las ciencias.

En este mismo sentido, Hoehn y otros (2019) realizaron una investigación sobre el uso de las entidades ontológicas (objetos o procesos que se agrupan por sus características fundamentales) que tienen estudiantes universitarios, sobre los objetos cuánticos. Los autores construyeron un marco completo para describir y distinguir las ontologías (partícula, onda, partícula y onda, no onda, entre otros), y estructuras ontológicas de las cuales identificaron tres: unitario (aplicación de una ontología estable), paralelo (alternando entre varias ontologías) y combinado (combina dos o más ontologías creando una nueva). Este estudio se hizo con 28 estudiantes que tomaron un curso de Física Moderna para Ingeniería en el contexto de tres temas de la física cuántica: doble rendija, interferómetro de Mach-Zehnder y tunelamiento cuántico. Los autores encontraron que la mayoría de los estudiantes identifican ontológicamente los fotones como *onda y partícula* y a los electrones como *onda,* aunque un buen número

también los identifica como *algo más*. Es decir, que utilizan varias ontologías, paralelas o combinadas, para describir estas entidades cuánticas, útil para superar dificultades en la comprensión de la dualidad onda-partícula, y para conducir su enseñanza.

Ayene y otros (2019) realizaron un estudio fenomenográfico con 35 estudiantes de física en Etiopía para indagar por las concepciones y significado que ellos tienen sobre la naturaleza de la luz. En el contexto de la dualidad onda-partícula, se les preguntó a los estudiantes por la formación granular de un patrón de interferencia, formado por fotones de la misma energía que se acumulan en una pantalla de detección luego de cruzar una doble rendija. Para este contexto, los autores identificaron tres (3) categorías: Primero, un modelo de descripción clásico ondulatorio e intuitivo, con ausencia de un razonamiento lógico y aferrados a una descripción ondulatoria clásica de la luz. En la segunda categoría emerge una descripción mixta de los modelos ondulatorio clásico y cuántico, pero no hay precisión sobre la naturaleza del fotón; así, la luz es una corriente de fotones que inciden como onda esférica sobre la pantalla de detección. En la tercera categoría, el de un modelo cuántico incipiente, los estudiantes comprenden mejor la dualidad onda-partícula, reconociendo que cuando inciden en la pantalla de detección son partículas, que interfirieron consigo mismas al atravesar la doble rendija, formando las líneas brillantes y oscuras características de un patrón de interferencia en un modelo ondulatorio. Concluyen que es un desafío la enseñanza de la física cuántica porque la mayoría de los estudiantes dan explicaciones ingenuas y clásicas al estudiar fenómenos cuánticos.

Trevisan y Serrano (2018) identificaron en dos estudiantes, que estaban terminando la carrera de Licenciatura en Física en Brasil, la influencia sobre ellos de los textos y/o softwares a los que tuvieron acceso. A partir de un cuestionario aplicado previamente y posterior a una actividad mediada por software computacional y un seminario de interpretaciones de la teoría cuántica, los estudiantes describieron los fotones y electrones como pequeñas partículas esféricas, lo que indica un acercamiento a la interpretación realista clásica, por lo que no

lograron explicar con suficiente claridad el experimento de la doble rendija.

Balabanoff y otros (2020) analizaron a 26 estudiantes de química sobre cómo razonan y explican la dualidad onda-partícula cuando la radiación electromagnética monocromática incide sobre un metal (efecto fotoeléctrico). Categorizaron tres niveles de razonamiento: fragmentado, en desarrollo y avanzado. En el primero, la comprensión es fragmentada, con ideas incorrectas y limitando las explicaciones a la región visible del espectro electromagnético, donde no se combinan los comportamientos corpuscular y ondulatorio. En el nivel en desarrollo, los estudiantes intentaron explicar el fenómeno en términos de transferencia de energía, y les es más familiar la relación entre la frecuencia de la luz y la energía cinética del electrón que es expulsado, pero suponen que en este fenómeno la naturaleza de la luz es simultáneamente ondulatoria y corpuscular. En el tercer nivel, los estudiantes comprenden los detalles detrás del efecto fotoeléctrico que les permite concluir adecuadamente sobre el comportamiento corpuscular de la luz, y que la dualidad onda-partícula se conecta con la frecuencia de la luz y una única unidad, el fotón, como un paquete de ondas.

En un trabajo similar, Didiş Körhasan y Miller (2020) investigaron los modelos mentales de la dualidad onda-partícula de seis estudiantes de un curso de Física Aplicada de la Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas de la Universidad de Harvard. Los modelos de descripción que lograron identificar fueron: el Modelo intermedio, en el que la luz y los electrones son objetos con características intermedias entre onda y partícula; el Modelo Ondulatorio, en el que los electrones y la luz son considerados como ondas; el Modelo Semi-Cuántico, en el que sólo distinguen la dualidad a los electrones o a la luz, pero no a ambos; y el Modelo Cuántico, que representa la explicación científica de la dualidad de los electrones y la luz.

En la misma línea de trabajo, Balabanoff y otros (2023) realizaron una investigación cualitativa de la comprensión de 32 estudiantes de química sobre la naturaleza ondulatoria de la luz, en el contexto del

experimento de la doble rendija apoyada en las simulaciones PhET (https://phet.colorado.edu). Los autores categorizaron la estructura del conocimiento de los estudiantes como fragmentada, en desarrollo y coordinada (Balabanoff y otros, 2023), esta última asociada a la comprensión adecuada del modelo ondulatorio para explicar los patrones de interferencia de la luz monocromática en el experimento de Young. En esta investigación fue notorio cómo muchos estudiantes no tienen un modelo básico, o es muy limitado, de los fenómenos ondulatorios, por lo que en sus argumentos hay ausencia o parcialidad de conceptos que limitan las explicaciones, lo que constituye un elemento a considerar en las propuestas de enseñanza.

Los trabajos anteriores reportan que los estudiantes están aferrados a las nociones clásicas de partícula y onda, lo que genera conflictos en la comprensión y explicación de nuevas entidades como los objetos cuánticos fotón o electrón. También se muestra que, por lo general, la comprensión de los estudiantes se va "moviendo" hacia la concepción cuántica de la interpretación de Copenhague o de la interpretación estadística[2], por lo cual es importante generar estrategias de enseñanza que expliciten las diferentes interpretaciones de la mecánica cuántica y tengan en cuenta los resultados experimentales más actuales, como los del interferómetro de Mach-Zehnder y el de doble rendija con electrones individuales. Por otro lado, las dificultades mencionadas de los problemas asociados con el comportamiento de los objetos cuánticos no pasan por las complicaciones propias del experimento como el uso y justificación de los distintos instrumentos y procedimientos necesarios para llegar a los resultados, algo que también se evidencia en las estrategias de enseñanza.

En síntesis, estas investigaciones se enmarcan en la investigación cualitativa, donde prima la entrevista, aunque se utilizan otros instrumentos como un cuestionario de rendimiento óptimo (Stadermann & Goedhart, 2020), análisis de escritos a partir de tareas

[2] La interpretación estadística establece que la *función de onda* que se asocia a un objeto cuántico no describe un sistema individual, el objeto aislado, sino que es una función matemática abstracta y estadística que se aplica a un conjunto de objetos cuánticos similares, preparados de la misma manera.

y documentos (Hoehn y otros, 2019), o videos de las entrevistas (Trevisan & Serrano, 2018). Los análisis varían: análisis de conocimiento (Balabanoff y otros, 2020; Balabanoff y otros, 2023), análisis de datos cualitativos (Didiş Körhasan & Miller, 2020), codificación individual de los investigadores (Stadermann & Goedhart, 2020), codificación de documentos (Hoehn y otros, 2019), análisis fenomenográfico (Ayene y otros, 2019) y análisis textual del discurso (Trevisan & Serrano, 2018). La Tabla 3 resume los hallazgos y metodologías utilizadas.

Tabla 3. Síntesis de las investigaciones analizadas

Autor(es) y año	Muestra / Contexto	Metodología	Hallazgos principales
Stadermann & Goedhart (2020)	24 estudiantes de secundaria (entrevistados tras prueba a 240)	Entrevistas semiestructuradas, prueba conceptual	Estudiantes conciben electrones como partículas que orbitan el núcleo, aunque reconocen patrones de interferencia. Predominan interpretaciones realistas (onda o partícula real); solo 2 se acercan a Copenhague. Opiniones informadas sobre naturaleza de la ciencia, aun sin enseñanza explícita.
Hoehn et al. (2019)	28 estudiantes universitarios de Física Moderna para Ingeniería	Análisis ontológico: estructuras unitarias, paralelas y combinadas	Identifican fotones como onda y partícula; electrones mayoritariamente como onda. Muchos usan ontologías paralelas o combinadas ("algo más"), lo que ayuda a superar dificultades sobre dualidad onda-partícula.
Ayene et al. (2019)	35 estudiantes de física en Etiopía	Estudio fenomenográfico	Categorías: (1) Modelo clásico ondulatorio ingenuo; (2) modelo mixto clásico-cuántico impreciso; (3) modelo cuántico incipiente (fotones interfieren consigo mismos). La mayoría mantiene explicaciones clásicas.
Trevisan & Serrano (2018)	2 estudiantes de Licenciatura en Física en Brasil	Cuestionario + seminario + software	Describen electrones/fotones como partículas esféricas → interpretación realista clásica. Dificultades para explicar doble rendija.
Balabanoff et al. (2020)	26 estudiantes de química	Categorías de razonamiento: fragmentado, en	Nivel fragmentado: ideas incorrectas, visión limitada. Nivel en desarrollo: intentos de integrar energía y frecuencia, suponen

Autor(es) y año	Muestra / Contexto	Metodología	Hallazgos principales
	(efecto fotoeléctrico)	desarrollo, avanzado	onda y partícula simultáneamente. Nivel avanzado: comprensión corpuscular y de la unidad fotón.
Didiş-Körhasan & Miller (2020)	6 estudiantes de Harvard (Física Aplicada)	Entrevistas cualitativas	Modelos: (1) Intermedio (entre onda y partícula); (2) Ondulatorio; (3) Semi-cuántico (distingue solo a una entidad); (4) Cuántico (explicación científica completa).
Balabanoff et al. (2023)	32 estudiantes de química (doble rendija con PhET)	Análisis cualitativo de estructuras de conocimiento	Niveles: fragmentada, en desarrollo, coordinada. Muchos carecen de un modelo ondulatorio básico → explicaciones parciales o ausentes. Nivel coordinado: comprensión adecuada del modelo ondulatorio.

En la Tabla 4 se muestra un comparativo por niveles de progresión para resaltar la evolución conceptual de los estudiantes, desde las concepciones clásicas hasta las concepciones ajustadas a la interpretación de Copenhague. Se resalta la importancia de reconocer un objeto nuevo, que no es partícula ni onda, pero dependiendo de las circunstancias exhibe ambos comportamientos.

Tabla 4. Resumen de los niveles de comprensión hallados en los documentos analizados.

Nivel de comprensión	Características	Ejemplos en los estudios
Ingenuo / Fragmentado	- Explicaciones clásicas y parciales. -Modelos rígidos: solo onda o solo partícula. -Ideas incorrectas o limitadas (ej. solo espectro visible). -Predominio del modelo corpuscular clásico (bolas de billar, partículas esféricas).	-Ayene et al. (2019): Modelo clásico ondulatorio ingenuo. -Trevisan & Serrano (2018): Fotones/electrones como esferas → realismo clásico. -Balabanoff et al. (2020): Nivel fragmentado, sin integrar onda y partícula. -Balabanoff et al. (2023): Conocimiento fragmentado, sin modelo ondulatorio básico.
Intermedio / En desarrollo	-Se combinan explicaciones clásicas y cuánticas, aunque con imprecisiones. -Se reconoce simultáneamente el carácter ondulatorio y	-Ayene et al. (2019): Modelo mixto clásico–cuántico. -Hoehn et al. (2019): Ontologías paralelas o combinadas ("algo más").

Nivel de comprensión	Características	Ejemplos en los estudios
	corpuscular, pero sin un modelo coherente. -Uso de ontologías paralelas (onda y partícula). -Explicaciones en transición hacia lo cuántico.	-Balabanoff et al. (2020): Nivel en desarrollo: frecuencia-energía ligada a la dualidad. -Didiş-Körhasan & Miller (2020): Modelo intermedio o semi-cuántico.
Avanzado / Coordinado / Cuántico	-Comprensión de la dualidad onda-partícula desde un marco cuántico consistente. -Se reconoce que electrones y fotones pueden exhibir ambos comportamientos según el experimento. -Explicaciones ajustadas a la interpretación de Copenhague o estadística. -Uso de ontologías combinadas como recurso didáctico válido.	-Stadermann & Goedhart (2020): Algunos estudiantes se acercan a Copenhague, aunque son minoría. -Ayene et al. (2019): Modelo cuántico incipiente (fotones interfieren consigo mismos). -Balabanoff et al. (2020): Nivel avanzado: comprensión corpuscular de la luz y unidad fotón. -Balabanoff et al. (2023): Nivel coordinado: modelo ondulatorio consistente para patrones de interferencia. -Didiş-Körhasan & Miller (2020): Modelo cuántico completo.

Estrategias de enseñanza

En esta sección se analizan las diversas estrategias de enseñanza sobre la dualidad onda-partícula identificadas en esta revisión. La mayoría de las estrategias se basan en *simulaciones computacionales*, algunas desarrolladas por los propios autores y otras disponibles en línea de forma gratuita, relacionadas con experimentos como el de Mach-Zehnder, la doble rendija y el efecto fotoeléctrico. Otras estrategias, denominadas aquí *enfoques alternativos*, se centran en el formalismo de Dirac o en un enfoque histórico, apoyándose en los textos originales de De Broglie y Einstein, quienes sentaron las bases del comportamiento ondulatorio de la materia. Finalmente, se presentan dos *propuestas experimentales* para enseñar la difracción de electrones.

Simulaciones computacionales

Dos investigaciones sobre estrategias de enseñanza están soportadas por análisis de las dificultades de los estudiantes para comprender el concepto de dualidad onda partícula. En la primera, bajo un enfoque de investigación mixto, Marshman y Singh (2017) analizaron las respuestas a preguntas abiertas en el marco de un curso de mecánica cuántica y adicionalmente se realizaron entrevistas semiestructuradas a 15 de estos estudiantes en el desarrollo de la estrategia de enseñanza propuesta, que se explica más abajo. El análisis de las respuestas a las preguntas abiertas mostró que los estudiantes tienen dificultades con la comprensión de la naturaleza dual de los fotones, a los que consideran como partículas, por lo que no saben explicar correctamente el comportamiento de un único fotón en el interferómetro de Mach-Zehnder. En la segunda investigación, pero en el contexto de un experimento de doble rendija con fotones individuales, realizado por Sayer y otros (2017) encontraron que los estudiantes no asumen que hay interferencia de una sola partícula, y que no hay efecto de la longitud de onda de la luz sobre el patrón de interferencia. Además, los estudiantes ven al profesor como una autoridad a quien no le cuestionan lo que afirma. En estas dos investigaciones las dificultades de los estudiantes que se identificaron ayudan a desarrollar y perfeccionar la estrategia que proponen.

Las investigaciones anteriores se enmarcan en la utilización del Tutorial de Aprendizaje Interactivo Cuántico (QuILT por sus siglas en inglés) incluyendo los estudios realizados por Maries y otros (2017) y Maries y otros (2020). Estos tutoriales utilizan un *enfoque de aprendizaje guiado basado en la investigación* e incluyen simulaciones interactivas que se integran a las estrategias. En este enfoque se pide a los estudiantes que primero hagan predicciones sobre fenómenos de interferencia (por el comportamiento corpuscular u ondulatorio de objetos cuánticos) y luego utilicen simulaciones para verificar sus predicciones, después de lo cual el tutorial proporciona orientación para ayudarlos a conciliar cualquier diferencia entre sus predicciones y observaciones. Esto brinda a los estudiantes retroalimentación y apoyo mientras se

esfuerzan por reconstruir, ampliar y organizar su estructura de conocimientos relacionada con la mecánica cuántica.

Los estudios previos concluyen que los QuILT son eficaces para ayudar a los estudiantes a mejorar su comprensión de los conceptos cuánticos y a transferir esos conocimientos a diferentes contextos. En particular, se observó que los estudiantes pudieron aplicar lo aprendido sobre el interferómetro de Mach-Zehnder al contexto del experimento de la doble rendija.

Otra simulación con el interferómetro virtual de Mach-Zehnder fue propuesta por Cavalcanti y otros (2020) e implementada a estudiantes que se forman para ser profesores de física en Brasil. En la simulación se envían fotones individuales que, después de pasar por uno de los dos caminos o brazos del interferómetro, se registran en las pantallas de detección en las que emergen patrones de interferencia. La estrategia utiliza la notación de Dirac para definir los estados de traslación del fotón, es decir, los dos únicos estados que definen el camino posible que tome el fotón. Además, se evita utilizar la terminología clásica de trayectorias para no generar dificultades en los razonamientos asociando solo comportamientos corpusculares al fotón.

El fenómeno de la doble rendija sirve como base para una propuesta de enseñanza sobre la dualidad onda-partícula, desarrollada a partir del enfoque de la suma de caminos de Feynman (Malgieri y otros, 2017) en un estudio de caso con 14 estudiantes del bachillerato italiano. Esta secuencia presenta evidencia histórica de experimentos cruciales, como el efecto fotoeléctrico y el efecto Compton, junto con experimentos más recientes, como el de doble rendija con electrones individuales y el interferómetro de Mach-Zehnder, utilizando el formalismo de integral de caminos de Feynman. De esta manera los experimentos más actuales introducen mediciones que antes eran imposibles y que ayudan a los estudiantes a no caer en la suposición de que los objetos cuánticos son partículas clásicas. Posteriormente se introduce el modelo de fotón con el formalismo de los caminos de Feynman que luego se extiende a objetos masivos y procuran explicar

la dualidad onda-partícula a partir de dos aspectos que se presenta en los objetos cuánticos: (i) que se detectan como entidades localizadas con cierta probabilidad según la dirección de donde vengan, dando lugar a la interferencia; y (ii) que si se sabe con certeza la dirección de donde se localiza se pierde la interferencia. Se puede precisar lo anterior mencionando que, bajo la formulación de Feynman, los objetos cuánticos son localizables, propio del comportamiento corpuscular, pero sus trayectorias no están bien definidas por lo que la descripción matemática es la de un comportamiento ondulatorio (Beau, 2012).

La anterior propuesta utiliza simulaciones de GeoGebra para calcular la suma de caminos, apoyándose en la idea de que para los estudiantes de educación media es más fácil este formalismo que el derivado de la formulación de Schrödinger, para abordar el problema de la doble rendija. La facilidad radica en que se utilizan operaciones con vectores, objetos que ya conocen los estudiantes, y se explica mejor la transición entre lo microscópico y lo macroscópico.

Asimismo, Arlego y otros (2021) proponen un enfoque de enseñanza basado en analogías, aprovechando el conocimiento previo de los estudiantes sobre fenómenos ondulatorios clásicos a escala macroscópica, ya que, matemáticamente, estos modelos son equivalentes a los utilizados para describir fenómenos a escala microscópica. La primera etapa de esta secuencia es abordar experimentos macroscópicos de ondas: cubeta de ondas, generador de ondas trasversales estacionarias en una y dos dimensionales. La segunda etapa utiliza una simulación en GeoGebra (https://www.2pennyphysics.it/2020/09/29/interferenza-luminosa/) para mostrar cómo dos ondas transversales que parten de puntos diferentes, se encuentran más adelante en un punto e interfieren constructiva o destructivamente. La tercera etapa introduce experimentos a escala microscópica, pero referidos a videos o imágenes de estos resultados de estos experimentos. En la cuarta y última etapa, los autores analizan en qué medida los experimentos cuánticos de la tercera etapa soportan una descripción ondulatoria, siendo fundamental las analogías entre los fenómenos cuánticos y las

ondas mecánicas. Al final los autores mencionan que, para un óptimo logro de esta propuesta, los estudiantes requieren de conocimientos básicos de trigonometría básica, máximos y mínimos de una función, interferencia de ondas, probabilidad y estadística básica y distribución de probabilidad de un observable.

El enfoque *milq* es una estrategia que ofrece una formulación conceptual de la física cuántica con un mínimo de fórmulas (Müller & Mishina, 2021), que también incluye simulaciones de experimentos claves. Los autores no consideran que el aspecto matemático sea en sí un problema y argumentan que matemáticamente son más complejas las ecuaciones de Maxwell que la ecuación de Schrödinger, y aun así se enseña electricidad y magnetismo en la educación secundaria. Lo que sucede es que hay una claridad sobre los conceptos esenciales en electricidad, de la que aparentemente carece la física cuántica. Entonces, el objetivo del enfoque *milq* es proporcionar dicha claridad en los conceptos esenciales que enfaticen la ruptura con la física clásica. Los autores ofrecen cuatro reglas cualitativas que contienen los rasgos básicos de la física cuántica que denominan *herramientas de razonamiento*. Estas herramientas o reglas son: el comportamiento estadístico, la interferencia de objetos cuánticos individuales, los resultados de medición únicos y la complementariedad.

Müller y Mishina (2021) expresan que las anteriores herramientas de razonamiento son correctas aún si se profundiza en el campo de la física cuántica, algo que no sucede, por ejemplo, con la enseñanza de los modelos atómicos en la educación media, que cada vez los modelos deben ser reemplazados por otros más precisos. Además, estas herramientas contienen los aspectos cualitativos clave de la física cuántica. Este enfoque utiliza varias simulaciones libres (https://www.milq.info/en/materialien/simulationsprogramme/) y en este trabajo mencionan particularmente el experimento de la doble rendija con objetos cuánticos individuales y el experimento de Mach-Zehnder, que le brindan al estudiante la oportunidad de aplicar las cuatro reglas de razonamiento.

Se han utilizado indistintamente métodos cualitativos y cuantitativos para evaluar el curso bajo el enfoque *milq*, que se ha aplicado a estudiantes de secundaria de Alemania, utilizando la enseñanza individual, entrevistas semiestructuradas, cuestionarios sobre concepciones de los estudiantes y exámenes orales y escritos. Los resultados en los cuestionarios indican que los estudiantes han desarrollado con éxito los conceptos clave de la mecánica cuántica al compararse con estudiantes universitarios que tenían un rendimiento mayor al promedio en física pero que no habían tomado cursos de física cuántica.

Un aspecto interesante que hacen notar de Carvalho y otros (2023) es que, al iniciar el estudio de la física cuántica, es fácil utilizar los conceptos de la física clásica, en este caso los de onda y partícula, que bajo la lógica aristotélica (que si una proposición o su negación es verdadera, la conjunción de la proposición y su negación no puede ser verdaderas) son objetos excluyentes que generan dificultades en la comprensión y en el razonamiento del comportamiento de los objetos cuánticos. Los autores explicitan la importancia de construir un nuevo lenguaje apropiado para los objetos cuánticos, que elimine el determinismo y se explicite el carácter probabilístico de la mecánica cuántica. De esta manera plantean una secuencia de enseñanza basada en la investigación utilizando aspectos conceptuales, históricos y epistemológicos, que se complementan con videos y simulaciones. Primero fomentando una discusión que concientiza a los estudiantes del problema de la dualidad onda-partícula, desde la concepción de la radiación electromagnética como onda, incluyendo videos de experimentos de difracción, hasta la simulación del Interferómetro Virtual de Mach-Zehnder (http://www.lief.if.ufrgs.br/~cjhc/vmzi.html). También se hace uso de una simulación del efecto fotoeléctrico y del efecto Compton para profundizar en el aspecto corpuscular de la radiación electromagnética. Luego de establecer el conflicto cognitivo sobre la naturaleza del fotón, los estudiantes son animados por el profesor a interpretar los resultados de la simulación desde la complementariedad de Bohr. Se integra a la secuencia de enseñanza unos videos de interferencia de electrones para mostrar su naturaleza

ondulatoria y apoyar la construcción del concepto de objeto cuántico. Un ensayo piloto en época de pandemia con estudiantes de física de pregrado y posgrado en Brasil es alentador, pero se requieren aplicaciones en presencialidad para verificar la fiabilidad de esta secuencia.

La explicación de Einstein del efecto fotoeléctrico por primera vez concibió la dualidad onda-partícula en la radiación electromagnética. Muchas estrategias didácticas usan el experimento o, particularmente en este caso la simulación, del efecto fotoeléctrico. Önder y Önder (2018) propusieron una estrategia de enseñanza del efecto fotoeléctrico a futuros profesores de física, aplicando actividades basadas en la indagación y soportadas por la simulación PhET del efecto fotoeléctrico (https://phet.colorado.edu/tr/simulation/photoelectric). Encontraron una significativa mejora de la argumentación y el acercamiento a las explicaciones científicamente aceptadas, particularmente el carácter corpuscular de la luz para entender la energía que alcanzan los fotoelectrones y la intensidad de la corriente que mide el amperímetro, comprendiendo el papel que cumplen los distintos elementos del experimento que utiliza la simulación.

En un trabajo de simulaciones realizado en JAVA, Ortega-Breto y otros (2019), desarrollaron una simulación del experimento del efecto fotoeléctrico que permite una toma de datos y el cálculo de la constante de Planck, que se aplicó en un curso de laboratorio de Física Moderna a estudiantes de ingeniería industrial. Los autores señalan que casi el 90% de los estudiantes aprobaron los resultados que se entregaron en Excel y manifestaron su complacencia en este tipo de experiencias.

Otra simulación del efecto fotoeléctrico es la mostrada por Vilarta Rodriguez y otros (2020), quienes utilizan la plataforma para Go-Lab (www.golabz.eu) bajo entornos de aprendizaje basados en la investigación. La secuencia se diseña para que los estudiantes utilicen la simulación con luz monocromática incidiendo sobre la placa con diferentes intensidades y diferentes frecuencias, que los lleve a unas

primeras conclusiones o, por lo menos, a identificar la problemática a la luz de la teoría ondulatoria de la luz, y luego sí se presenta la explicación de Einstein. Los estudiantes a los que se les aplicó esta estrategia comprendieron mejor algunos aspectos del efecto fotoeléctrico como la dependencia de la energía de los electrones con la frecuencia de la radiación y no su intensidad, sin embargo, les faltó expresar con mayor claridad la efectividad del modelo corpuscular de la luz en la explicación de este experimento.

Escudero y Zalazar-García (2021) también construyeron en GeoGebra una simulación en la temática del efecto fotoeléctrico como herramienta metacognitiva para favorecer la construcción de explicaciones en el marco de la física moderna. Realizaron un estudio de caso con 16 estudiantes de la asignatura Física III de la carrera de Bioingeniería de la Universidad Nacional de San Juan, Argentina. Además del diseño de la simulación, esta investigación esboza una propuesta integrada que plantea a los estudiantes situaciones problemáticas que implican conceptualización y modelización para explicar el experimento del efecto fotoeléctrico. Las respuestas a las situaciones se recogieron a través de escritos que se analizan desde el enfoque interpretativo y las relaciones que los estudiantes proponen en la explicación de este experimento. Los autores mencionan que los estudiantes fueron mejorando sus explicaciones al comparar respuestas previas a la simulación y después de la simulación, lo que muestra ser una propuesta prometedora para la enseñanza, no solo del efecto fotoeléctrico, sino en general de la física moderna.

Cai y otros (2021) desarrollaron una simulación del experimento del efecto fotoeléctrico en realidad aumentada (Augmented Reality Optical Simulation Experiments-AROSE) para promover en los estudiantes el desarrollo de la confianza en sí mismos y sus concepciones sobre el aprendizaje que van logrando. Se comparó la aplicación de la simulación AROSE con una demostración en Flash del mismo experimento, en dos grupos estadísticamente semejantes. Los autores utilizaron una prueba de auto-eficacia de escala Likert sobre comprensión conceptual, habilidades cognitivas de orden superior, trabajo práctico, aplicación cotidiana, comunicación social y

autoeficacia académica. Los resultados indicaron que la integración de la tecnología de realidad aumentada-AR en el entorno de aprendizaje de física puede mejorar la autoeficacia en el aprendizaje de la física por parte de los estudiantes. Se concluye que la tecnología AR puede convertir contenidos y conceptos de aprendizaje abstractos, que no se pueden observar directamente en el aula, en contenidos dinámicos, vivos y perceptibles que se pueden visualizar en el aula.

Un trabajo similar fue conducido por Tarng y Pei (2023), para indagar el impacto de la realidad virtual en una estrategia de enseñanza que proporciona un andamiaje para el aprendizaje de la mecánica cuántica para estudiantes de secundaria, al hacer que los fenómenos y conceptos complejos y abstractos sean observables. Se diseñaron cinco (5) módulos de experimentos virtuales: el experimento del tubo de rayos catódicos, el experimento de la gota de aceite, el experimento del efecto fotoeléctrico, el experimento de la lámina de oro de Rutherford y el experimento de difracción de electrones. Con un enfoque cuasiexperimental de pretest-postest, los autores utilizaron cuestionarios con los estudiantes para medir: la efectividad del aprendizaje (test de 18 preguntas de opción múltiple) motivación de aprendizaje (5 preguntas de escala Likert), la carga cognitiva (8 preguntas de escala Likert) y la satisfacción del sistema (14 preguntas de escala Likert) de los estudiantes. Además, se recogieron las opiniones de los docentes para mejorar los módulos construidos. En esta investigación se concluye que los módulos con realidad virtual contribuyen al aprendizaje de la mecánica cuántica, conllevan menor carga cognitiva que las clases tradicionales y generan mayor motivación a los estudiantes.

Además de las simulaciones computacionales, las estrategias de enseñanza se pueden complementar con videos y/o animaciones. Un estudio llevado a cabo por Nyirahabimana y otros (2023) utilizó una combinación de animaciones, simulaciones y videos para mostrar la potencialidad de estas herramientas en comparación con las clases tradicionales. En esta estrategia, se abordaron los relacionados a la dualidad onda-partícula: interferencia y difracción por doble rendija, efecto fotoeléctrico, efecto Compton, hipótesis de De Broglie y

principio de incertidumbre. Además, se abordaron otros temas de los cursos introductorios de la mecánica cuántica: radiación de cuerpo negro, modelo del átomo y ecuación de Schrödinger. Muy importante fue, además de las herramientas multimedia, la metodología de enseñanza que denominan *Involucrar-Predecir-Observar-Explicar* (EPOE por sus siglas en inglés). Los estudiantes son *involucrados* en la temática a partir de una animación y son conducidos por preguntas a realizar una *predicción*, luego manipular una simulación o ven un video para *observar* y registrar lo que sucede y finalizan *explicando* en línea con la predicción inicial. Esta estrategia fue aplicada a un grupo experimental de 187 estudiantes y contrastada con un grupo de control de 187 estudiantes también, que fueron evaluados antes y después de la intervención con una prueba de 32 ítems de la Encuesta Conceptual de Física Cuántica (QPCS por sus siglas en inglés). Los resultados reportados por los investigadores muestran que los estudiantes del grupo experimental superaron a los del grupo de control y que la retroalimentación y la motivación juegan un papel importante para generar ambientes de aprendizaje atractivos para los estudiantes.

Estrategias de enseñanza alternativas

Las siguientes estrategias no están mediadas por simulaciones, pero apuntan a enfoques alternativos que buscan lograr mayor comprensión de los estudiantes, teniendo en cuenta que la matemática que está a la base es algo difícil para ellos. En estas estrategias se destacan aquellas que usan enfoques históricos, analizando algunos documentos escritos por los físicos que iniciaron la "propuesta" de la dualidad onda-partícula, y/o enfoques desde la matemática, particularmente con la notación de Dirac, para hacerla asequible a un grupo más amplio de la población.

La estrategia de Pospiech y otros (2021) es una propuesta centrada en las representaciones, particularmente en la notación de Dirac y el estudio de sistemas cuánticos de dos estados, buscando hacer comprensible el formalismo matemático y, además, contribuir a la comprensión de los conceptos centrales de la física cuántica, ya que estos se vinculan entre sí por las representaciones y permiten hacer

predicciones. Los autores exponen dos enfoques de enseñanza en que predomina la matemática para abordar la interpretación física. El primer enfoque introduce la notación de Dirac como representación para abordar la dualidad onda-partícula y las nociones de *estado*, *superposición* y *función de onda*. El segundo enfoque trabaja sobre la medición desde la notación de Dirac para mostrar las distintas maneras de representar un estado cuántico puro. A partir de preguntas abiertas sobre un sistema cuántico de dos estados, los autores indagaron cómo los estudiantes trabajan y razonan con la notación de Dirac para referirse al sistema cuántico. Concluyen que la mayoría de los estudiantes lograron anclar distintos conceptos vinculados con experimentos, resolvieron problemas cuantitativos de problemas como el experimento de Mach-Zehnder que tradicionalmente a nivel de secundaria solo se aborda de forma cualitativa.

Otra estrategia se presenta en Didiş Körhasan (2021) a través de la *instrucción entre pares* (PI por sus siglas en inglés), que es una metodología de enseñanza basada en la teoría social constructivista del aprendizaje y se basa en la discusión entre pares para abordar conceptos y explicaciones entre grupos de estudiantes. El autor utilizó la PI para conducir la última parte de un curso de física aplicada (mecánica cuántica) de pregrado de ingeniería y premédica, en la Universidad de Harvard, sobre la construcción de los modelos mentales de los estudiantes sobre la dualidad onda-partícula. La información se recolectó en: anotaciones de los estudiantes de las tareas de lectura previas, respuestas de los estudiantes a pruebas conceptuales, entrevistas con un subconjunto de seis estudiantes, un cuestionario y una lista de verificación que examinó lo que sucedía durante la discusión entre pares. Didiş Körhasan (2021) encontró que la preparación previa a las clases y las discusiones entre pares contribuyen a la construcción de los modelos mentales. También se señala que el conflicto en la comprensión de la dualidad onda-partícula, fue importante para aquellos estudiantes que tenían un modelo no científico, lo que sugiere que hubo una ruptura con la física clásica y que la teoría cuántica les permitió un cambio de paradigma. En general, las discusiones entre compañeros permitieron expresar mejor las ideas

que se tienen sobre la dualidad y sin la necesidad de memorizar el tema, tanto de quienes tienen mayores conocimientos como de los que no, generando diálogos entre los estudiantes más fluidos e identificando en ellos mayor satisfacción por el conocimiento cuando todos se sienten beneficiados de las discusiones. Lo anterior puede ser interpretado como una influencia positiva de las discusiones entre pares, por lo que el autor sugiere promover (1) la preparación previa a la clase de los estudiantes como un elemento de instrucción y (2) la discusión de conceptos adicionales e ideas conflictivas en grupos de pares durante la PI.

Con enfoque de corte histórico, está la secuencia de enseñanza ReleQuant (Henriksen y otros, 2018) que es una estrategia con recursos de aprendizaje en línea de física cuántica y relatividad general para la educación secundaria, diseñados con una metodología de investigación basada en el diseño que enfatiza la comprensión cualitativa y los aspectos históricos y filosóficos de la física moderna. Se resalta la discusión de la interpretación de Copenhague y las interpretaciones realistas de la mecánica cuántica. Los autores analizaron dos preguntas, una individual al inicio de la secuencia y otra grupal sobre el final de esta, acerca de qué es la luz y si esta es onda o partícula. La investigación concluye en la importancia de incluir los aspectos histórico-filosóficos en la enseñanza preuniversitaria que le ayude a los estudiantes a superar las concepciones clásicas frente a la naturaleza de las ciencias en general y la comprensión del comportamiento dual la luz en particular.

Otra estrategia con enfoque histórico para un curso introductorio de física cuántica es la de Lima y otros (2020), quienes proponen una secuencia de enseñanza que los autores denominan *presentación en cadena de referencias*. Esta secuencia propone una onda plana como objeto matemático asociada a una partícula que podría permitir, a partir de las relaciones entre la energía y la frecuencia, la energía y la cantidad de movimiento, y entre la cantidad de movimiento y la longitud de onda, llegar a la ecuación de Schrödinger o incluso a la ecuación de Klein-Gordon. Esta investigación también recalca cómo algunos textos tradicionales de enseñanza de la mecánica cuántica

omiten las derivaciones de De Broglie que lo llevaron a plantear la dualidad onda-partícula y que permiten a los estudiantes entender lo que significa una ecuación y los logros de los resultados alcanzados.

Más específicamente en relación con la dualidad onda partícula está la estrategia de Lima y otros (2021), dirigida a estudiantes de último año de secundaria o de pregrado, que brinda contacto con obras originales sin perder de vista los propósitos didácticos. Se propone en el material didáctico un documento de siete secciones. En la primera sección se realiza una descripción del contexto científico de principios del siglo XX. De la segunda a la sexta sección se aborda el problema de la dualidad onda-partícula desde los trabajos de Einstein, de Broglie, Schrödinger, Born y Bohr, respectivamente. En la séptima sección se presentan los trabajos posteriores a la propuesta de Niels Bohr de la dualidad onda-partícula. Al final de cada sección se presentan preguntas abiertas con el propósito de fomentar el diálogo entre compañeros y también con el profesor, que además invitan al estudiante a expresarse de manera reflexiva y conectándose con otros textos.

La estrategia de Mart (2021) utiliza un orden cronológico de las ideas que dieron inicio al comportamiento corpuscular de la radiación electromagnética y al comportamiento ondulatorio de la materia, para construir una deducción de la ecuación de Schrödinger. Si bien las implicaciones en la enseñanza de la dualidad onda-partícula no son tratadas a profundidad, se plantean elementos de la deducción que podrían ser profundizados en la implementación, como lo es la discusión sobre las diferencias entre la función de onda clásica con la función de onda cuántica.

La estrategia de Di Mauro y otros (2021), con referencia a la dualidad onda-partícula, muestra un análisis de dos artículos de Einstein: *On a Heuristic Point of View Concerning the Production and Transformation of Light* de 1905 y *On the Present Status of the Radiation Problem* de 1909. En el primer artículo, Einstein calcula la entropía termodinámica de la radiación electromagnética según la distribución de Wien, y la compara con la entropía de Boltzmann para un gas ideal, encontrando que el

término N (número de partículas del gas ideal) se corresponde con el término $\frac{E}{h\nu}$ de la variación de la entropía de la radiación electromagnética. La interpretación dada por Einstein es que la radiación se comporta estadísticamente como si estuviera compuesta de N "cuantos" independientes, cada uno con energía $\epsilon = h\nu$, de tal modo que la energía total es la suma de las energías de los cuantos individuales.

En el segundo artículo, Einstein muestra que la distribución de Planck se reduce a la ley de Rayleigh-Jeans en el límite de bajas energías, indicando que se puede utilizar una descripción puramente ondulatoria de la radiación (Di Mauro y otros, 2021). Por el contrario, se reduce a la ley de Wien en el límite de altas energías, lo que lleva a considerar la radiación como un gas ideal de cuantos de luz, una descripción puramente corpuscular. Para valores intermedios de la energía, ambos aspectos, ondulatorio y corpuscular, son relevantes en la distribución de Planck. Los autores muestran cómo Einstein calculó las fluctuaciones cuadráticas de la energía electromagnética en equilibrio termodinámico a partir de la distribución de Gibbs. El cálculo obtenido por Einstein muestra dos términos: el primero, el término corpuscular de los cuantos de Planck; el segundo, dominante a bajas frecuencias, que corresponde a los efectos de interferencia entre ondas. Los autores resaltan que Einstein sugirió que la estructura ondulatoria y la estructura cuántica no deben considerarse mutuamente incompatibles.

Los dos artículos de Einstein descritos anteriormente, hacen parte de una estrategia de enseñanza más amplia de Di Mauro y otros (2022). Esta estrategia describe una secuencia de enseñanza-aprendizaje dirigida a profesores de secundaria sobre algunos conceptos relevantes de la física cuántica y estadística, inspirada en la historia de la física. Al final de un curso a profesores en el que se implementó la secuencia, la mayoría de ellos declararon haberse familiarizado más con las características cuánticas relevantes, porque introduce los conceptos principales de la mecánica cuántica haciendo referencia constante a sistemas físicos concretos, en este caso, la radiación del

cuerpo negro y la distribución estadística de Boltzmann para gases ideales. Por otro lado, el material tratado en el curso resulta novedoso porque se ofrece una imagen estadística de la dualidad onda-partícula que resulta en un complemento esclarecedor adicional a la perspectiva de los cuantos de luz que se aborda en los cursos universitarios habituales. Los autores también aseguran que un enfoque histórico cuidadosamente diseñado ayuda a los estudiantes a construir una imagen mental de los fenómenos cuánticos.

Propuestas experimentales

Las siguientes estrategias buscan la enseñanza de la dualidad onda-partícula usando explícitamente elementos experimentales.

Van den Berg y otros (2020) utilizaron un experimento de interferencia de un solo fotón por doble rendija, para proponer una secuencia de enseñanza que se aplicó a estudiantes de secundaria. Los autores utilizaron un filtro de atenuación para luego deducir por cálculo que, con la potencia del láser utilizado durante el experimento, solo hay uno o máximo dos fotones entre la doble rendija y el detector. La propuesta es acompañada de una simulación PhET de interferencia de ondas cuánticas (https://phet.colorado.edu/es/simulations/quantum-wave-interference). Los autores encuentran que los estudiantes reconocen cualitativamente la dualidad onda-partícula, siempre y cuando ellos comprendan las diferencias en las características de las ondas y las partículas desde la física clásica. Esta investigación recomienda que los profesores debiesen señalar las aplicaciones concretas de la física cuántica que están presentes en los dispositivos tecnológicos y también permitir que los estudiantes expresen sus propias interpretaciones para generar discusiones a profundidad.

Peres y otros (2021) proponen un análisis del experimento tradicional de difracción de electrones usando Tracker. Cuando un haz de electrones incide sobre una red cristalina de grafito, este se difracta formando un patrón de círculos concéntricos o anillos propio de un fenómeno ondulatorio, en este caso de interferencia. Cuando la energía cinética de los electrones aumenta el radio de los anillos cambia y se capta con una cámara cuidadosamente ubicada para que

se pueda medir con buena precisión el radio R de los anillos mientras se visualiza la diferencia de potencial U de aceleración de los electrones. Al final se propone realizar una gráfica entre R y la raíz cuadrada de U, semejante a como lo publicó Davisson en el documento de Premio Nobel de 1937 (Davisson C. , 1937). La utilidad del video es que este pueda llevarse a distintas aulas que no cuenten con el equipo experimental, donde cada estudiante, de manera independiente, puede tomar sus propias medidas y analizar los resultados y acercarse a la comprensión de la dualidad onda-partícula.

Experimentos

En la revisión que se hizo se encontraron cuatro (4) diseños de experimentos que, según los autores, estarían al nivel de estudiantes universitarios, pero podría contemplarse la posibilidad de presentarlo a estudiantes de niveles inferiores. En estos artículos se recalca la importancia de propiciar que los estudiantes utilicen instrumentos modernos, que implica conocer su funcionamiento y limitaciones, la medición y replicación de las medidas y su contrastación con las teorías.

Un experimento que se expone para trabajar con estudiantes universitarios es el de Brom (2017), que propone para medir la longitud de onda de una partícula. El autor utiliza un láser de He/Ne de longitud de onda de 0.63 μm que pasa por una rendija de 86 μm de espesor, detectando en una pantalla franjas debido a la interferencia. Para el autor, lo interesante no es tanto reproducir el valor experimental, sino que los estudiantes evalúen la precisión y exactitud de la longitud de onda que miden y se involucren en la reproductibilidad del experimento como criterio de veracidad de los argumentos que se puedan desprender de los resultados. Es de resaltar en esta estrategia experimental el énfasis en la preparación inicial del estado cuántico del fotón, que emerge de la rendija, y el explicitar la manera de medir el estado cuántico final, cuando se detecta en la pantalla. A pesar de que se utiliza un haz de luz láser que se asume como una onda, coincidiendo con la idea clásica de que la radiación electromagnética es una onda, el

autor señala que en el tratamiento matemático previo al experimento se asume el carácter corpuscular de la luz, cuyo resultado se contrasta con el resultado experimental. Así que la utilidad de este experimento no va directamente unida a la comprensión de la dualidad onda-partícula, sino a evidenciar, a partir de mediciones concretas, el aspecto ondulatorio de la luz, familiarizando a los estudiantes con los instrumentos necesarios.

Zhang y otros (2019) proponen un innovador montaje experimental para evidenciar la dualidad onda-partícula de la luz. Los autores aducen la imposibilidad que tienen los profesores en clase para mostrar la dualidad simultáneamente, que genera una baja eficacia en el aprendizaje de los estudiantes. En este experimento se utilizan dos haces de luz láser: uno de 980 nm para suspender una partícula de poliestireno en agua. Este haz se describe desde su propiedad corpuscular, ya que el modelo empleado considera un grupo de fotones con una cantidad de movimiento bien definida, que incide sobre la partícula para mantenerla en suspensión. El otro haz, de 1550 nm, también incide sobre la partícula y al reflejarse interfiere con ella misma para detectar el movimiento de esta partícula, mostrando el carácter ondulatorio de la luz. Los autores proponen este experimento a nivel universitario y destacan en esta propuesta que los estudiantes aprenden a utilizar instrumentos ópticos modernos. La prueba piloto con estudiantes universitarios muestra resultados prometedores, pero aún falta identificar cómo los estudiantes conciben la dualidad onda-partícula de la luz.

Un experimento de interferencia propuesto por Castrillon y otros (2019), también para estudiantes de nivel universitario, muestra el comportamiento ondulatorio o corpuscular de un fotón en el interferómetro de Mach-Zehnder, cambiando físicamente la longitud de uno de los brazos del interferómetro. La identificación de franjas de interferencia (comportamiento ondulatorio) surge si no se puede distinguir entre los tiempos de llegada al detector de los fotones cuando toman uno u otro camino. La interferencia desaparece (comportamiento corpuscular) si se puede distinguir el tiempo que tardan los fotones al tomar uno u otro camino; esto es, cuando se

identifica el camino tomado por los fotones debido al retraso de los tiempos. Los autores aportan así un experimento para ser llevado al aula gracias a los avances tecnológicos que permite la adquisición de instrumentos no muy costosos y que los estudiantes universitarios de nivel superior pueden configurar.

Finalmente, Brand y otros (2021) diseñaron un experimento de interferencia con moléculas de ftalocianina ($C_{32}H_{18}N_8$). El experimento utiliza esta molécula, de 1.5 nm de diámetro y masa 514.54 u (aproximadamente 8.5×10^{-25} kg) que son lanzadas a 250 m/s sobre una, doble y triple rendijas de 80 nm de ancho. Los resultados son los esperados de la teoría ondulatoria de campo lejano (difracción de Fraunhofer) y los autores argumentan razones pedagógicas para que pueda ser llevado a estudiantes de educación media y pregrado ya que tiene estrecha relación con los textos de óptica clásica y visualiza la dualidad onda-partícula en objetos más grandes, como las moléculas, que son detectadas una a una formándose el patrón de interferencia después de lanzar una gran cantidad de ellas.

Dualidad onda-partícula en diferentes currículos

En el período definido para hacer esta revisión, 2017 a 2023, se encuentra que uno de los tópicos considerados fundamentales en la enseñanza de la física cuántica es la dualidad onda-partícula. Así mismo, los tres documentos consultados resaltan las implicaciones sobre las concepciones de los estudiantes sobre la naturaleza de las ciencias y el apoyo de las simulaciones en las estrategias de enseñanza.

Staderman y otros (2019) mostraron la importancia de la enseñanza de la Física Cuántica en la educación secundaria en 15 países, 14 de Europa y Canadá, y destacan que existe un núcleo común de tópicos que se enseñan: niveles discretos de energía, interacción radiación-materia, dualidad onda-partícula, ondas de materia, aplicaciones técnicas, principio de incertidumbre y predicciones estadísticas. Incluso, los autores encontraron que la dualidad onda-partícula y naturaleza probabilística de la mecánica cuántica se enseña obligatoriamente en

los grupos de 14 a 16 años en algunas instituciones alemanas. Sin embargo, se hace necesario explicitar en los currículos analizados la conexión entre la naturaleza de las ciencias con la física cuántica. También muestran que el enfoque de enseñanza más común es el cuasi histórico con elementos de los cursos tradicionales de mecánica cuántica universitarios. Esto no difiere significativamente de cómo se enseña en la educación secundaria, lo cual es no es lo deseado dado que se trata de una población más joven y diversa.

En Malasia, bajo un análisis de contenido a documentos oficiales sobre estándares de educación y textos utilizados, Dayou y Markus (2024), realizaron un estudio sobre la enseñanza de la física cuántica en la educación secundaria que se incluyó en los planes de estudio desde 2021 y se comparó con el de Staderman y otros (2019). Los tópicos abordados se ubican al final del curso y son: teoría cuántica de la luz, efecto fotoeléctrico y teoría fotoeléctrica de Einstein. Los textos suministran una breve nota sobre el concepto de dualidad onda-partícula con la introducción de las fórmulas que involucran la energía de los fotones y la frecuencia de la radiación electromagnética y muestran que la explicación del efecto fotoeléctrico no es apropiada desde la concepción ondulatoria. Sin embargo, no se aborda explícitamente ni la complementariedad de Bohr ni la naturaleza probabilística de la física cuántica. Dayou y Markus (2024) concluyen que es necesario ampliar los contenidos y la temática para que sean más similares a los países europeos, o de lo contrario, sólo crearía dificultades adicionales para los estudiantes con un beneficio mínimo para el impacto proyectado.

A nivel universitario, en la Universidad de Venda se enseña física moderna a estudiantes de química y física (Kirui & Jhamba, 2021). Los autores han identificado la importancia de las metodologías de enseñanza y la interacción entre el profesor o profesora y los estudiantes para alcanzar un óptimo aprendizaje, por lo que plantean que se requiere mayor investigación en el campo de la didáctica de la física. Por ejemplo, en este artículo se resaltan los conflictos en la comprensión por parte de los estudiantes de la dualidad onda-partícula, ya que no siempre está al alcance de las instituciones realizar

los distintos experimentos, por lo que es necesario implementar nuevas metodologías para identificar y superar las preconcepciones o conocimientos previos y modos de razonar de los estudiantes. También los autores enfatizan en la realización de una evaluación más conceptual y menos numérica a los estudiantes.

Formación docente

Dos trabajos destacan la importancia de una comprensión conceptual de la física cuántica en la formación de profesores, abordando temas como la dualidad onda-partícula. Ambos estudios coinciden en la utilidad de estrategias como las discusiones grupales, las cuales facilitan el fortalecimiento de las ideas y concepciones iniciales de los docentes.

En Baybars y Kucukozer (2018) muestran que la metodología 7E (siete etapas: obtener información, involucrar, explorar, explicar, elaborar, evaluar y ampliar) implementada a futuros profesores de física resulta eficaz en la comprensión conceptual del tema de ondas de materia de De Broglie. Para ello, preguntaron a 48 profesores en formación cómo explicaban que los electrones y protones tuvieran comportamiento ondulatorio y corpuscular, antes y después de una secuencia de enseñanza. Los autores destacan en su análisis la primera y última etapa de la metodología 7E. La primera, obtención de la información, porque da cuenta del conocimiento previo de los sujetos del tema abordado y sirve como punto de partida de las actividades realizadas. En la última etapa, de ampliación, los estudiantes aprenden la aplicación de los nuevos conceptos y temas en otros campos disciplinares. En el artículo se enfatiza que esta metodología proporciona una transición entre el conocimiento previo y el conocimiento científico. Los autores encontraron seis (6) categorías distintas en que se codificaron las respuestas de los estudiantes, futuros profesores, codificadas ente los conocimientos científicos establecidos y las ideas alternativas. Antes de la secuencia, 35 estudiantes manifestaban ideas alternativas en mayor o menor grado sobre las ondas de materia, que se redujo a 9 después de la

implementación de la secuencia. En este trabajo se concluye que los futuros profesores conciben los electrones y protones como partículas en términos clásicos, y no como nuevas entidades cuánticas, por lo que es importante profundizar con ellos sobre las ondas de materia de De Broglié y la dualidad onda-partícula.

Un trabajo similar fue realizado por Pereira y Solbes (2022), en el que se enseñó una unidad de física cuántica a un grupo de 36 estudiantes del programa Máster Universitario en Formación del Profesorado de Educación Secundaria de la Universidad de Valencia, en el marco del curso Aprendizaje y Enseñanza de la Física y la Química. En el grupo de estudiantes, seis (6) tenían formación doctoral y 30 de pregrado en: Física (3 estudiantes), Química (18 estudiantes), Biotecnología (5 estudiantes), ingeniería química (3 estudiantes) e ingeniería geológica (1 estudiante). La unidad de física cuántica del curso planificada para este grupo de estudiantes consistió en una secuencia de enseñanza de tres lecciones de 2,5 h cada una. Los estudiantes fueron organizados en seis grupos y la dinámica de clases consistió en una alternancia entre exposiciones orales y discusiones dentro de los grupos a partir de preguntas conceptuales alrededor de la dualidad onda-partícula, la función de onda, la superposición de estados, el colapso de la función de onda y el cálculo de probabilidades. Los debates grupales sobre la dualidad onda-partícula en la secuencia de enseñanza asume que los fotones y los electrones no son partículas ni ondas, sino nuevos objetos que presentan un comportamiento cuántico único. Los autores adoptaron una interpretación realista (pero no clásica) de la teoría cuántica basada en el concepto de *cuantones* de Bunge (1968) citado por Pereira y Solbes (2022) que subraya la necesidad de una nueva formulación para describir el estado y la evolución de los sistemas físicos, interpretación que es distinta de las utilizadas para describir entidades clásicas como partículas y ondas de la física clásica.

Las discusiones grupales fueron grabadas por los propios estudiantes y analizadas por los autores siguiendo un análisis sociocultural del discurso (Bakhtin, 1986; Wertsch, 1991, citados por Pereira y Solbes (2022)). Con relación a la dualidad onda-partícula, las preguntas motivaban a que los estudiantes argumentaran que los objetos

cuánticos no son partículas ni ondas sino nuevas entidades y que la función de onda no es una onda real sino un objeto matemático que representa el estado de un sistema físico. Los autores identificaron tres modos diferentes de hablar de los estudiantes sobre la dualidad onda-partícula: el modo de discurso *cuasi-histórico*, el modo de discurso *oposicional* y el modo de discurso *descriptivo*. El modo cuasi-histórico está centrado en la transición de la física clásica a la física cuántica identificada a través de los relatos simples de descubrimientos científicos de finales del siglo XIX y principios del siglo XX, y que están presentes en los libros de texto que mencionan los modelos semiclásicos de los sistemas cuánticos. El modo de discurso oposicional contrasta las características de la física clásica con la física cuántica, particularmente contrasta las partículas y ondas desde la perspectiva clásica con nuevas entidades, como electrones y fotones, desde la perspectiva cuántica. Finalmente, el modo de discurso descriptivo en el que se explica el comportamiento de los objetos cuánticos en términos de la física cuántica sin referencia a la perspectiva clásica. Los autores aluden a que el modo de discurso oposicional es más adecuado en términos de la enseñanza introductoria de la física moderna porque se enfatizan las diferencias entre la física clásica y la física cuántica.

Es de destacar que las explicaciones de los estudiantes sobre la dualidad onda-partícula son dinámicas y pasan de un nivel de descripción ontológico: los electrones son partículas puntuales con masa y trayectoria, a un nivel de descripción fenomenológico ligado a los resultados experimentales: los electrones, bajo ciertas condiciones experimentales, se comportan como ondas. Así, los autores explican que mientras las explicaciones se mantengan en la descripción ontológica, se hace difícil interpretar si las entidades cuánticas son ondas o partículas generando contradicciones insuperables. Además, abordar sistemas de dos estados, como podría asumirse el experimento de la doble rendija o el interferómetro de Mach-Zehnder, contribuye a impedir la concepción de que los electrones o los fotones se mueven en trayectorias onduladas, ayudando a interpretar correctamente que la función de onda está asociada a la probabilidad de detectar el objeto cuántico y no es una onda clásica.

Conclusiones

Esta revisión sistemática ha permitido destacar el estado de la enseñanza de la dualidad onda-partícula en el período 2017-2023 para cursos introductorios de física. Se identificaron cuatro (4) documentos de nuevos enfoques teóricos, siete (7) investigaciones sobre dificultades de aprendizaje, 27 documentos sobre estrategias de enseñanza, cuatro (4) de propuestas experimentales, tres (3) de currículo y dos (2) de formación de profesores

Los nuevos enfoques teóricos surgen gracias a los avances tecnológicos en la experimentación, como el borrador cuántico que se aplica al experimento de Mach-Zehnder. Estos nuevos enfoques están alineados con la interpretación de Copenhague y el principio de complementariedad, enfatizando que nuestro conocimiento de la naturaleza a nivel atómico está mediado por resultados experimentales y su interpretación. Por ejemplo, es relevante para la enseñanza que el carácter ondulatorio o corpuscular se revelan en la aparición, o no, respectivamente, de patrones de interferencia. Y que en los distintos experimentos el observador puede decidir si registrar uno u otro comportamiento. Estas ideas serán bases para futuras propuestas de enseñanza que deberán evaluarse en todos los niveles educativos, pero con mucho más trabajo si se lleva a los niveles de la educación media.

Las dificultades de aprendizaje de la teoría cuántica a nivel introductorio son semejantes a las registradas en investigaciones previas a lo largo de este siglo: concepciones que van desde la descripción clásica hacia la descripción cuántica (Krijtenburg-Lewerissa y otros, 2017). En todos los casos se reconoce que la descripción clásica de ondas y partículas como entidades antagónicas de la experiencia cotidiana, generan impedimentos conceptuales para comprender las nuevas entidades cuánticas, que sólo se observan indirectamente, mostrando que la evidencia experimental es crucial para comprender y validar los modelos y explicaciones que dan cuenta de estos comportamientos.

En este orden de ideas, se han diseñado distintas secuencias de enseñanza aprendizaje, principalmente apoyadas en simulaciones de los experimentos de Mach-Zehnder con fotones polarizados, de doble rendija con fotones, electrones o moléculas, y de efecto fotoeléctrico. Estas simulaciones muestran su potencial y fácil acceso debido a que evita las dificultades experimentales, logrando visualizaciones y animaciones inmediatas que permite a los estudiantes probar sus propias hipótesis. Sin embargo, los aspectos experimentales que se dejan de lado podrían ser parte de las dificultades que aún no se han abordado: ¿cómo se detectan los fotones o electrones? ¿Cómo se sabe que solo se envió una de estas entidades?

Otras estrategias plantean abordar con mayor atención los aspectos epistemológicos, en particular las distintas interpretaciones de la mecánica cuántica: la interpretación de Copenhague y la interpretación estadística. Son propuestas que abordan las problemáticas desde los autores fundadores de la dualidad onda-partícula como Einstein, de Broglie, Bohr, Heisenberg y otros. Se busca que el estudiante se acerque y se cuestione cómo las distintas hipótesis surgieron para dar cuenta de resultados confusos en su momento, cómo se fueron superando, qué límites al conocimiento tenemos de la realidad física y como afecta esto nuestra visión de la naturaleza de las ciencias. Nuevamente, las ideas surgieron de resultados experimentales cuidadosamente diseñados que difícilmente se pueden replicar en los niveles introductorios de la enseñanza de esta teoría.

Por lo anterior, son relevantes aquellos experimentos que se han diseñado con propósitos educativos, en donde los autores enfatizan en el acercamiento que tienen los estudiantes con los instrumentos que dan cuenta del comportamiento ondulatorio o corpuscular de las nuevas entidades cuánticas. Por ejemplo, un diseño experimental tiene en cuenta: la configuración del cañón de electrones o fotones, el papel que juegan unos polarizadores, el funcionamiento de los detectores, entre otros; en fin, de todo el andamiaje sobre el que se soportan los resultados experimentales que ayudan a la comprensión de los fenómenos asociados a la dualidad onda-partícula. Estos experimentos se han pensado para el nivel universitario dada la complejidad que

conlleva la comprensión de los instrumentos y la realización de cualquiera de las propuestas, pero sería importante su implementación en la formación de los profesores.

Los países europeos y norteamericanos enseñan la física cuántica en el nivel preuniversitario. Muchas investigaciones de dificultades de aprendizaje y de estrategias de enseñanza indican, no solo que es factible enseñar la física cuántica en los niveles de educación media, sino su pertinencia en la formación de ciudadanos del siglo XXI. Se deben realizar investigaciones puntuales en nuestro país sobre la formación de nuestros profesores de física que permitan identificar y superar las dificultades conceptuales halladas, y adaptar las estrategias que han tenido éxito en otros lugares, que incluyan los aspectos históricos, epistemológicos y, particularmente, experimentales, que acerquen más a la comprensión de los conceptos cuánticos, como el de la dualidad onda-partícula.

Esta revisión proporciona una visión actualizada de las investigaciones sobre las dificultades de aprendizaje y las estrategias de enseñanza de la dualidad onda-partícula. Los estudios se centran en las concepciones situadas entre la física clásica y la cuántica, pero no abordan los estilos de razonamiento científico propuestos por Ian Hacking. Este enfoque, sin embargo, es el eje principal del Proyecto de Tesis titulado *Dificultades de aprendizaje de estudiantes de licenciatura en física al abordar el experimento de la doble rendija con electrones*.

Referencias bibliográficas

Arlego, M., Fanaro, M. d., & Galante, L. (2021). Quantum physics from waves: An analogy-based approach for high school. *Revista Brasileira de Ensino de Física, 43*, e20210022. https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2021-0022

Ayene, M., Krick, J., Damitie, B., Ingerman, A., & Thacker, B. (2019). A Holistic Picture of Physics Student Conceptions of Energy Quantization, the Photon Concept, and Light Quanta Interference. *International Journal of Science & Mathematics Education, 17*(6), 1049-1070. https://doi.org/10.1007/s10763-018-9906-y

Balabanoff, M. E., Al Falaiti, H., Bhusal, S., Harrold, A., & Moon, A. C. (2020). An exploration of chemistry students' conceptions of light and light-matter interactions in the context of the photoelectric effect. *International Journal of*

Science Education, 42(6), 861-881. https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1736358

Balabanoff, M., Harrold, A., & Moon, A. (2023). Knowledge Analysis of Chemistry Students' Reasoning about the Double-Slit Experiment. *Electronic Journal for Research in Science & Mathematics Education, 27*(1), 58-77. https://ejrsme.icrsme.com/article/view/22117

Baybars, M. G., & Kucukozer, H. (2018). The effect of 7E learning model on conceptual understandings of prospective science teachers on "de Broglie matter waves" subject. *European Journal of Educational Research, 7*(2), 387-395. https://doi.org/10.12973/eu-jer.7.2.387

Beau, M. (2012). Feynman path integral approach to electron diffraction for one and two slits: analytical results. *European Journal of Physics, 33*(5), 1023-1039. https://doi.org/10.1088/0143-0807/33/5/1023

Bohm, D. (1989). *Quantum Theory.* New York: Dover Publications, Inc.

Brand, C., Troyer, S., Knobloch, C., Cheshnovsky, O., & Arndt, M. (2021). Single-, double-, and triple-slit diffraction of molecular matter waves. *American Journal of Physics, 89*(12), 1132-1138. https://doi.org/10.1119/5.0058805

Brom, J. M. (2017). Quantum Interference: How To Measure the Wavelength of a Particle. *Jourrnal of Chemical Education, 94*(5), 577-581. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00830

Bunge, M. (1968). Analogy in quantum theory: from insight to nonsence. *The British Journal for the Philosophy of Science, 18*(4), 265-286. https://doi.org/10.1093/bjps/18.4.265

Cai, S., Liu, C., Wang, T., Liu, E., & Liang, J.-C. (2021). Effects of learning physics using Augmented Reality on students' self-efficacy and conceptions of learning. *British Journal of Educational Technology, 52*(1), 235-251. https://doi.org/10.1111/bjet.13020

Castrillon, J., Galvez, E. J., Rodriguez, B. A., & Calderon-Losada, O. (2019). A time-energy delayed-choice interference experiment for the undergraduate laboratory. *European Journal of Physics, 40*(5), 55401. https://doi.org/10.1088/1361-6404/ab2afc

Cataloglu, E., & Robinett, R. (2002). Testing the development of student conceptual and visualization understanding in quantum mechanics through the undergraduate career. *Am, J. Phys, 70*(3), 238-251. https://doi.org/10.1119/1.1405509

Cavalcanti, C., Ostermann, F., Netto, J., & Lima, N. (2020). Teaching wave-particle complementarity using the virtual mach-zehnder interferometer. *Revista Brasileira de Ensino de Fisica, 42*, e20190283. https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2019-0283

Cuesta-Beltrán, Y. (2018). Estado del arte: tendencias en la enseñanza de la físca cuàntica entre 1986 y 2016. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*(44), 147-166. https://doi.org/10.17227/ted.num44-8995

Davisson, C. (13 de Diciembre de 1937). *The Discovery of Electron Waves.* Retrieved 6 de Junio de 2024, from The Nobel Prize in Physics 1937: https://www.nobelprize.org/uploads/2018/06/davisson-lecture.pdf

Davisson, C., & Germer, L. (1927). Diffracrion of electrons by a crital of nickel. *Physical Review, 30*(6), 705-741.

Dayou, J., & Markus, L. (2024). An integrative review of secondary school quantum physics curricula in Malaysia. *International Journal of Evaluation and Research in Education, 13*(1), 570-579. https://doi.org/10.11591/ijere.v13i1.26083

de Carvalho, A. T., Pimentel, R. F., Carvalho, R. S., & Laburu, C. (2023). A linguagem, a epistemologia e o ensino conceitual da dualidade onda-partícula. *Revista Brasileira de Ensino de Fisica, 45*, e20220339. https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2022-0339

Di Mauro, M., Esposito, S., & Naddeo, A. (2021). Introducing Quantum and Statistical Physics in the Footsteps of Einstein: A Proposal. *Universe, 7*(6). https://doi.org/10.3390/universe7060184

Di Mauro, M., Esposito, S., & Naddeo, A. (2022). Teaching quantum physics in the footsteps of Einstein. *Journal of Physics: Conference Series, Journal of Physics: Conference Series*(2297), 012036. https://doi.org/10.1088/1742-6596/2297/1/012036

Didiş Körhasan, N. (2021). Investigation of the Interaction of Students' Mental Models with Peer Instructional Elements in an Undergraduate Physics Course. *Science Education International, 32*(3), 220-230. https://doi.org/10.33828/sei.v32.i3.5

Didiş Körhasan, N., & Miller, K. (2020). Students' mental models of wave-particle duality. *Canadian Journal of Physics, 98*(3), 266–273. https://doi.org/10.1139/cjp-2019-0019

Escudero, C., & Zalazar-García, D. (2021). Introducción al estudio de nociones básicas de física moderna mediante el uso de una propuesta integradora basada en software libre. *Latin-American Journal of Physics Education, 15*(2), 2304-1. http://www.lajpe.org/jun21/15_2_04.pdf

Feynman, R., Leighton, R., & Sands, M. (1971). *The Feynman lectures on physics. Volumen III: Mecánica cuántica.* Bogotá: Fondo Educativo Interamericano.

Henriksen, E. K., Angell, C., Vistnes, A. I., & Bungum, B. (2018). What Is Light?: Students' Reflections on the Wave-Particle Duality of Light and the Nature of Physics. *Science & Education, 27*(1-2), 81-111. https://doi.org/10.1007/s11191-018-9963-1

Hoehn, J. R., Gifford, J. D., & Finkelstein, N. D. (2019). Investigating the Dynamics of Ontological Reasoning across Contexts in Quantum Physics. *Physical Review Physics Education Research, 15*(1), 10124. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.010124

Jaroszkiewicz, G. (2008). Quantized detector networks: a review of recent developments. *International Journal of Modern Physics B, 22*(3), 123–188. https://doi.org/10.1142/s0217979208038478

Jaroszkiewicz, G. (2017). *Quantized detector networks: The theory of observation.* Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781316477182

Johnston, I. D., Crawford, K., & Fletcher, P. R. (1998). Student difficulties in learning quantum mechanics. *International Journal of Science Education, 20*(4), 427-446. https://doi.org/10.1080/0950069980200404

Kalkanis, G., Hadzidaki, P., & Stavrou, D. (2003). An instructional model for a radical conceptual change towards quantum mechanics concepts. *Science Education, 87*(2), 257-280. https://doi.org/10.1002/sce.10033

Karakostas, V., & Hadzidaki, P. (2005). Realism vs constructivism in contemporary physics: The impact of the debate on the understanding of quantum theory and its instructional process. *Sci. Educ, 14*, 607–629. https://doi.org/10.1007/s11191-004-5156-1

Kirui, J. K., & Jhamba, L. (2021). Teaching modern physics to chemistry students. En L. Mammino, & J. Apotheker, *Research in Chemistry Education* (págs. 161-168). Springer Nature Switzerland AG.

Kohnle, A., Bozhinova, I., Browne, D., Everitt, M., Fomins, A., Kok, P., . . . Swinbank, E. (2014). A new introductory quantum mechanics curriculum. *Eur. J. Phys, 35*, 015001. https://doi.org/10.1088/0143-0807/35/1/015001

Krijtenburg-Lewerissa, K., Pol, H., Brinkman, A., & van Joolingen, W. (2017). Insights into teaching quantum mechanics in secondary and lower undergraduate education. *Phys. Rev. Phys. Educ. Res., 13*(1), 010109-1. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.010109

Lima, N. W., Nascimento, M. M., Cavalcanti, C., & Ostermann, F. (2020). Louis de Broglie's wave-particle duality: from textbooks' blackboxes to a chain of reference presentation. *Revista Brasileira de Ensino de Física, 42*, e20190134. https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2019-0134

Lima, N., Cavalcanti, C., & Ostermann, F. (2021). Concepções de Dualidade Onda-Partícula: Uma proposta didática construída a partir de trechos de fontes primárias da Teoria Quântica. *Revista Brasileira de Ensino de Física, 43*, e20200270. https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0270

Lukishova, S. (2019). The First Paper on Experimental Observation of Interference Fringes with Feeble Light (Sir Geoffrey Ingram Taylor). En R. Boyd, S. Lukishova, & V. Zadkov, *Quantum Photonics: Pioneering Advances and Emerging Applications* (págs. 419–423). Springer Series in Optical Sciences, vol 217. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-98402-5_11

Malgieri, M., Onorato, P., & De Ambrosis, A. (2017). Test on the effectiveness of the sum over paths approach in favoring the construction of an integrated knowledge of quantum physics in high school. *Physical Review Physics Education Research, 13*(1), 010101. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.010101

Maries, A., Sayer, R., & Singh, C. (2017). Effectiveness of Interactive Tutorials in Promoting "Which-Path" Information Reasoning in Advanced Quantum Mechanics. *Physical Review Physics Education Research, 13*(2), 20115. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.020115

Maries, A., Sayer, R., & Singh, C. (2020). Can students apply the concept of "which-path" information learned in the context of Mach–Zehnder interferometer to the double-slit experiment? *American Journal of Physics, 88*(7), 542-550. https://doi.org/10.1119/10.0001357

Marshman, E., & Singh, C. (2017). Investigating and improving student understanding of quantum mechanics in the context of single photon interference. *Physical Review Physics Education Research, 13*(1), 010117. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.010117

Mart, T. (2021). How do I introduce Schrödinger equation during the quantum mechanics course? *Physics Education, 56*(2), 025012. https://doi.org/10.1088/1361-6552/abc8db

Müller, R., & Mishina, O. (2021). Milq—Quantum Physics in Secondary School. En B. Jarosievitz, & C. Sükösd, *Teaching-Learning Contemporary Physics* (págs. 33-45). Springer. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-78720-2_3

Nyirahabimana, P., Minani, E., Nduwingoma, M., & Kemeza, I. (2023). Multimedia-Aided Technologies for Effective Learning of Quantum Physics at the University Level. *Journal of Science Education and Technology, 32*(5), 686-696. https://doi.org/10.1007/s10956-023-10064-x

Önder, F., & Önder, E. B. (2018). Teaching Photoelectric Effect with Simulation Supported Inquiry Based Activity. *Inonu University Journal of the Faculty of Education (INUJFE), 19*(3), 57-73. https://doi.org/10.17679/inuefd.318023

Ortega-Breto, J., Martínez-Pérez, M. L., & Jorge Domínguez, L. (2019). Simulaciones sobre EJS para aprender Física. *Latin-American Journal of Physics Education, 12*(2), 1-6. http://www.lajpe.org/jun19/13_2_05.pdf

Pereira, A., & Solbes, J. (2022). The Dynamics of Perspective in Quantum Physics An Analysis in the Context of Teacher Education. *Science & Education, 31*(2), 427-450. https://doi.org/10.1007/s11191-021-00252-9

Peres, M. V., Lenz, J. A., Bezerra Jr, A. G., & Bordin, G. D. (2021). A produção de um material utilizando o software tracker para abordagem do experimento da difração de elétrons. *Comunicações Piracicaba, 28*(3), 71-93. https://doi.org/10.15600/2238-121X/comunicacoes.v28n3p71-93

Pospiech, G., Merzel, A., Zuccarini, G., Weissman, E., Katz, N., Galili, I., . . . Michelini, M. (2021). The Role of Mathematics in Teaching Quantum Physics at High School. En B. Jarosievitz, & C. Sükösd, *Teaching-Learning Contemporary Physics* (págs. 47-70). Springer. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-78720-2_4

Sayer, R., Maries, A., & Singh, C. (2017). Quantum Interactive Learning Tutorial on the Double-Slit Experiment to Improve Student Understanding of Quantum Mechanics. *Physical Review Physics Education Research, 13*(1), 10123. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.010123

Shore, B. (2020). *Our Changing Views of Photons. A Tutorial Memoir.* Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/oso/9780198862857.001.0001

Singh, C., & Marshman, E. (2015). Review of student difficulties in upper-level quantum mechanics. *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res, 11*, 020117. https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.11.020117

Soares-Pinto, D., & Naves, C. (2021). O Interferômetro de Mach-Zehnder e a Escolha Retardada Quântica. *Revista Brasileira de Ensino de Física, 43*, e20210085. https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2021-0085

Staderman, H. K., van den Berg, E., & Goedhart, M. J. (2019). Analysis of secondary school quantum physics curricula of 15 different countries: Different perspectives on a challenging topic. *Phys. Rev. Phys. Educ. Res., 15*(1), 010130. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.010130

Stadermann, H. K., & Goedhart, M. J. (2020). Secondary school students' views of nature of science in quantum physics. *International Journal of Science Education, 42*(6), 997-1016. https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1745926

Tarng, W., & Pei, M.-C. (2023). Application of Virtual Reality in Learning Quantum Mechanics. *Applied Sciences-Basel, 13*(19), 10618. https://doi.org/10.3390/app131910618

Trevisan, R., & Serrano, A. (2018). Investigating the drivers and mental representations of the private interpretations of students of quantum mechanics. *Acta Scientiae, 20*(4), 725-745. https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.v20iss4id4670

van den Berg, E., van Rossum, A., Grijsen, J., Pol, H., & van der Veen, J. (2020). Teaching Particle-Wave Duality with Double-Slit Single-Photon Interference in Dutch Secondary Schools. En J. Guisasola, & K. Zuza, *Research and Innovation in Physics Education: Two Sides of the Same Coin* (págs. 135-143). Springer.

Vilarta Rodriguez, L., v. d., Anjewierden, A., van den Berg, E., & de Jong, T. (2020). Designing Inquiry-Based Learning Environments for Quantum Physics Education in Secondary Schools. *Physics Education, 55*(6), 065026. https://doi.org/10.1088/1361-6552/abb346

Yanchilina, F., & Yanchilin, V. (2022). New type of motion to visualize the Copenhagen interpretation. *Physics Essays, 35*(4), 401-413. https://doi.org/10.4006/0836-1398-35.4.401

Zhang, M., Liu, C., Zhang, Y., Zhang, Y., Liu, Z., Zhang, J., . . . Yuan, L. (2019). Experimental teaching of light wave-particle duality for Optics course. *International Journal of Electrical Engineering & Education, 60*(1), 87-101. https://doi.org/10.1177/0020720919876818

Capítulo 31

Relación entre patologías estructurales y hongos en viviendas patrimoniales de Bogotá: efectos en la habitabilidad, salud y conservación en el marco del cambio climático

Sandra Mónica Estupiñán Torres[1]; Susan Lorena Castro Molina[2]; Yordan Daniel Rodríguez Mejía[3]; Carolina Osorio López[4]; Florinda Sánchez Moreno[5]; Francisco Javier Lagos Bayona[6]; Nohora Beatriz Gómez Galindo[7]; Henry Yecid Bustos Castañeda[8]

[1] Docente Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Programa de Bacteriología y Laboratorio Clínico, Grupo calidad de aguas, semillero INSAE. sestupinan@universidadmayor.edu.co. https://orcid.org/0000-0002-6937-4567

[2] Docente Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Programa de Bacteriología y Laboratorio Clínico, Grupo calidad de aguas, semillero INSAE. slcastro@universidadmayor.edu.co https://orcid.org/0000-0001-7003-6162

[3] Estudiante Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Programa de Bacteriología y Laboratorio Clínico, Grupo calidad de aguas, semillero INSAE ydrodriguez@universidadmayor.edu.co

[4] Estudiante Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Programa de Bacteriología y Laboratorio Clínico, Grupo calidad de aguas, semillero INSAE cosoriol@universidadmayor.edu.co

[5] Docente Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, programa Tecnología en Gestión y Ejecución de Construcción. Grupo de investigación Construcción y Gestión en Arquitectura florinda.sanchez@universidadmayor.edu.co http://orcid.org/0000-0001-5813-6929

[6] Docente Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, programa Tecnología en Gestión y Ejecución de Construcción.Grupo de investigación Construcción y Gestión en Arquitectura flagos@universidadmayor.edu.co https://orcid.org/0000-0001-8764-1510

[7] Docente Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, programa Tecnología en Gestión y Ejecución de Construcción, Grupo de investigación, Patrimonio Construido: Texto y Contexto nbgomez@universidadmayor.edu.co https://orcid.org/0009-0007-1414-0900

[8] Docente Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, programa Tecnología en Gestión y Ejecución de Construcción, Grupo de investigación, Patrimonio Construido: Texto y Contexto hybustos@universidadmayor.edu.co http://orcid.org/0000-0003-2983-9910

Resumen

El cambio climático ha sido identificado como uno de los principales factores que alteran las condiciones ambientales en los espacios urbanos, incidiendo de manera directa en la habitabilidad y en la salud de las poblaciones. En el centro histórico de Bogotá, los efectos de la variabilidad climática se manifiestan con especial intensidad, ya que el aumento en la frecuencia e intensidad de las lluvias, la persistencia de la humedad y la prolongación del tiempo de secado de materiales han generado un ambiente favorable para la proliferación de hongos en viviendas patrimoniales. Estos organismos no solo deterioran los elementos estructurales, sino que constituyen un riesgo significativo para la salud respiratoria de los habitantes.

Los hallazgos preliminares de esta investigación revelan que las temperaturas interiores oscilan entre 16,8 °C y 25,9 °C, pero contrastan con la alta variabilidad de humedad relativa (44 % a 93 %). Cuando la humedad supera el 70 %, se produce un entorno altamente favorable para el crecimiento de mohos. Los hongos identificados en el estudio son *Penicillium* (77,8 %) y *Aspergillus* (22,2 %). El cambio climático funciona como un acelerador de los procesos de deterioro material y de los riesgos para la salud en edificaciones patrimoniales. Se concluye que la conservación debe incorporar criterios de adaptación climática y salud pública, integrando prácticas como impermeabilización preventiva y ventilación controlada.

Palabras clave: Cambio climático, Patologías estructurales, Hongos, Viviendas patrimoniales, Salud respiratoria, Humedad persistente.

Introducción

El cambio climático global ha generado un aumento en la frecuencia e intensidad de lluvias, inundaciones y eventos extremos, lo que repercute en la calidad de vida de las poblaciones urbanas. Este fenómeno ha sido documentado por el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2022). Si bien el debate a menudo se centra en los ecosistemas, una dimensión crucial y poco explorada es la de los ambientes interiores de las viviendas, que constituyen espacios de exposición directa para la salud humana.

El proyecto institucional "Análisis de factores ambientales y microbiológicos en viviendas del centro histórico de Bogotá y su impacto en la salud

respiratoria" es liderado por la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. Este proyecto articula la Facultad de Ciencias de la Salud y la Facultad de Ingeniería y Arquitectura para abordar esta problemática desde una perspectiva interdisciplinar, pues el centro histórico de Bogotá cuenta con edificaciones patrimoniales construidas con materiales susceptibles a filtraciones y acumulación de humedad, como la madera, el yeso y el ladrillo. Estas condiciones, agravadas por la variabilidad climática, generan un ambiente propicio para la colonización de hongos, lo que tiene implicaciones directas tanto en la conservación arquitectónica como en la salud de los residentes. Por lo anterior, el objetivo del proyecto es analizar los factores ambientales, microbiológicos y constructivos que favorecen la proliferación de hongos en viviendas patrimoniales del centro histórico de Bogotá y su impacto en la salud respiratoria de los residentes.

Marco teórico o antecedentes

El cambio climático modifica las condiciones de habitabilidad en interiores al aumentar la humedad relativa y prolongar el secado de los materiales. Las lluvias intensas y las inundaciones incrementan la humedad persistente en techos, muros y sótanos, lo que favorece la aparición de hongos como *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium* y *Stachybotrys* (WHO, 2009; Cartwright et al., 2025). Desde el punto de vista teórico, el cambio climático no sólo transforma las condiciones exteriores, sino que también modifica los microambientes interiores, impactando directamente la calidad del aire y la salubridad de los espacios habitados. Estudios recientes, como el de Balasubrahmaniam et al. (2024), evidenciaron que la actividad metabólica de los hongos responde directamente a la humedad, activando genes de esporulación y metabolismo secundario bajo alta humedad relativa, lo que aumenta la virulencia fúngica y la producción de toxinas.

La capacidad de los hongos para colonizar distintas superficies en edificaciones depende de las propiedades físicas y químicas de los materiales de construcción, es así como factores como la porosidad, la retención de humedad y la disponibilidad de nutrientes determinan el grado de vulnerabilidad frente al crecimiento fúngico. En la siguiente tabla se presenta una clasificación comparativa del riesgo de colonización fúngica asociado a materiales comúnmente empleados en edificaciones.

Tabla 1. Riesgo de colonización fúngica según el material de construcción

Material de construcción	Riesgo de colonización fúngica
Madera	Alto: porosidad elevada, absorción de agua, sustrato nutritivo.
Yeso	Alto: muy susceptible a humedad, proliferación rápida de moho.
Ladrillo	Moderado: porosidad intermedia, riesgo en condiciones de humedad.
Concreto	Moderado: riesgo en presencia de filtraciones o humedad persistente.
Plásticos/pinturas	Bajo: menor soporte nutritivo, aunque acumulan biofilms en condensación.

Investigaciones internacionales han demostrado que incluso bajo condiciones controladas de humedad relativa (<60 % HR), los hongos xerófilos pueden desarrollarse en museos y repositorios (Bastholm et al., 2022). Esta evidencia cuestiona la suficiencia de las guías tradicionales de conservación y subraya la necesidad de integrar criterios de resiliencia climática en las estrategias de preservación.

La presencia y proliferación de hongos en los materiales de construcción, como se muestra en la Tabla 1, no solo compromete la integridad estructural de los edificios, sino que también tiene implicaciones significativas para la salud de sus ocupantes. Cuando las condiciones de humedad y ventilación son inadecuadas, estos microorganismos liberan esporas y compuestos orgánicos volátiles que deterioran la calidad del aire interior. Esta situación se relaciona estrechamente con el Síndrome del Edificio Enfermo (SEE), descrito por Mendell et al. (2011), en el cual la exposición continua a ambientes contaminados por hongos puede desencadenar síntomas respiratorios, irritación ocular y malestar general.

Diversos géneros de hongos se encuentran con frecuencia en ambientes interiores, estos microorganismos pueden afectar la salud humana mediante la liberación de esporas, alérgenos y micotoxinas que provocan respuestas inmunológicas y respiratorias adversas. La evidencia epidemiológica indica una correlación entre humedad persistente, proliferación fúngica y una mayor prevalencia de asma, rinitis y bronquitis (Fisk et al., 2007; Hörhammer et al., 2025).

En la siguiente tabla se resumen algunos de los géneros y especies más comunes, junto con los principales efectos que su exposición puede generar en las personas.

Tabla 2. Principales géneros fúngicos en ambientes interiores y sus efectos en la salud

Género/Especie	Efectos en salud
Aspergillus spp.	Alergias, aspergilosis, asma; riesgo en inmunocomprometidos.
Penicillium spp.	Rinitis alérgica, asma, reacciones de hipersensibilidad.
Cladosporium spp.	Alergias respiratorias, asma, irritación ocular.
Stachybotrys chartarum	Productor de micotoxinas; efectos tóxicos e inmunosupresores.

Metodología

El estudio se desarrolla mediante un enfoque interdisciplinar, que articula las Facultades de Ciencias de la Salud y de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. La investigación se centra en viviendas patrimoniales seleccionadas en el centro histórico de Bogotá. Este enfoque metodológico combina herramientas de diagnóstico arquitectónico, mediciones ambientales, muestreos microbiológicos especializados y análisis estadísticos.

Diagnóstico estructural de patologías visibles: Inspección de fisuras, humedades, filtraciones, desprendimientos y deterioro de materiales.

Mediciones ambientales: Evaluación de humedad relativa, temperatura y ventilación natural en los diferentes espacios.

Muestreo microbiológico: Recolección de muestras de aire mediante sedimentación pasiva, con posterior identificación de colonias por técnicas microbiológicas.

Encuestas de salud: Aplicación de encuestas a residentes para recopilar datos sobre síntomas respiratorios.

Análisis estadístico: Estudio de correlaciones entre variables estructurales, ambientales y clínicas. Los paquetes de software utilizados para el procesamiento de los datos son GraphPad Prism 10 y R.

Desarrollo

La temperatura, la humedad relativa (HR) y las propiedades de los materiales de construcción son factores que determinan las condiciones microambientales en los espacios interiores y, en consecuencia, la

proliferación fúngica. Desde una perspectiva teórica, se reconoce que la combinación de temperaturas moderadas y niveles elevados de humedad favorece la colonización de materiales por parte de hongos y mohos ambientales, los cuales encuentran en estos sustratos condiciones ideales para su crecimiento (Flannigan & Miller, 2011). La porosidad, la capacidad de retención de agua y el contenido orgánico de los materiales de construcción son determinantes en su susceptibilidad a la colonización microbiana.

El exceso de humedad en los materiales no sólo acelera su deterioro físico y estructural, sino que también incrementa la liberación de esporas y compuestos orgánicos volátiles microbianos (mVOCs) hacia el ambiente, afectando la calidad del aire interior y contribuyendo al desarrollo del Síndrome del Edificio Enfermo (SEE) (Mendell et al., 2011). La evidencia científica indica que una HR superior al 70 % favorece la proliferación de hongos como *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium* y *Stachybotrys chartarum*, los cuales pueden inducir respuestas alérgicas, irritaciones respiratorias y efectos tóxicos (Fisk et al., 2007; WHO, 2009).

En este contexto, la selección adecuada de materiales de construcción, junto con el control higrotérmico y una ventilación eficiente, es fundamental para prevenir la contaminación fúngica y proteger la salud de los habitantes. Las recomendaciones internacionales proponen mantener la HR entre el 40 % y el 60 %, minimizar la condensación y priorizar materiales con baja absorción de humedad y alta resistencia biológica (WHO, 2009). Estas estrategias no solo contribuyen a la durabilidad de las edificaciones, sino que también garantizan ambientes interiores más saludables y sostenibles.

Resultados y discusión

Hasta la fecha, se han realizado visitas a 10 viviendas. Se han recolectado 144 muestras, de las cuales se aislaron 338 colonias; 141 colonias fueron seleccionadas para identificación. Los resultados preliminares muestran que *Penicillium* es el género predominante (77.8 %) seguido de *Aspergillus* (22.2 %), en concordancia con estudios previos en climas neotropicales (Fisk et al., 2007; Jaakkola et al., 2005). Desde la perspectiva de la salud pública, el *Penicillium* se asocia con rinitis alérgica y reacciones de hipersensibilidad, mientras que el *Aspergillus* está vinculado con episodios asmáticos y cuadros graves de aspergilosis en personas inmunocomprometidas.

La humedad relativa estuvo entre 44 % y 93 %, con una humedad relativa interior media por encima del 70 % en la mayoría de espacios evaluados, reforzando la relación entre humedad ambiental y proliferación fúngica.

Los hallazgos locales de Bogotá, con alta humedad relativa (hasta 93 %), refuerzan la alerta global sobre el impacto del cambio climático (IPCC, 2022) en los microambientes interiores, a continuación, se describen algunos aspectos:

Vulnerabilidad y umbrales de Humedad: La alta HR registrada en Bogotá intensifica la vulnerabilidad de los materiales porosos. Esto es particularmente alarmante si se compara con estudios internacionales que han documentado brotes de hongos xerófilos incluso bajo condiciones controladas de humedad relativa menor al 60 % (Bastholm et al., 2022). La persistencia de humedad en las edificaciones evaluadas supera este umbral de control.

Mecanismos Biológicos y Toxicidad: La alta variabilidad de la HR en los interiores proporciona las condiciones biológicas para una mayor virulencia fúngica. Los resultados que muestran la presencia de *Aspergillus* y *Penicillium* se alinean con la evidencia de Balasubrahmaniam et al. (2024), quienes demostraron que la alta humedad activa genes de esporulación y metabolismo secundario, aumentando la producción de toxinas.

Impacto Epidemiológico: La presencia de estos mohos es un factor determinante en la aparición y agravamiento de síntomas respiratorios como asma y rinitis tal como lo reportado por Fisk et al. (2007) y Hörhammer et al. (2025).

Finalmente, los resultados preliminares demuestran que el cambio climático funciona como un acelerador de los procesos de deterioro material y de los riesgos para la salud en edificaciones patrimoniales.

Conclusiones

El cambio climático intensifica las condiciones de riesgo en las viviendas patrimoniales de Bogotá al favorecer la humedad persistente y la proliferación de hongos.

Las patologías estructurales identificadas constituyen un factor determinante en la habitabilidad y en la salud de los residentes.

La conservación patrimonial debe incorporar criterios de resiliencia climática y salud pública. Esto implica priorizar prácticas como la impermeabilización preventiva, el monitoreo ambiental y la ventilación controlada.

El trabajo interdisciplinar entre las ciencias de la salud, la arquitectura y las ciencias ambientales es clave para diseñar estrategias de conservación que logren garantizar el bienestar de los habitantes sin comprometer el valor cultural de los inmuebles.

La investigación universitaria, a través de proyectos como el que está en curso, desempeña un rol crucial al generar evidencias locales que contribuyen a la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 3: Salud y Bienestar; ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles). La academia transforma la conciencia en acción frente a los retos del cambio climático.

Referencias bibliográficas

Balasubrahmaniam, N., Nastasi, N., Hegarty, B., Dannemiller, K. C., et al. (2024). Moving beyond species: Fungal function in house dust provides novel targets for potential indicators of mold growth in homes. Microbiome, 12, 231. https://doi.org/10.1186/s40168-024-01915-9

Bastholm, C. J., Madsen, A. M., Frisvad, J. C., Richter, J. (2022). Xerophilic fungi in museum repositories challenge our perception of healthy buildings and the preservation of cultural heritage. Proceedings of Healthy Buildings 2021.

Cartwright, A., et al. (2025). Housing conditions and the health and wellbeing impacts of climate change: A scoping review. Environmental research, volume 270, 1-17 https://doi.org/10.1016/j.envres.2025.100097

Fisk, W. J., Lei-Gomez, Q., & Mendell, M. J. (2007). Meta-analyses of the associations of respiratory health effects with dampness and mold in homes. Indoor Air, 17(4), 284-296. https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2007.00475.x

Hörhammer, I., Pappinen, J., Halminen, O., Haverinen-Shaughnessy, U., Karvonen, A. M., Lahdensivu, J., Leivo, V., Torkki, P., Täubel, M., & Pekkanen, J. (2025). Remediating moisture- and mould-damaged residential buildings in Finland – Costs and benefits for health and climate. Indoor and Built Environment. Advance online publication. https://doi.org/10.1016/j.indenv.2025.100094

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

Mendell, M. J., Mirer, A. G., Cheung, K., Tong, M., & Douwes, J. (2011). Respiratory and allergic health effects of dampness, mold, and dampness-related agents: A

review of the epidemiologic evidence. Environmental Health Perspectives, 119(6), 748-756. https://doi.org/10.1289/ehp.1002410

World Health Organization (WHO). (2009). WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Dampness and Mould. WHO Regional Office for Europe.

Capítulo 32

FIDECOAGUA, modelo de gestión hídrica sustentable y pionero en el pago por servicios ambientales

Juan Eloy Rivera Velázquez[1]
Nora María Bonilla Hernández[2]
Emiliano Rivera Bonilla[3]

Resumen

Este artículo examina el programa de Pago por Servicios Ambientales (PSA), destacando la influencia de marcos teóricos como el de R. Kerry Turner, cuyas contribuciones a la valoración económica de los servicios ecosistémicos y a los mecanismos de mercado sustentan el diseño del programa. El PSA alinea incentivos económicos con objetivos ecológicos, ofreciendo una herramienta estratégica para optimizar la gobernanza ambiental.

Se analiza la expansión global del PSA, con más de 550 programas activos en más de 50 países, y se enfoca en su institucionalización en México. La primera iniciativa local comenzó en 2002 en Coatepec, Veracruz, a través de FIDECOAGUA, un fideicomiso público descentralizado. En 2003, el programa se formalizó a nivel nacional mediante la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). Hasta la fecha, el PSA ha contribuido a la conservación de más

[1] Universidad Veracruzana jurivera@uv.mx ORCID: 0009-0007-1129-7961
[2] Universidad Veracruzana nbonilla@uv.mx ORCID: 0000-0003-0549-7311
[3] emiliano.riverabo@anahuac.mx ORCD: 0009-0003-9247-072X

de 4 millones de hectáreas en México, incluyendo más de 18,000 hectáreas en Veracruz en 2022, y 1,332.83 hectáreas bajo la gestión de FIDECOAGUA.

Más allá de la conservación forestal, el PSA contribuye a la captura de carbono, la regulación climática, la recarga de acuíferos y la redistribución de recursos hacia comunidades marginadas. Estos resultados promueven la cohesión social, la reducción de la pobreza, el arraigo comunitario y el desarrollo humano sustentable.

Palabras clave: Servicios ecosistémicos, valoración ambiental, pago por servicios ambientales, gestión de recursos naturales, desarrollo sustentable.

Introducción

La creciente degradación de los ecosistemas y la pérdida acelerada de biodiversidad han impulsado la búsqueda de mecanismos innovadores que integren la conservación ambiental con el desarrollo económico y social. En este contexto, los programas de Pago por Servicios Ambientales (PSA) han emergido como instrumentos de política pública que reconocen el valor económico de los servicios ecosistémicos y promueven su preservación mediante incentivos financieros dirigidos a quienes los proveen.

El sustento teórico de estos programas se encuentra en la economía ambiental y ecológica, particularmente en los aportes de R. Kerry Turner, quien propuso la valoración económica de los servicios ecosistémicos y la implementación de mecanismos de mercado como herramientas para su gestión eficiente. Esta perspectiva ha permitido que el PSA se consolide como una estrategia viable para alinear los intereses económicos de las comunidades con los objetivos de conservación ambiental.

A nivel internacional, existen más de 550 programas de PSA activos en más de 50 países, lo que evidencia su creciente relevancia en la agenda ambiental global. En México, el PSA fue institucionalizado en 2003 por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), aunque su implementación pionera se remonta a 2002 en Coatepec, Veracruz, con la creación del Fideicomiso para la Promoción y Preservación de la Zona Montañosa de Coatepec (FIDECOAGUA), considerado el primer esfuerzo local en esta materia.

Este artículo tiene como objetivo analizar el desarrollo, la implementación y los impactos del PSA en México, con énfasis en el caso de FIDECOAGUA,

evaluando sus beneficios ambientales, sociales y económicos, así como su contribución al desarrollo humano sustentable.

Justificación

La conservación de los recursos naturales es vital para la vida en el planeta: los bosques, el suelo, el mar, el aire, el agua dulce, los minerales, todos ocupan un lugar importante para la vida. Esta investigación versa en torno a el agua dulce, por ser particularmente importante al ser indispensable para la vida. Para comprender la importancia de su estudio es relevante saber que, del total del agua del planeta estimado en 1400 millones de kilómetros cúbicos, solo el 2.5 % es agua dulce, es decir aproximadamente 35 millones de kilómetros cúbicos. De ese 2.5 % el 69.5 % (24.325 millones de kilómetros cúbicos) se encuentra en los glaciares, de igual manera el 30.1% es agua subterránea (10.535 millones de kilómetros cúbicos) y solamente el 0.4 % (0.14 millones de kilómetros cúbicos) son aguas superficiales de relativamente fácil aprovechamiento (Semarnat, 2019).

El problema es aún mayor si considera lo referente al tratamiento de aguas residuales, los datos más recientes muestran que en el mundo, solo el 20% recibe tratamiento antes de ser reincorporada al medio ambiente; mientras que a nivel nacional, según datos oficiales, en 2018 se trataba solo el 57 % (Semarnat, 2019).

Importancia del tema

La presente investigación es relevante en el contexto actual, donde la pérdida de biodiversidad, la degradación de ecosistemas y la escasez de recursos hídricos exigen respuestas integrales desde la política pública y la gestión territorial. El análisis del Programa de Pago por Servicios Ambientales (PSA), y en particular del modelo FIDECOAGUA en Coatepec, Veracruz, permite comprender cómo los mecanismos de compensación económica pueden convertirse en herramientas efectivas para la conservación ambiental y el desarrollo humano sustentable.

Este estudio aporta evidencia sobre la viabilidad de esquemas locales de gobernanza ambiental, basados en la participación comunitaria, la corresponsabilidad institucional y la valorización de los servicios ecosistémicos. Asimismo, contribuye al debate académico sobre la economía ecológica, al integrar elementos teóricos con experiencias empíricas que

ilustran la interacción entre incentivos económicos y prácticas de conservación.

La investigación también tiene implicaciones prácticas para el diseño y mejora de políticas públicas, al identificar fortalezas y desafíos del PSA en México, y al proponer criterios para su replicabilidad en otros territorios. En este sentido, el caso FIDECOAGUA se presenta como un referente para municipios que buscan implementar estrategias de conservación con enfoque social, territorial y financiero.

En suma, este trabajo no solo enriquece el conocimiento sobre los PSA, sino que también fortalece el vínculo entre ciencia, política y sociedad, en la búsqueda de soluciones sostenibles frente a los retos ambientales del siglo XXI.

Marco teórico

Aunque desde tiempos remotos se han registrado expresiones que reflejan la necesidad de mantener una relación armónica con la naturaleza, fue hasta la segunda mitad del siglo XIX cuando diversos pensadores comenzaron a formular esta preocupación de manera sistemática. Entre ellos destaca Thomas Malthus, quien, al observar que el crecimiento poblacional sigue una progresión geométrica mientras que la producción de alimentos lo hace de forma aritmética, cuestionó la capacidad de la naturaleza para proveer recursos suficientes a la humanidad (Malthus, 1978). En ese mismo sentido, Aldo Leopold, silvicultor y ambientalista estadounidense afirmó:

> La especie humana es y será siempre dependiente de las plantas y los animales que a su vez depende del suelo, el agua y el aire en el medio natural. También creía que el medio natural no podría mantenerse en un estado compatible con la salud y la supervivencia de la especie humana si la población aumentara su número indefinidamente. Van Rensselaer Potter (2006,p. 26)

Las ideas de Malthus y Aldo Leopold establecen principios teóricos que invitan a reflexionar sobre la necesidad de comprender la naturaleza y construir una relación armónica como base del desarrollo humano. Esta visión impulsa, en la segunda mitad del siglo XX, los trabajos de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo (WCED), que por encargo de la Asamblea General de las Naciones Unidas propone una agenda global para

orientar políticas públicas hacia un desarrollo económico compatible con el ambiente. En 1987, dicha comisión publica el informe Nuestro futuro común o Informe Brundtland, donde se define el desarrollo sustentable como "el desarrollo que satisface las necesidades actuales sin comprometer las de futuras generaciones" (PNUMA, 2002, p.11).

Con el objetivo de dotar de operatividad al concepto de sustentabilidad, Barry C. Field (1995) propone que esta implica evitar que las curvas futuras de posibilidad de producción se vean negativamente afectadas por las decisiones presentes. Más allá de su evolución conceptual, a partir de la segunda mitad del siglo XX la disponibilidad de recursos naturales se ha convertido en una preocupación central, ante la creciente evidencia de que la capacidad del planeta para sostener a la población humana está siendo superada, como ya lo anticipaba Malthus en el siglo XIX. En este contexto, resultan especialmente relevantes las contribuciones del economista ambiental británico Richard Kerry Turner, quien ha profundizado en el estudio de la sustentabilidad y la gestión de recursos naturales, incorporando la valoración económica de los servicios ecosistémicos. Esta valoración constituye un pilar fundamental para diseñar esquemas de política pública orientados al pago por servicios ambientales y a la conservación de los ecosistemas.

De acuerdo con Turner (1993), La valoración económica resulta ser un puente entre la comprensión ecológica y la acción política, es decir permite traducir el conocimiento científico en decisiones concretas de conservación. En esa misma discusión, 10 años después, Turner enfatiza la urgencia de incorporar estos valores en los modelos económicos tradicionales (Turner et al., 2003). En este sentido, la valoración económica de los servicios ecosistémicos y el reconocimiento de que no tomarlos en cuenta lleva a generar modelos no óptimos de gestión de los recursos naturales; es sustento para generar políticas públicas que busquen la optimización de los sistemas económicos privilegiando una visión que integre a la sociedad, la economía y el medio ambiente, lo cual es el objetivo principal del programa de pagos por servicios ambientales (PSA) que en los hechos, representan un instrumento eficaz para reconocer y recompensar a quienes protegen los ecosistemas, alineando incentivos económicos con objetivos ecológicos.

El PSA como instrumento de política pública

El Pago por Servicios Ambientales (PSA) es un mecanismo voluntario mediante el cual se otorgan incentivos económicos a propietarios o usuarios de tierras que realizan acciones de conservación, restauración o manejo sustentable de ecosistemas. Su objetivo es reconocer y retribuir los beneficios que estos ecosistemas generan para la sociedad, como la regulación hídrica, la captura de carbono, la conservación de la biodiversidad y la belleza escénica.

Según Wunder (2005), un esquema de PSA debe cumplir con cuatro condiciones esenciales: 1) Existencia de un servicio ambiental bien definido, 2) Un proveedor voluntario del servicio, 3) Un beneficiario dispuesto a pagar, 4) Un pago condicionado al cumplimiento de metas ambientales.

En México, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2025) define el PSA como una política pública que busca conservar de manera activa los bosques, selvas, zonas áridas y manglares del país, mediante incentivos económicos dirigidos a quienes contribuyen a la provisión de servicios ambientales.

Como se mencionó anteriormente, la incorporación de la valoración económica de los servicios ecosistémicos por parte de R. Kerry Turner constituyó un punto de inflexión en el desarrollo de instrumentos de política ambiental orientados a la conservación. Su enfoque desde la economía ambiental permitió concebir los servicios que proveen los ecosistemas —como la regulación hídrica, la captura de carbono y la conservación de la biodiversidad— como bienes públicos susceptibles de ser gestionados mediante mecanismos de mercado (Turner et al., 2003). Este postulado suministró el anclaje teórico que sustentó la compensación de los propietarios con la finalidad de fomentar la conservación de recursos naturales, a través de esquemas como el pago por servicios ambientales (PSA).

El pago por servicios ambientales (PSA) se ha consolidado como uno de los principales instrumentos utilizados por las políticas públicas para enfrentar problemáticas socioambientales complejas (Alix-García et al., 2018, citado en Wunder et al., 2020). Según Engel et al. (citado en Wunder, 2015), este mecanismo se distingue por su carácter condicional y contractual: los incentivos, en efectivo o especie, se otorgan únicamente si se cumplen compromisos previamente formalizados mediante contratos legales, generalmente regidos por reglas de operación claras y convocatorias

públicas. La lógica del PSA radica en incentivar a propietarios de terrenos forestales para realizar acciones de protección y restauración in situ, asegurando así la provisión de servicios ecosistémicos como agua, captura de carbono y hábitat para la biodiversidad (Shapiro-Garza et al., 2020). Este modelo ha sido adoptado en diversas regiones como política ambiental para reducir la deforestación y mejorar el bienestar socioeconómico, con financiamiento predominantemente público, aunque en algunos casos destaca la participación de actores privados (Corbera et al., 2020).

A nivel global, los esquemas de pago por servicios ambientales (PSA) han experimentado una expansión significativa en las últimas décadas. Según el Centro Internacional de Investigación Forestal (CIFOR), existen más de 550 programas activos que movilizan aproximadamente 36 mil millones de dólares anuales en compensaciones destinadas a la conservación de servicios ecosistémicos como la regulación hídrica, la captura de carbono y la biodiversidad (CIFOR, 2014). Según el Laboratorio Poverty Action, actualmente se operan programa de pagos de servicios ambientales en más de 50 países, consolidando los PSA como instrumentos clave para la sostenibilidad ambiental y el desarrollo rural (Poverty Action Lab, 2025). La magnitud y diversidad de estos esquemas reflejan la influencia de marcos teóricos como los propuestos por R. Kerry Turner, quien contribuyó a la valoración económica de los servicios ecosistémicos y a la conceptualización de mecanismos de mercado para su gestión.

El pago por servicios ambientales en México

En México, el artículo 4° de la Constitución Política reconoce el derecho de toda persona a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar, y establece la responsabilidad legal por daño o deterioro ambiental (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 1917, p.12). En un apartado posterior, el mismo artículo garantiza el acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en condiciones suficientes, salubres, aceptables y asequibles. Asimismo, señala que la ley definirá las bases para un uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, promoviendo la participación coordinada de la federación, entidades federativas, municipios y ciudadanía en la consecución de estos fines (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 1917, p.13).

En cumplimiento del artículo 4° y otros preceptos constitucionales vinculados al desarrollo sustentable, como el artículo 27, el 28 de enero de 1988 se promulgó la *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente* (LGEEPA). Su objetivo principal es propiciar el desarrollo sustentable mediante mecanismos que promuevan la participación corresponsable —individual y colectiva— en la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como establecer esquemas de coordinación, inducción y concertación entre autoridades, sectores sociales, privados y ciudadanía. Derivado de esta ley, en 1994 se creó la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), transformada en 2000 en la actual SEMARNAT, cuya misión es incorporar criterios e instrumentos para la protección, conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. Para atender la política forestal, SEMARNAT cuenta con la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), organismo descentralizado creado por decreto presidencial el 4 de abril de 2001, encargado de impulsar el manejo sustentable de los recursos forestales.

La CONAFOR se encarga de conservar y restaurar de ecosistemas forestales, reforestar y recuperar de zonas degradadas, prevenir y combatir incendios forestales, fomentar el desarrollo forestal comunitario, promover la silvicultura sustentable y participación en la formulación de políticas forestales junto con SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, https://www.gob.mx/semarnat/que-hacemos).

En 2003, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) implementó el Programa de Pago por Servicios Ambientales (PSA) como política pública innovadora para promover la conservación de ecosistemas forestales, la reforestación, la recuperación de zonas degradadas y el desarrollo forestal comunitario. Este programa otorga incentivos económicos a propietarios de terrenos forestales —bosques, selvas, zonas áridas y manglares— bajo un esquema condicional que fomenta buenas prácticas de manejo. El modelo busca beneficios recíprocos: los propietarios conservan los recursos naturales y la sociedad recibe servicios ecosistémicos como agua, aire limpio y paisaje (Shapiro-Garza, 2020). Desde su creación, el PSA ha incorporado más de 6.5 millones de hectáreas, principalmente en ejidos y comunidades, dado que el 70% de los bosques mexicanos están en propiedad social (Muñoz-Piña et al., 2008).

Cabe destacar que, antes de la implementación federal, el municipio de Coatepec, Veracruz, estableció el Fideicomiso para la Promoción y Preservación de la Zona Montañosa (FIDECOAGUA) el 22 de agosto de 2002,

como organismo público descentralizado. Coatepec, ubicado en la zona montañosa central del estado, conurbado a Xalapa, cuenta con una población aproximada de 83 mil habitantes y condiciones ecológicas que justifican la adopción de esquemas de conservación territorial (Inegi,2020)

El fideicomiso para la promoción y preservación de la zona montañosa de Coatepec tiene como propósito principal, conservar el bosque mesófilo de montaña y proteger sus servicios ecosistémicos mediante un programa de Pago por Servicios Ambientales (PSA).

Para su formación se conjuntaron esfuerzos del Ayuntamiento de Coatepec, la Comisión Municipal del Agua y Saneamiento (CMAS) y la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), lo que llevó a constituir el primer PSA a nivel nacional.

¿Qué hace FIDECOAGUA?

- Gestiona recursos públicos y privados para financiar la conservación ambiental. Realiza gestiones ante el gobierno federal, local y municipal, así como con empresas de la región.
- Promueve el uso responsable del agua, vinculando el consumo con cuotas ambientales. Cada usuario del servicio de agua potable y alcantarillado aporta en su recibo un monto para la operación de FIDECOAGUA y para la conservación del bosque.
- Apoya comunidades rurales que conservan los bosques, reconociendo su papel en la protección de cuencas y biodiversidad. A través de educación ambiental y capacitación

Con la finalidad de fortalecer su operación y obtener recursos para ser canalizados a la conservación del ecosistema, FIDECOAGUA establece alianzas estratégicas con socios corporativos. Estos aportan recursos financieros para apoyo de los guardianes del bosque que son personas propietarias o poseedoras de terrenos forestales en la región de Coatepec que participan activamente en la conservación del bosque de niebla y la protección del recurso hídrico. Estos socios, eventualmente también realizan actividades de conservación y mantenimiento del bosque. Entre estos, destacan: Nestlé, Coca Cola FEMSA y el Ingenio de Mahuixtlán.

En cuanto a la gestión para protección de Áreas Naturales Protegidas (ANP), recientemente se logró la declaración de 134 hectáreas de bosque de niebla como Área natural protegida que, según la legislación mexicana,

específicamente el artículo 44 de la ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, es un espacio geográfico delimitado que ha sido reconocido legalmente por el gobierno mexicano para conservar la biodiversidad, los ecosistemas y los recursos naturales que contiene. Estas áreas son fundamentales para proteger especies, preservar paisajes únicos y enfrentar los efectos del cambio climático (FIDECOAGUA, 2025)

Metodología

Esta investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo y documental, orientado al análisis de políticas públicas ambientales, con énfasis en el programa de Pago por Servicios Ambientales (PSA) y el caso específico de FIDECOAGUA en Coatepec, Veracruz. Se empleó una estrategia de estudio de caso para examinar la implementación local del PSA, considerando sus dimensiones ecológicas, sociales y económicas.

La recopilación de información se realizó a través de fuentes secundarias, incluyendo literatura científica, informes institucionales, legislación ambiental mexicana, documentos técnicos de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), y publicaciones de organismos internacionales como CIFOR. Asimismo, se revisaron datos estadísticos oficiales de CONAGUA, SEMARNAT y el Ayuntamiento de Coatepec.

El análisis se estructuró en tres etapas:

1. Contextualización teórica, mediante la revisión de autores clave como R. Kerry Turner, Thomas Malthus y Aldo Leopold, para establecer el marco conceptual de la valoración económica de los servicios ecosistémicos.
2. Examen histórico y normativo, que permitió identificar la evolución del PSA en México y su institucionalización a través de la legislación ambiental y la acción gubernamental.
3. Estudio del caso FIDECOAGUA, en el que se sistematizaron datos sobre superficie cubierta, comunidades beneficiadas, alianzas estratégicas y actividades operativas, con el fin de evaluar su impacto ambiental y social.

Este diseño metodológico permitió integrar elementos teóricos y empíricos para comprender el papel del PSA como instrumento de conservación y desarrollo sustentable en contextos locales.

Resultados y discusión

El programa de pago de servicios ambientales PSA en México, después de 22 años de operación, ha contribuido a la conservación de más de 4 millones de hectáreas de bosques, en miles de ejidos y comunidades.

En Veracruz, en 2022 el PSP benefició a poco más de 18,000 hectáreas con una inversión de 42 millones de pesos (aproximadamente 2 millones de dólares).

En lo que se refiere a FIDECOAGUA , su cobertura llega ya a 12 comunidades del municipio de Coatepec, situadas en la cuenca La Antigua, a las faldas del Cofre de Perote. Estos predios se ubican en Zimpizahua, Tapachapan, Zoncuantla, Loma Alta, Cinco Palos, Colonia Cuauhtémoc, Coatepec Viejo, Carrizal, Cuesta del Pino, Tierra Grande, Mesa de Laurel e Ingenio del Rosario. ("FIDECOAGUA Coatepec") Atendiendo un total de 177 dueños de predios cubriendo una superficie de 1332.83 hectáreas (FIDECOAGUA, 2025)

Conclusión

El Programa de Pago por Servicios Ambientales (PSA) representa una herramienta eficaz para vincular la conservación de los ecosistemas con el desarrollo económico y social de comunidades rurales. Su diseño, basado en principios de economía ambiental y mecanismos de mercado, permite reconocer y valorar los servicios que provee la naturaleza, incentivando su preservación mediante esquemas de compensación.

La experiencia mexicana, y en particular el caso de FIDECOAGUA en Coatepec, Veracruz, demuestra que es posible implementar modelos de gobernanza ambiental desde el ámbito local, con participación comunitaria, transparencia institucional y resultados tangibles. La protección de más de mil hectáreas de bosque mesófilo, la recarga de acuíferos, la redistribución de recursos hacia zonas marginadas y el fortalecimiento del arraigo territorial evidencian el impacto positivo del PSA en múltiples dimensiones.

No obstante, persisten desafíos relacionados con la sostenibilidad financiera, la escalabilidad del modelo y la necesidad de fortalecer los mecanismos de monitoreo y evaluación. Superar estas limitaciones requiere integrar el PSA en políticas públicas más amplias, diversificar sus fuentes de financiamiento y consolidar alianzas interinstitucionales.

En suma, el PSA no solo contribuye a la conservación ambiental, sino que también promueve la justicia social y el desarrollo humano sustentable. Su consolidación como política pública exige voluntad política, innovación institucional y compromiso ciudadano.

Referencias bibliográficas

CIFOR. (2014). Pagos por servicios ambientales: Principios básicos esenciales. Centro Internacional de Investigación Forestal. https://www.cifor-icraf.org/publications/pdf_files/OccPapers/OP-42S.pdf

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2025). Pago por Servicios Ambientales: Incentivos económicos para la conservación de los ecosistemas. Gobierno de México.

CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS, 1917, https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf

Corbera, E., Costedoat, S., Ezzine-de-Blas, D., & Van Hecken, G. (2020). Troubled encounters: payments for ecosystem services in Chiapas, México. Development and Change, 51(1), 167-195. https://doi.org/10.1111/dech.12540

FIDECOAGUA, (2025) https://www.fidecoagua.com/

Field Barry C, (1995), Economía Ambiental una introducción, McGraw-Hill Colombia,

Inegi, (2020) https://cuentame.inegi.org.mx/descubre/conoce_tu_estado/tarjeta.html?estado=30

Malthus, T. R. (1798). An essay on the principle of population. J. Johnson, Ed.

Poverty Action Lab. (2025). Adopción de pagos por servicios ecosistémicos a escala. Abdul Latif Jameel Poverty Action Lab (J-PAL). https://www.povertyactionlab.org/es/page/adopting-payment-ecosystem-services-scale?lang=es

Muñoz-Piña, C., Guevara, A., Torres, J. M., & Braña, J. (2008). Paying for the hydrological services of Mexico's forests: Analysis, negotiations and results. Ecological Economics, 65(49), 725-736. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.07.031

PNUMA (2002). Perspectivas del Medio Ambiente Mundial 2002 GEO-3 Pasado, presente y futuro. Ediciones MUNDI-PRESA. https://ibdigital.uib.es/greenstone/collect/cd2/index/assoc/onu0063.dir/onu0063.pdf

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales https://www.gob.mx/semarnat/que-hacemos

Shapiro-Garza, E., McElwee, P., Van Hecken, G., & Corbera, E. (2020). beyond market logics: payments for ecosystem services as alternative development practices

in the global south. Development and Change, 51(1), 3-25. https://doi.org/10.1111/dech.12546

Semarnat. (2019) Informe de la Situación del Medio Ambiente en México, edición 2018. México

Turner, R. K. (1993). Sustainability: Principles and Practice. In R. K. Turner (Ed.), Sustainable Environmental Economics and Management (pp. 3–36). Belhaven Press.

Turner, R. K., Pearce, D., & Bateman, I. (2003). Environmental Economics: An Elementary Introduction. Johns Hopkins University Press.

Van Rensselaer Potter. (2006) THE LEOPOLD LEGACY Revista Selecciones de Bioética, número 10, Instituto de Bioética-Cenalbe, Bogotá D.C., Colombia, agosto de 2006. https://www.cenalbe.org.co/PDF/seleccionesNo.10.pdf

Wunder, S. (2005). Payments for Environmental Services: Some Nuts and Bolts. CIFOR Occasional Paper No. 42.

Wunder, S., Börner, J., Ezzine-de-Blas, D., Feder, S., & Pagiola, S. (2020). Payments for Environmental Services: Past Performance and Pending Potentials. Annual Review of Resource Economics, 12, 209- 234. https://doi.org/10.1146/annurev-resource-100518-094206

Wunder, S. (2015). Revisiting the concept of payments for environmental services. Ecological Economics, 117, 234-243. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.08.016

Capítulo 33

Orientación pedagógica para el fomento del aprendizaje en estudiantes universitarios

Gloria Leticia Chama Beristáin[1]
Maité María Teresa Sampieri Croda[2]

Resumen

Los saberes y habilidades que desarrolla el estudiantado en las aulas universitarias son fundamentales para su formación profesional pero también humana; el proceso de aprendizaje al ser multifactorial se ve impactado por diversas esferas, aunado al rezago educativo que ha existido después de la pandemia por la COVID-19. El interés de abordar la temática de la orientación pedagógica se centra en fomentar este apoyo en las entidades académicas; para ello, se parte de que el proceso de enseñanza y aprendizaje involucra dos actores centrales: docente y estudiante/estudiante y docente; asumiendo esta relación desde la horizontalidad, es necesario acercarse a ella para potenciar el desempeño áulico.

En esta investigación se muestran resultados de una encuesta aplicada a una muestra por conveniencia conformada por 60 estudiantes universitarios del área económico-administrativa, así como la propuesta que se construye a partir de sus resultados, centrada en la multidimensionalidad del aprendizaje y las opciones que se tienen para enriquecerlo, para que el estudiantado cuente con herramientas de fácil acceso que le otorguen elementos

[1] Docente Universidad Veracruzana
[2] Docente Universidad Veracruzana

metodológicos y heurísticos que favorezcan la adquisición de saberes. En la medida que se vaya avanzando en el desarrollo de un software para dispositivos móviles como gatillador de aprendizajes significativos éste puede enriquecerse, de tal forma que sea útil para estudiantes débiles visuales, ciegos y sordomudos. De igual forma, se contempla sensibilizar a los docentes para que puedan utilizar una gama de estrategias que favorezcan el aprendizaje de sus estudiantes.

Palabras clave: aprendizaje, estudiante, docente, estrategias.

Introducción

El objetivo de este trabajo es mostrar una propuesta de corte pedagógico que pretende favorecer el aprendizaje en estudiantes de nivel superior, específicamente del Área Académica Económico-Administrativa de la Universidad Veracruzana (UV), la experiencia docente de 30 años permite detectar necesidades que el estudiantado manifiesta; tales referentes empíricos se acompañan de un manejo conceptual pedagógico que posibilita diseñar una propuesta factible de ser aplicada en las diversas licenciaturas que conforman el Área. La intención no es desarrollar un manual de técnicas de estudio, este primer acercamiento esboza el rumbo para integrar el desarrollo de una aplicación digital (App) que le permita al alumnado conocer su estilo de aprendizaje y con base en ello seleccionar el método que mejor les acomode, dependiendo, entre otras cosas, de las características de las materias (experiencias educativas) que curse, su nivel de dificultad, el tipo de contenidos que aborde (teóricos, prácticos, experimentales, de investigación), el semestre en el que están inscritas e inscritos y su edad. El desarrollo de dicha aplicación digital será una segunda parte de este estudio, en el presente escrito se reporta sólo la primera parte del mismo.

La idea surge de dos fuentes primordiales, por un lado opiniones de estudiantes expresadas en clase y en las sesiones de tutoría y la segunda fuente es la observación directa al momento de impartir clase, ambas enfatizan en la falta de estrategias para estudiar y aprender ciertos contenidos; en algunas ocasiones los estudiantes le preguntan a sus iguales cómo le hacen para estudiar y tratan de copiar las estrategias, lo que nos hace pensar que no existe una figura responsable y profesionalmente capaz de orientarles al respecto. Es menester mencionar que en ningún momento se pretende desarrollar una propuesta teniendo como base una visión simplista

de causa-efecto sobre el aprendizaje, antes bien, se parte de una mirada compleja (de *complexus* = lo que está tejido junto), que posibilite vislumbrar la multidimensionalidad que encierra el proceso de aprendizaje, así como lo multicausal que se encuentre implícito dentro de esa multidimensionalidad. El interés radica en potenciar el aprendizaje de la comunidad estudiantil de nivel superior, así como de dotarles de una herramienta útil y *ad hoc* a su entorno que les brinde estrategias para el estudio de las diversas materias que cursan por semestre.

Con base en lo anterior este capítulo se organiza en breves apartados que conducen a resaltar la importancia de la orientación pedagógica en la universidad, su modelo educativo, aprender del aprendizaje, los canales de percepción y estilos de aprendizaje, métodos de estudio y técnicas para fortalecer la memoria; así como, la relevancia del autoaprendizaje; para proceder a la discusión, presentación de la propuesta y conclusiones.

La universidad y la orientación pedagógica

Los servicios de asesoría pedagógica, psicológica y vocacional de manera tradicional se identifican con los niveles de educación básica y media superior, incluso existen escuelas que contemplan, en su estructura organizativa con apoyo presupuestal, departamentos psicopedagógicos o de orientación educativa conformados por profesionales de la pedagogía, la psicología y el trabajo social; se puede suponer entonces que el estudiantado egresado del nivel medio superior ha tenido también la oportunidad de contar con la guía suficiente para elegir una carrera o programa educativo que le permitirá formarse en un determinado campo del conocimiento que le llevará a tener éxito profesional y personal.

Y qué decir de su formación académica, al concluir el nivel medio superior debiera poseer los conocimientos, habilidades, competencias y valores suficientes para afrontar su estancia en las instituciones de educación superior, así como las herramientas necesarias para desempeñarse de manera autónoma respecto a su aprendizaje, es decir, tendrá un grado de madurez tal, en el más amplio sentido de la palabra, que al llegar al nivel superior no requerirá apoyo específico en el ámbito pedagógico; en ese contexto, el cuerpo docente deberá preocuparse exclusivamente por los saberes o contenidos de su experiencia educativa, materia o asignatura.

Lo dicho sucedería en el mejor de los escenarios; no obstante, la realidad tiene un cariz distinto porque estudiantes del nivel superior, licenciatura e incluso posgrado, presentan dificultades para transitar de un nivel de comprensión lectora literal o inferencial a niveles críticos, apreciativos y creativos que los conducirían a ser capaces de producir su propio conocimiento; así como, para aplicar metodologías específicas de estudio acordes con su estilo de aprendizaje mediante las cuales pudiesen obtener buenos resultados, al mejorar por ejemplo su capacidad de atención; incluso algo elemental como saber clasificar sus tareas y distribuir sus tiempos de manera adecuada puede complicarse y resultar un problema al enfrentarse a un cúmulo de actividades que realizan propias de la etapa de vida en la que se encuentran y que les impiden asumir las mejores decisiones.

Con base en lo anterior, en la educación universitaria:

> "A través de la orientación el estudiantado toma conciencia de sus problemas y potencialidades para asumir su crecimiento a través del diálogo, la reflexión y el comprometimiento. No se trata sólo de resolver indecisiones o problemas puntuales, sino también de ayudar a las personas a ser independientes y críticas en sus criterios de elección, favorecer la toma de decisiones y ser capaces de hacer un proyecto futuro por ellas mismas, con la facilitación de las herramientas necesarias para superar periodos de transición" (Arbella, 2019. p. 393).

Por tanto, el apoyo pedagógico es un referente importante para la mejora del proceso de enseñanza y aprendizaje que debe estar presente en todos los niveles educativos, incluido el superior, por medio de diferentes tipos de recursos y herramientas para el desarrollo académico de estudiantes, toda vez que obtener soluciones para los problemas que se les presenten en el ámbito educativo repercutirá también en su crecimiento personal y profesional.

El modelo educativo en el nivel superior

Los diferentes niveles escolares a lo largo de la historia han funcionado con base en modelos educativos, en nuestro país existe una lista de modelos que se han utilizado, la mayoría han sido extranjeros y adaptados a una realidad mexicana, en el caso de nuestra universidad, desde 1999 se instauró el Modelo Educativo Integral y Flexible, el cual acuña un enfoque por

competencias con el propósito de "Propiciar en los estudiantes de las diversas carreras que oferta la Universidad Veracruzana una formación integral y armónica: intelectual, humana, social y profesional" (Beltrán, 1999, p.21).

La universidad tenía que responder tanto al contexto macro como micro, de ahí la necesidad de adoptar un modelo que respondiera a tales circunstancias; sin embargo, en el documento que evidencia la puesta en práctica de éste, podemos encontrar que los encargados del diseño se planteaban la posibilidad del cambio en tanto las condiciones mundiales y nacionales irían moviéndose, y en ese sentido el tipo de estudiante que llegara a las aulas también. Como referíamos líneas arriba, la educación, a lo largo de la historia ha estado impregnada de diversas miradas y voces.

Partir del modelo educativo permite el acercamiento al modelo curricular y dentro de éste se encuentran los niveles de concreción curricular, es decir, existe una lógica para trabajar a nivel institucional y otra para trabajar a nivel áulico, justo en este último es donde la o el docente puede desplegar una serie de actividades que permitan al estudiantado apropiarse de los diversos saberes que conlleva la disciplina en la cual se están formando, de tal forma que currículum y didáctica conforman un binomio que no puede disolverse.

Una de las tareas del docente es justamente conocer al estudiantado en las diversas esferas que conforman su humanidad: cognitiva, emocional, social, cultural, entre otras, la visión que se tenga del estudiante ayuda sin duda alguna a implementar estrategias efectivas que consoliden el aprendizaje que desarrolla día a día.

Aprendiendo del aprendizaje

El aprendizaje es un fenómeno multidimensional, se compone de varias dimensiones las cuales están en constante intercambio, juntas conforman un entramado bastante rico, y es en esta trama que el sujeto cognoscente (el que conoce) se mueve y aprende. Retomamos el concepto de Sáez (2018, p. 8) quien menciona que "Aprender es el proceso de asimilar información con un cambio resultante en el comportamiento. Se puede definir como un cambio de comportamiento relativamente permanente que se produce como resultado de la experiencia o la práctica. La experiencia es importante en el concepto de aprendizaje, Einstein decía que el aprendizaje es experiencia, todo lo demás es información".

A continuación, se muestra un esquema que contiene algunas dimensiones:



Figura 1. Dimensiones del aprendizaje.
Fuente: elaboración propia

Lo que se pretende mostrar es que atender el aprendizaje no puede ser visto de manera unilateral por el riesgo que implica de fragmentar la intervención pedagógica que se quiera implementar; dentro de este escrito se retoman algunas de esas dimensiones para construir la propuesta de orientación pedagógica.

Canales de percepción y estilos de aprendizaje

Como refiere Gamboa Mora y colaboradores (2015) un aspecto que se debe abordar dentro del espectro "aprendizaje" son los canales de percepción ya que el aprendizaje se lleva a cabo cuando nuestros sentidos entran en contacto con una realidad determinada; encontramos tres canales de percepción: kinestésico, auditivo y visual, en la práctica, los tres interactúan para producir experiencias de aprendizaje, pero cada persona desarrolla uno más que otro.

En el caso de las personas kinestésicas o kinésicas, el sentido privilegiado es el tacto, por ejemplo, si van a comprar una prenda de vestir deberán tocarla para comprobar que les gusta o no; si están hablando con otra persona,

tienden a tocarle el hombro o el brazo, es decir, necesitan del contacto para que la información que reciben o comunican se "procese" de mejor forma; por su parte las y los individuos visuales necesitan "ver" para poder procesar la información, requieren por tanto mapas mentales, esquemas, colores o imágenes y finalmente, las personas auditivas privilegian el oído, para estas personas es fácil aprender si escuchan explicaciones, pódcast, si algún compañero les explica.

Hablar de los canales de percepción en educación no es novedoso, pero, a pesar de conocer la diversidad que existe, ¿por qué algunas clases se limitan a utilizar un solo canal?

Aludir a canales de percepción, nos lleva al abordaje de los estilos de aprendizaje, estos últimos "nos permiten reconocer que cada estudiante tiene un ritmo y un método de aprendizaje diferente" (González, et al., 2020, p. 16).

En el ámbito pedagógico, existen múltiples propuestas para conceptualizar los estilos de aprendizaje, los cuales datan desde los años 70 y con el transcurso del tiempo han ido evolucionando, ya que la evidencia teórica y metodológica ha puesto de manifiesto nuevos descubrimientos en torno a ellos, no obstante el concepto más ampliamente aceptado es el de Keefe y Thompson (1987), quienes se refieren a los estilos de aprendizaje como "los rasgos cognitivos, afectivos y fisiológicos que se constituyen en indicadores de cómo las personas perciben, interactúan y responden a sus ambientes de aprendizaje" (citados por Pantoja et al., 2013, p. 17). La clasificación que consideramos al hablar de estilos de aprendizaje es la expuesta por Isabel Rovira (2025), quien retomando las aportaciones del psicólogo estadounidense David Kolb habla de:

- Convergentes: las personas son capaces de concertar el pensamiento abstracto con la experimentación activa. Una de sus características es que buscan aplicar de manera práctica conceptos o lo expuesto por teorías. Su enfoque es más técnico y analítico.
- Asimiladores: la gran característica de este grupo es su capacidad para procesar información de manera reflexiva y abstracta. Prefieren un aprendizaje secuencial y son hábiles en organizar y sintetizar grandes volúmenes de información de manera lógica y concisa.

- Divergentes: se caracterizan por tener un pensamiento concreto y un procesamiento reflexivo. En este grupo se encuentran personas que son capaces de considerar diversos puntos de vista. Son intuitivas y confían en su intuición, combinan la experiencia concreta con la observación reflexiva. Son creativas, imaginativas y tienen una buena capacidad para generar ideas. Además, suelen ser emotivas e interesadas en las relaciones interpersonales, destacándose en campos como las artes y las humanidades.
- Acomodadores: este grupo combina el pensamiento concreto con un procesamiento activo. Necesitan involucrarse en su aprendizaje y disfrutan asumir riesgos y poner en práctica nuevas ideas. Tienen una fuerte capacidad para llevar a cabo planes orientados a la acción y buscan constantemente nuevas experiencias. Son adaptables y aprenden a través de la práctica, utilizando un enfoque de ensayo y error.

Los diferentes estilos reflejan maneras de abordar el aprendizaje y la experiencia de cada individuo, lo que nos lleva a considerar que cada estudiante se puede beneficiar de la utilización de métodos de enseñanza que vayan alineados a su estilo particular de aprender y aún más allá, a desarrollar sus propias estrategias para ser autónomos.

Métodos de estudio y técnicas para fortalecer la memoria

Tanto los canales de representación como los estilos de aprendizaje guardan relación con los métodos de estudio que utiliza el estudiantado. Los métodos de estudio son técnicas y estrategias que las y los estudiantes emplean para facilitar el aprendizaje y la comprensión de la información. Estos métodos pueden variar dependiendo del estilo de aprendizaje de cada uno, el tipo de materia o contenido a estudiar y los objetivos específicos que se persiguen. A continuación, se presentan algunos de los métodos de estudio más comunes que sugieren autores como Zapata en su texto *Claves para el éxito universitario* (2016) y Peña en su artículo *10 técnicas de estudio que pueden potenciar tu aprendizaje*:

- Lectura Activa: leer el material de manera crítica, haciendo subrayados, anotando ideas clave, haciendo preguntas y resumiendo lo que se ha leído.
- Técnica de Pomodoro: estudiar durante un tiempo determinado (por ejemplo, 25 minutos) seguido de un breve descanso (5 minutos). Esto ayuda a mantener la concentración y evitar la fatiga.
- Mapas Mentales: diagramas que representan de manera visual la información más representativa de un tema, mostrando conceptos clave de forma organizada y estableciendo relaciones entre ellos.
- Resúmenes: concentrar la información clave de un texto en un formato más breve, lo que facilita la revisión y el repaso.
- Técnicas de Memorización: incluyen métodos como la repetición espaciada, mnemotécnicas y la elaboración de tarjetas de memoria para ayudar a recordar información.
- Estudio Colaborativo: trabajo en pequeños grupos, potenciando el intercambio de ideas, la discusión de conceptos clave y la resolución de problemas, a través de una acción conjunta.
- Práctica Distribuida: se fundamenta en la idea de estudiar en sesiones cortas y distribuidas a lo largo del tiempo, en lugar de realizar sesiones largas de estudio.
- Autoevaluación: realizar exámenes o cuestionarios de práctica para evaluar el propio conocimiento e identificar áreas que necesitan más atención.
- Enseñanza a otros: explicar o enseñar el material a otra persona, lo que puede reforzar la comprensión y el aprendizaje.
- Uso de Recursos Multimedia: incorporar los podcast, videos, infografías y otros recursos visuales y auditivos para complementar el aprendizaje.

Cada estudiante puede encontrar que ciertos métodos funcionan mejor que otros, por lo que es importante experimentar y adaptar las estrategias de estudio a sus propias necesidades y preferencias.

Los métodos de estudio pueden estar unidos a las técnicas que se utilizan para mejorar la memoria y de esta forma adquirir ciertos saberes abordados en clase; técnicas tales como: repetición espaciada, también conocida como repaso espaciado, "técnica de aprendizaje memorístico que consiste en aprender un material determinado dejando pasar espacios de tiempo cada vez más largos entre una sesión de entrenamiento y la siguiente" (Figueroba, 2017, p. 2).

Las asociaciones visuales es otra técnica utilizada como una capacidad para asociar conceptos de manera lógica y significativa para mejorar la memoria, esta técnica se auxilia de diversas aplicaciones digitales que existen en la actualidad tales como Mindmap, Mind42, Popplet.

Al hablar de aprendizaje no podemos obviar hablar de motivación, como menciona Francisco Montfort (2009) haciendo alusión a lo dicho por Benito Juárez: "el deseo vehemente de aprender", contar con esa chispa interna que conduzca a la y el estudiante a desplegar sus propios recursos, así como hacer uso de recursos físicos o digitales que existen, nos lleva a encontrar la motivación que puede tener ya sea por aprender algo nuevo, por formarse mejor para ser un gran profesionista, para crecer como ser humano, etc. La motivación entonces es ese motor interno que las personas poseemos para emprender tareas varias, en este trabajo aludimos tanto a la motivación intrínseca como a la extrínseca, ambas valiosas para el logro de aprendizajes.

Dentro del aprendizaje también existen problemáticas como falta de motivación, distracción, falta de retroalimentación, ausencia de apoyos, procrastinación, problemas emocionales, problemas familiares, falta de concentración, etc., cuyo mayor o menor impacto dependerá de la situación personal, así como del contexto en el cual se desarrolle la o el estudiante.

Autoaprendizaje

La pandemia por la COVID-19 que en el pasado reciente enfrentamos como humanidad nos permitió darnos cuenta, entre otras cosas, de la importancia de prepararnos ante cualquier contingencia que de un momento a otro puede cambiar nuestros planes de vida; experiencias como ésta nos han fortalecido

en general como personas, y en forma específica las y los estudiantes del nivel superior han podido ser conscientes desde otra perspectiva de las situaciones que enfrentan y asumir una participación activa para resolver sus propios problemas; dimensión que alcanza también a la posibilidad de "aprender a aprender", de gestionar su propio aprendizaje; por ello, en el ámbito de la orientación pedagógica es preciso aludir a la valía del autoaprendizaje como la capacidad de adquirir conocimientos o desarrollar habilidades de manera autónoma y hacerse responsables del propio proceso de autoayuda, como mencionan Morales y Bustamante (2021, p. 13): La pandemia cerró las escuelas, pero no el aprendizaje de los alumnos.

Por supuesto, en la temática que nos ocupa no se trata de dejar solo al estudiantado ante los problemas de aprendizaje que enfrenta, sino compartirles diferentes tipos de estrategias y herramientas que cumplan la función de mediadoras; al tiempo que fomentan estilos de aprendizaje creativos y autónomos.

Las políticas universitarias actuales asumen el enfoque pedagógico que coloca al estudiantado en el centro del proceso educativo en el que destacan su rol activo y consciente en la construcción del conocimiento y en la responsabilidad de su propio proceso de aprendizaje, de su trayectoria formativa, con la guía gradual de sus docentes y tutores, y con la posibilidad de ejercer realmente su autonomía, creatividad y capacidad de autogestión; justo es mencionar que el aprendizaje centrado en el estudiante encuentra importantes fundamentos en la obra realizada por algunos teóricos como John Dewey, Jean Piaget y Lev Vygotsky.

Roque, Valdivia, y otros (2018 p.294), destacan que:

> "…el estudiante universitario debe ser capaz de desarrollar habilidades que le permitan su auto educación, lo que requiere que este se apropie de estrategias que faciliten su aprendizaje autónomo y formación del pensamiento crítico, lo que le permitirá alcanzar una adecuada estructuración e integración de los sistemas de conocimientos. Bajo este posicionamiento, el alumno es responsable de regular su propio proceso formativo, para lo cual requiere identificar sus fortalezas y debilidades relacionadas con cuestiones éticas, hábitos de estudio e inteligencia interpersonal, emocional y existencial."

Con base en lo anterior, es preciso dejar de concebir a la orientación pedagógica como proceso remediador para pasar a ser un proceso

potenciador eficaz donde el estudiantado, en su interacción y colaboración con otros, de manera autónoma y responsable pueda aprender y obtener soluciones a las complicaciones académicas, personales y profesionales que se le presenten y seguir avanzando en su proceso de ser humano.

Metodología

El presente proyecto es de corte cualitativo y contempló dos momentos, en el primero de ellos se realizó un estudio descriptivo para conocer la percepción del estudiantado; en el segundo momento se construyó una propuesta de acompañamiento pedagógico, la cual está basada en el análisis de los resultados obtenidos con la aplicación del cuestionario.

Se utilizó la técnica de encuesta y el instrumento diseñado fue un cuestionario, distribuido a través de *Google Forms*, cuyo objetivo se centró en recopilar información sobre el aprendizaje en estudiantes universitarios, para ello se construyeron 20 preguntas, 19 cerradas y una abierta, las cuales versaron sobre: estilos de aprendizaje, métodos de estudio, factores que inciden en el aprendizaje, recursos utilizados para aprender, técnicas para mejorar la memoria, distracciones, motivación, concentración, metas al estudiar, estado de ánimo y recompensas.

Se utilizó la validez de contenido del instrumento por juicio de expertos, los cuales fueron seis docentes universitarios, cuatro de ellos pedagogos, una estadística y una economista, al ser personas con trayectoria en el tema, su opinión informada permitió analizar la claridad, coherencia, relevancia y suficiencia del cuestionario.

Se conformó una muestra a conveniencia de 60 estudiantes y hubo representación desde el primero hasta el noveno semestre de los siguientes programas educativos: Desarrollo del Talento Humano, Publicidad y Relaciones Públicas, Administración de Negocios Internacionales y Ciencias Políticas y Gestión Pública, pertenecientes a la Facultad de Ciencias Administrativas y Sociales (FCAS).

Discusión

Dentro de los hallazgos más sobresalientes se pueden señalar los que tienen que ver con las formas o estrategias que tienen los estudiantes para acercarse

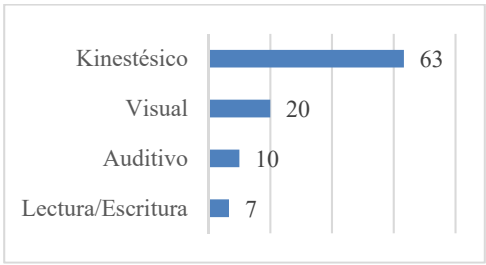
al conocimiento mientras están estudiando, por ejemplo: el 34% dice recurrir a los resúmenes y el 33% a la práctica con ejercicios, o que el 57% solamente estudia antes de presentar un examen. De igual forma, que la cuarta parte del alumnado dice no utilizar ninguna técnica específica para mejorar la memorización. Y que el 43% reporta la utilización de videos como recurso para el aprendizaje.

También destacan los datos sobre hábitos que posee el estudiantado, como el no preguntar en clase por sentirse poco o nada cómodo con esta situación, según reporta el 36%. O la facilidad para distraerse, el 50% dice hacerlo muy a menudo.

Las condiciones que prevalecen a nivel personal igualmente, son un factor muy relevante que afecta el aprovechamiento y la adquisición de conocimientos, ya que el 51% del estudiantado que respondió, indica que su aprendizaje se ve afectado por situaciones de tipo personal o emocional.

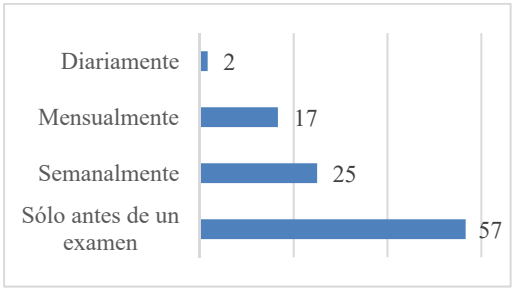
Sin duda resalta sobremanera el hecho de que el 70% de quienes respondieron el cuestionario, coinciden en que la retroalimentación es muy importante para mejorar su aprendizaje, y el 22% reconoce a la tutoría como un recurso que lo favorece.

A continuación, se presentan algunos de los datos más relevantes del cuestionario aplicado, todas las cifras representan el porcentaje de las frecuencias ocurridas.



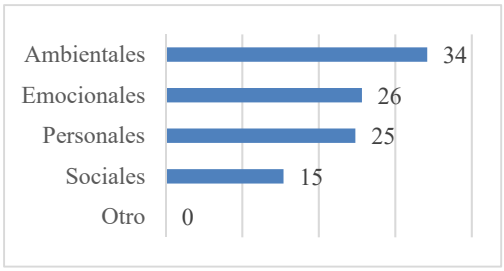
El estilo kinestésico sobresale como el preferido (63%). Llama la atención que sólo uno de cada 10 señala al visual, siendo éste muy común. Lectura y escritura con muy pocas menciones.

Figura 2. Estilo de aprendizaje preferido (porcentaje).
Fuente: elaboración propia



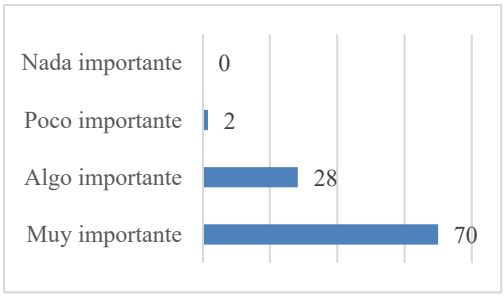
Tarea pendiente es la de propiciar que se deje de lado el hábito de estudiar sólo para el examen, práctica del 57% según se consigna en la Figura 3.

Figura 3. ***Frecuencia con la que revisan el material aprendido (porcentaje)***
Fuente: elaboración propia



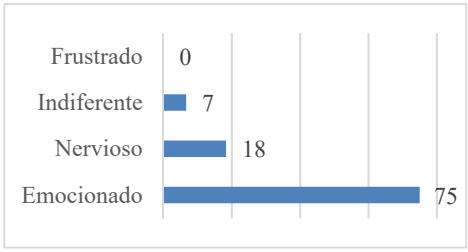
La susceptibilidad del alumnado es importante, al 34% le afectan los estímulos ambientales y las situaciones de carácter personal y emocional a más del 50% según se puede observar de la figura 4.

Figura 4. ***Factores que afectan negativamente el aprendizaje (porcentaje)***
Fuente: elaboración propia



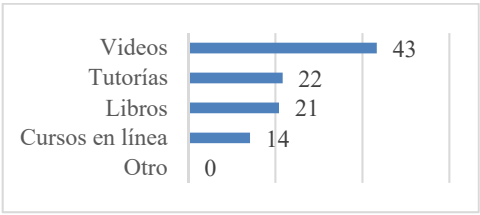
El hecho de que el profesorado retroalimente al alumnado señalando fallas o resaltando aciertos es muy importante. El 70% así lo indica y representa una de las tareas pendientes más relevantes.

Figura 5. ***Importancia de la retroalimentación (porcentaje)***
Fuente: elaboración propia



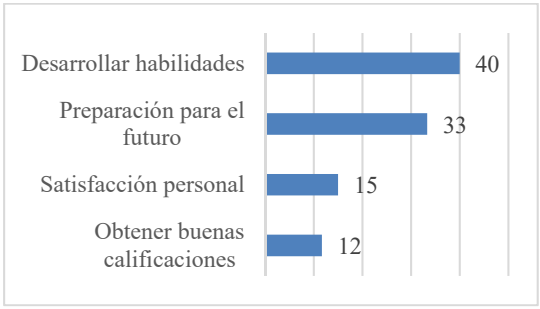
Muy deseables que estudiantado sienta el deseo de aprender y la emoción de lograrlo, afortunadamente el 75% manifestó tener ese gusto. Importante también es reconocer que un 7% es indiferente.

Figura 6. ***¿Cómo te sientes al aprender algo nuevo?***
Fuente: elaboración propia



La Internet y los videos (43%) ocupan un espacio destacado como recursos para el aprendizaje, el libro está relegado con 21% al tercer sitio.

Figura 7. ***¿Qué recursos utilizas para aprender (porcentaje)***
Fuente: elaboración propia



Manifiestan interés por ser competentes (40%) y por tener una visión de futuro (33%), características fundamentales para la formación en educación superior.

Figura 8. ***Objetivos personales al aprender (porcentaje)***
Fuente: elaboración propia



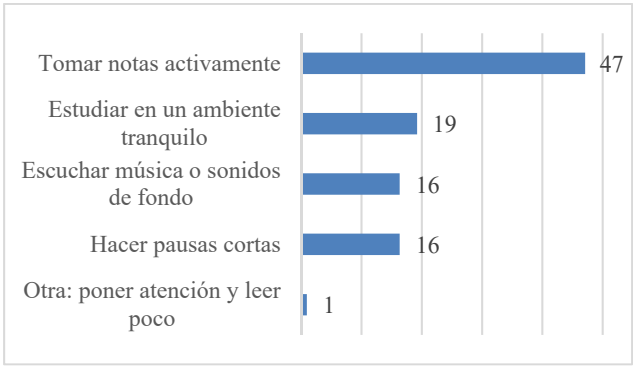
La mayoría (33%) utiliza resúmenes para mejorar la memoria, mientras que un 25% no utiliza técnicas y otro 25% usa la repetición; se infiere que las y los estudiantes no conocen otras técnicas más allá de las que podríamos llamar como "clásicas".

Figura 9. ***Técnicas para mejorar la memoria (porcentaje)***
Fuente: elaboración propia



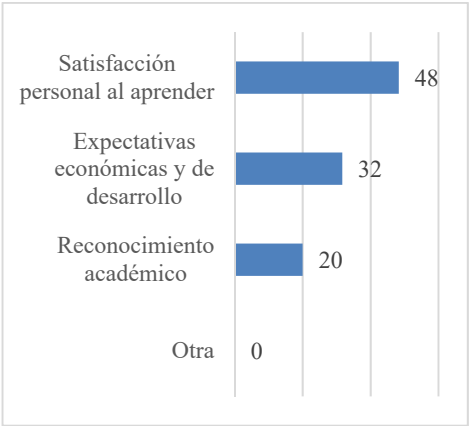
El interés por la materia con 37% de respuestas hace suponer que la manera en que el docente presenta los temas tiene mucho impacto en el aprendizaje; por otro lado, pensar en oportunidades futuras y el apoyo del profesorado y de los pares tiene relevancia en la motivación de aprender.

Figura 10. ***Factores que influyen en la motivación para aprender (porcentaje)***
Fuente: elaboración propia



Ya nos habíamos percatado que al dictar o proyectar información, las y los estudiantes toman notas y están concentrados, aquí se confirma que tomar nota ayuda a atender la clase.

Figura 11. ***Estrategias para mantener la atención (porcentaje)***
Fuente: elaboración propia



La satisfacción personal es el mayor motivo para seguir aprendiendo (48%), mientras que cumplir expectativas económicas y de desarrollo reporta 32%. La satisfacción personal es un motor válido hoy día, y esta información nos compromete aún más con la propuesta de orientación pedagógica aquí presentada.

Figura 12. Tipos de recompensas que motivan a seguir estudiando (porcentaje)
Fuente: elaboración propia

La última pregunta del cuestionario es abierta y plantea lo siguiente: ¿Qué sugerencia o recomendación le darías a una persona que considera tener dificultades para aprender? Como respuesta a esta interrogante, de los 60 estudiantes encuestados, 36 respondieron con las siguientes ideas: "Descubrir cómo aprender mejor, explorar métodos, hacerlo divertido, auto observarse, descubrir habilidades propias, detectar áreas de oportunidad, detectar problemas físicos o mentales, detectar si el problema es uno o el maestro, aplicar técnicas adecuadas para uno", aquí encontramos la mejor justificación para el proyecto que estamos presentando.

Propuesta

En nuestra institución existen programas tendientes a proporcionar ayuda al sector estudiantil, no obstante, la pandemia intensificó la necesidad de proporcionarles estrategias que les permitieran adueñarse de los diversos saberes que se abordan en cada uno de los programas educativos (licenciaturas), toda vez que aunque esté establecido un acompañamiento para el estudiantado, éste se ha enfocado a la resolución de otros problemas y ha dejado de lado el aspecto pedagógico en la formación universitaria.

En la UV se cuenta con un sistema de tutorías, el cual tiene por objetivo apoyar al estudiantado a resolver problemas de tipo académico, promover su

autonomía y formación integral, así como contribuir a mejorar su rendimiento académico, a partir de una atención individual o en pequeños grupos" (Universidad Veracruzana, 2009, p. 3).

En el *Reglamento del Sistema Institucional de Tutorías* se menciona una tipología de tutorías a las que puede acceder cualquier estudiante de la universidad, a saber: Tutoría académica, Enseñanza tutorial, Tutoría para la apreciación artística y Tutoría para la investigación. Además, se cuenta con un sistema denominado PLANEA que permite planificar la carga crediticia a cubrir por la o el estudiante en cada semestre.

El sistema de tutorías puede enriquecerse con la orientación pedagógica que permita al alumnado potenciar sus aprendizajes durante su estancia en la universidad, nuestra propuesta sobre orientación pedagógica, de ninguna manera intenta sustituir al sistema de tutorías, al contrario, busca fortalecer las prácticas de estudio que tienen las y los estudiantes y de esa manera coadyuvar en su formación académica y profesional.

Con base en lo desarrollado, es que decidimos construir una propuesta bipartita, por un lado, socializar con los docentes, una serie de estrategias que les permitan conocer los canales de percepción y los estilos de aprendizaje que pueden tener sus estudiantes, proporcionarles una gama de estrategias didácticas factibles de ser utilizadas en sus aulas, acordes con el número de estudiantes que esté atendiendo. Por otro lado, se contempla proporcionar a los estudiantes un *kit* de apoyo a su aprendizaje, el cual tiene como punto de partida conocer su estilo de aprendizaje y con base en ello, brindarles diversas estrategias que lo enriquezcan y potencien, para llevarlos finalmente a una reflexión que promueva el autoaprendizaje. Lo anterior queda señalado en la siguiente figura:

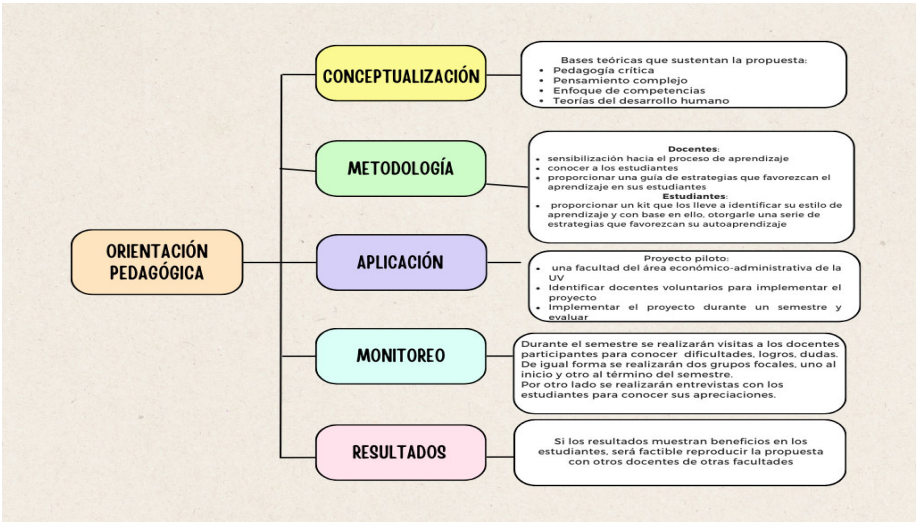


Figura 13. ***Propuesta de orientación pedagógica.***
Fuente: elaboración propia

Con el empleo de la tecnología se contempla diseñar una aplicación que pueda utilizarse en el celular y que de manera inmediata proporcione información y retroalimentación tanto a estudiantes como a docentes; para el desarrollo de dicha aplicación se busca una alianza de colaboración con docentes de la Facultad de Estadística e Informática de la propia universidad interesados en participar en el proyecto.

Conclusiones

Si partimos del hecho de que las estrategias de aprendizaje son procedimientos o secuencias de acciones conscientes, voluntarias, controladas y flexibles, que se convierten en hábitos para quien se instruye, cuyo propósito es el aprendizaje y la solución de problemas tanto en el ámbito académico como fuera de él (Díaz, B. 2007, p. 233), estaremos de acuerdo en la necesidad de enriquecerlas y sobre todo utilizarlas, por ello, la propuesta que se presenta en este escrito está orientada a satisfacer una necesidad que resulta sentida por las y los estudiantes encuestados y que puede ser el reflejo de una mayoría que no se ha visibilizado.

Aunado del programa de tutorías con que cuenta nuestra universidad, valoramos el hecho de que tanto docentes como estudiantes puedan

disponer de otras herramientas que enriquezcan su labor dentro y fuera del aula, emprender una acción que conlleve una visión diferente de lo que significa aprender, mostrar la multidimensional del aprendizaje y por ende del ser humano; resulta ser todo un desafío cognitivo y ético, como menciona Morin y Delgado (2017, p. 47): "Reformar el pensamiento requiere la formación de una nueva actitud ante los conocimientos y la responsabilidad. El desafío cognoscitivo deviene desafío cívico, que concierne a la ética en el manejo de los conocimientos, a la democracia cognoscitiva y comunicacional, que es uno de los problemas fundamentales del presente".

Hoy más que nunca necesitamos de profesionistas con democracia cognitiva, capaces de establecer acciones en pro de la especie humana, haciendo de este mundo un mejor lugar para convivir de manera pacífica y justa. Para contribuir a ello es que proponemos el acompañamiento pedagógico al estudiantado, en esta primera parte de la investigación se han manifestado los hallazgos encontrados en las opiniones que han vertido los estudiantes y que han servido de base para argumentar la propuesta de acompañamiento, en un segundo momento se desarrollará la aplicación digital que pueda ser de utilidad a la comunidad estudiantil, no sin antes desarrollar una prueba piloto.

Sin duda alguna se necesitan más estudios sobre el universo juvenil universitario, los docentes precisamos de conocer la cultura actual de los jóvenes estudiantes, los procesos cognitivos, afectivos, axiológicos que desarrollan a fin de enfilar las planeaciones didácticas, el uso de técnicas didácticas y el tipo de evaluación pertinente, ya que si se trabaja bajo un enfoque de competencias y este pone al centro de todo a los estudiantes, pues hagámoslo realidad investigándolos.

Referencias bibliográficas

Arbella, Y. C., Martínez, F. L., & Torrez, E. A. O. (2019). Retos de la orientación educativa en el contexto universitario. Opuntia Brava, 11(2), 390-400.

Beltrán, J. coord. (1999). Nuevo Modelo Educativo para la Universidad Veracruzana. Lineamientos para el nivel licenciatura. Propuesta. Universidad Veracruzana.[fuente clásica]

Figueroba, A. (2017, julio 11). Repetición espaciada (técnica para memorizar): qué es y cómo usarla. Portal Psicología y Mente. https://psicologiaymente.com/inteligencia/repeticion-espaciada

Díaz-Barriga, F. Hernández Rojas,G. (2007). Estrategias docentes para un aprendizaje significativo una interpretación constructivista. 2a Ed, Mc Graw Hill.

Gamboa Mora, M.C. Briseño Martínez, J.J. y Camacho Gozález, J.P. (2015) Caracterización de estilos de aprendizaje y canales de percepción de estudiantes universitarios en Revista Opción, 31 (3). Universidad del Zulia, 509-527

González Calixto, M. B. Córdoba Andrade, L. y Forero Romero, A. (2020). Estilos de aprendizaje y autodeterminación en la educación superior: (1 ed.). Tolima, Sello Editorial Universidad del Tolima. Recuperado de https://elibro.net/es/ereader/bibliotecauv/228437?page=16.

Monfort, F. (2009) El deseo vehemente de aprender. Universidad Veracruzana.

Morales Bonilla, Yadira, & Bustamante Peralta, Karen Edith. (2021). Retos de la enseñanza en la pandemia por COVID 19 en México. Dilemas contemporáneos: educación, política y valores, 9(1), 00043. Epub 03 de noviembre de 2021.https://doi.org/10.46377/dilemas.v9i1.2873

Morin, E, y Delgado, C. (2017). Reinventar la educación. Abrir caminos a la metamorfosis de la humanidad. Ediciones Desde abajo.

Peña, C. (2025) 10 técnicas de estudio que pueden potenciar tu aprendizaje. Disponible en http://conecta.tec.mx/es/noticias/nacional/educacion/10-tecnicas-de-estudio-que-pueden-potenciar-tu-aprendizaje

Poulain, R. Furnémont, J. Denyer, M. (2007) Las competencias en la educación: un balance. Fondo de Cultura Económica. Disponible en: https://elibro.net/es/ereader/bibliotecauv/110664?page=8. Consultado en: 27 Jan 2025

Roque Herrera, Y., Valdivia Moral, P. Á., Alonso García, S., & Zagalaz Sánchez, M. L. (2018). Metacognición y aprendizaje autónomo en la Educación Superior. Educación Médica Superior, 32(4), 293-302; disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-21412018000400024&script=sci_arttext

Rovira Salvador, I. (2025) El modelo de Kolb sobre los cuatro estilos de aprendizaje. Disponible en: https://psicologiaymente.com/desarrollo/modelo-de-kolb-estilos-aprendizaje

Sáez López, J. M. (2018). Estilos de aprendizaje y métodos de enseñanza. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Recuperado de https://elibro.net/es/ereader/bibliotecauv/129726?page=8.

Universidad Veracruzana (2009). Reglamento del sistema institucional de tutorías. Universidad Veracruzana.

Valiente Barderas, A, & Galdeano Bienzobas, C. (2009). La enseñanza por competencias. Educación química, 20(3), 369-372. Recuperado en 26 de enero de 2025, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2009000300010&lng=es&tlng=.

Zapata Erice, M. M. (Il.) (2016). Claves para el éxito universitario: (1 ed.). Madrid, Delta Publicaciones. Recuperado de https://elibro.net/es/ereader/bibliotecauv/227381?page=26.

Capítulo 34

Documento de Diseño Estratégico de un Modelo de Negocio Financiero Innovador para Instituciones de Educación Superior (IES)

Luis Hernando Camargo Torres[1]
Kelly Maritza Bohórquez Barbosa[2]
Yenny Carolina Bohórquez Barbosa[3]

Resumen

Las Instituciones de Educación Superior (IES) en América Latina enfrentan una tensión estructural entre el cumplimiento de exigencias crecientes de calidad, sostenibilidad financiera y regulación, y la limitada capacidad de sus modelos financieros tradicionales para soportar dichos retos en entornos de alta incertidumbre. Este white paper doctoral propone un Modelo Financiero Integrado de Gestión Estratégica para IES (MFIG-IES), concebido como una plataforma financiera estratégica que articula la gestión del portafolio de proyectos institucionales, la calidad educativa y la sostenibilidad financiera, mediante un esquema híbrido que combina modelo invertido, gratuidad estratégica y arquitectura basada en datos.

El modelo redefine la intermediación financiera interna de las IES, desplazando el foco desde la financiación presupuestal rígida hacia un

[1] Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca camargotorres@gmail.com https://orcid.org/0000-0003-2506-1179
[2] Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca kellyboh@hotmail.com https://orcid.org/0000-0002-7524-3678
[3] Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca yeboho23@hotmail.com https://orcid.org/0000-0002-7524-3678

sistema de asignación dinámica de capital institucional, soportado en indicadores de madurez, desempeño de proyectos y generación de valor académico y social. Su implementación permitiría mejorar la toma de decisiones, reducir riesgos financieros y regulatorios, fortalecer la calidad educativa y ampliar el impacto social de las IES, particularmente en contextos emergentes como Colombia y América Latina.

Palabras Claves: Gerencia, decisiones, modelos, finanzas, proyectos.

Problema estructural que se busca resolver

En el marco de la ponencia, la tesis y el instrumento de diagnóstico, el problema no se reduce a "falta de presupuesto", sino a una falla de arquitectura financiera para gestionar proyectos estratégicos en instituciones y organizaciones intensivas en intangibles. En IES, la calidad educativa depende de proyectos (plan de desarrollo, planes de mejoramiento, infraestructura, tecnología, bienestar, investigación, internacionalización), pero la asignación de recursos suele operar con lógicas históricas y administrativas, desconectadas de desempeño, riesgo y aporte a objetivos estratégicos. La ponencia insiste en que "los proyectos hacen posible que los resultados institucionales se obtengan" y que el reto principal es la implementación y el seguimiento en niveles estratégicos, de gestión y operativos.

Es así como el modelo surge de la necesidad de articular proyectos estratégicos dentro de la estrategia corporativa de la Instituciones de Educación Superior – IES, basados en el mapa estratégico, de allí que se reconoce el modelo estratégico:

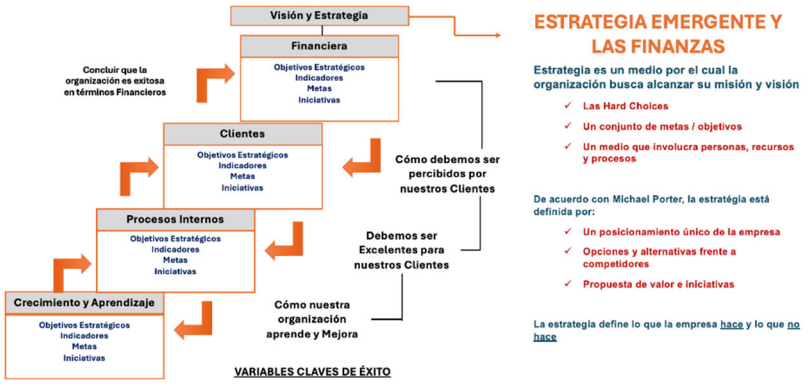


Figura 1 Estrategia y Variables Claves de Éxito.
Fuente: Elaboración propia

Se evidencia, además, que en la gestión de proyectos existen brechas recurrentes en planeación, ejecución y control; y, particularmente, que las áreas de conocimiento presentan debilidades (alcance, riesgos, integración, cronograma, costos, recursos, comunicaciones, adquisiciones, calidad e interesados). Esto es crítico desde lo financiero porque implica variaciones, reprocesos y decisiones tardías que deterioran el flujo de caja institucional y elevan el riesgo residual. Cuando la madurez de control y mejora continua es baja, el presupuesto deja de ser un instrumento de dirección y se vuelve un registro de desviaciones. De allí que se incluye el portafolio de proyectos:

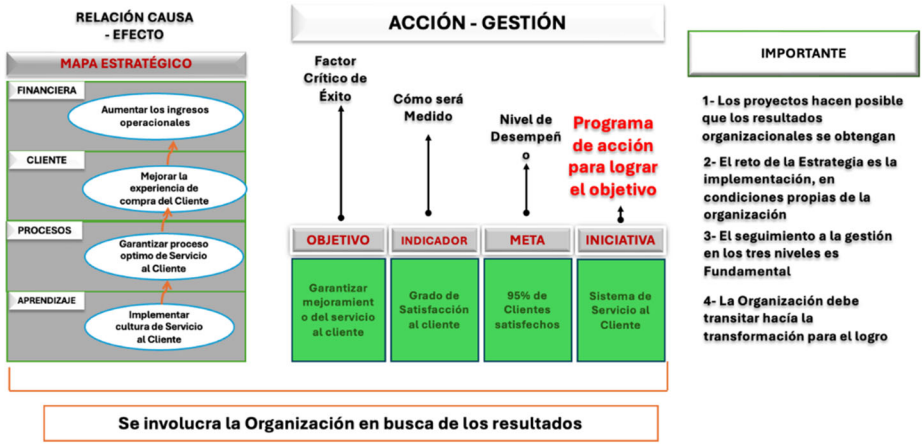


Figura 2 Estrategia y Portafolio de Proyectos.
Fuente: Elaboración propia

A partir de lo anterior, la conse cuencia financiera es estructural: se incrementa el costo total de los proyectos (sobrecostos), se eleva el costo de oportunidad (capital inmovilizado en iniciativas de bajo aporte), se amplifica el riesgo operativo y reputacional, y se deterioran indicadores estratégicos como permanencia estudiantil, satisfacción de partes interesadas y estabilidad institucional. Por ello, el modelo tradicional resulta insuficiente: no integra portafolio, tipología de proyectos, información oportuna y aseguramiento de la calidad como mecanismo de protección del valor.

Propuesta del modelo innovador

El MFIG-IES se concibe como un modelo financiero invertido, en el cual el capital institucional no se asigna ex ante por unidades administrativas, sino que fluye hacia proyectos estratégicos priorizados según su contribución a la calidad, la sostenibilidad y el impacto social.

El modelo surge de reconocer el ambiente BANI:

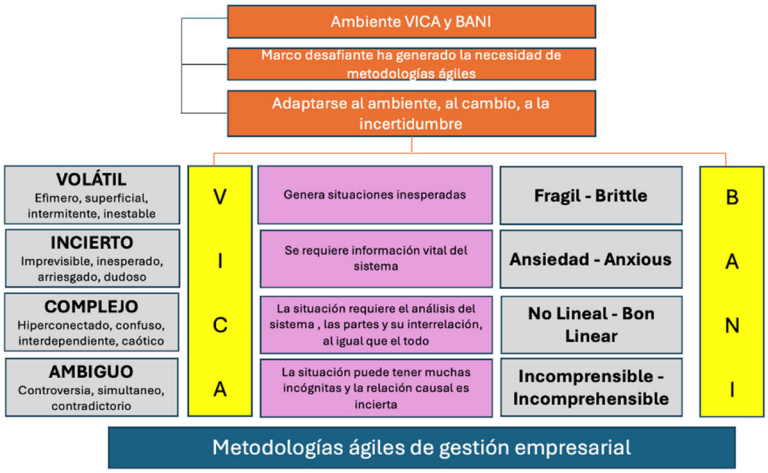


Figura 3 Modelo de Gestión y Complejidad.
Fuente: Elaboración propia

Tipo de modelo

Modelo híbrido: Modelo invertido de asignación de capital, Gratuidad estratégica para usuarios internos (facultades, programas, proyectos). - Plataforma financiera basada en datos e indicadores.

Población objetivo

- IES privadas y públicas de América Latina.
- Directivos, áreas financieras, planeación, aseguramiento de la calidad y gestión de proyectos.

Servicio financiero ofrecido

- Plataforma de gestión financiera estratégica para proyectos institucionales.

- Asignación dinámica de recursos.
- Evaluación de riesgos y desempeño.

Arquitectura económica y financiera del modelo

El modelo se diseña como un sistema de asignación de capital y control estratégico que conecta el entorno, la realidad organizacional y el portafolio de proyectos mediante la lógica EFES (Estable–Flexible–Escalable–Sencillo). En términos financieros, EFES es una arquitectura de decisión que reduce la volatilidad de resultados al asegurar tres funciones: (a) selección y priorización del portafolio con criterios de valor y riesgo; (b) ejecución con información oportuna para corregir desviaciones; y (c) cierre con aseguramiento de calidad que convierta el aprendizaje en reducción de riesgo futuro.

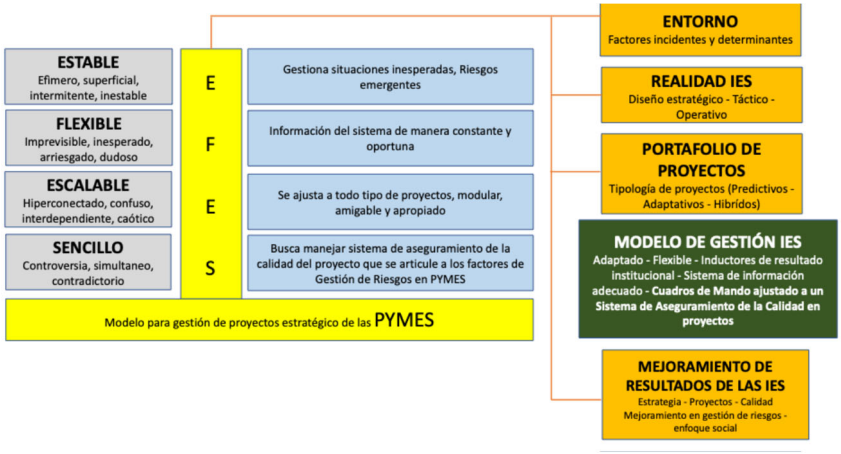


Figura 4 La complejidad y los modelos de gestión.
Fuente: Elaboración propia

Desde la perspectiva de actores, el modelo integra alta dirección, planeación y calidad, finanzas, unidades ejecutoras y partes interesadas reguladoras. La intermediación deja de ser administrativa y pasa a ser intermediación por evidencia: los proyectos compiten por capital institucional con base en su contribución a objetivos estratégicos, su perfil de riesgo y su desempeño medido.

El flujo de capital se organiza a través de un Fondo Estratégico de Proyectos que opera con reglas claras. Primero, se asigna un "piso estable" de recursos

para continuidad operativa y compromisos ineludibles (EFES–Estable). Segundo, el resto del capital se asigna de manera flexible y contingente según escenarios y riesgos emergentes (EFES–Flexible), lo cual es coherente con entornos VICA/BANI. Tercero, el modelo se escala a todo tipo de iniciativas mediante módulos de costeo, medición y control ajustados a la tipología (predictiva, adaptativa o híbrida) (EFES–Escalable). Cuarto, la gobernanza financiera se mantiene sencilla con reglas de decisión y tableros que evitan complejidad innecesaria, privilegiando señales críticas, no exceso de indicadores (EFES–Sencillo).

La generación de valor se define como creación y protección de valor institucional. Crear valor implica que el portafolio mejore desempeño académico, satisfacción, posicionamiento y estabilidad financiera; proteger valor implica reducir riesgo residual, evitar sobrecostos, disminuir reprocesos y asegurar trazabilidad. La asignación del riesgo es distribuida: cada proyecto asume su riesgo inherente, pero la institución controla el riesgo agregado del portafolio mediante límites de exposición, diversificación por tipología y ajustes en el costo de capital del proyecto.

El control del modelo se adhiere facilmente al Cuadro de mando Integral diseñado para tal fin:

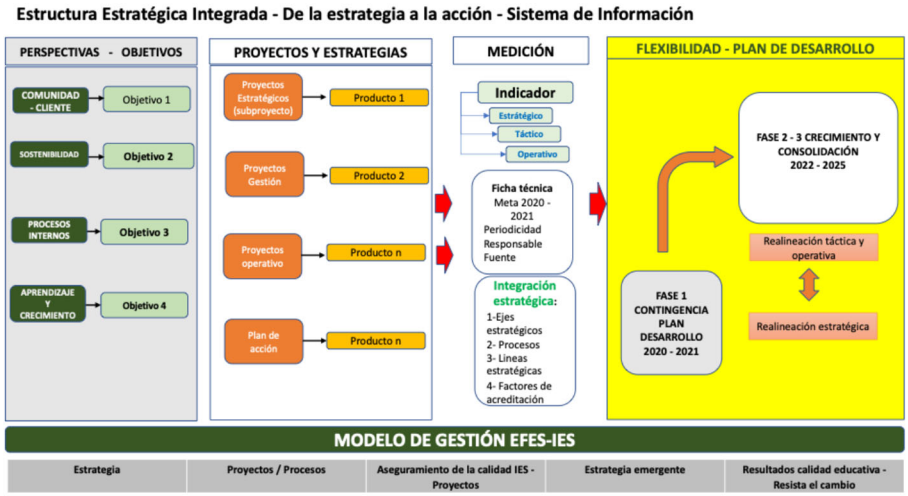


Figura 5 Estructura Estratégica Integrada - De la estrategia a la acción - Sistema de Información.
Fuente: Elaboración propia

La monitoría estratégica del modelo EFES-IES se realizará mediante un sistema integrado de información que articula objetivos estratégicos,

portafolio de proyectos y medición multinivel (estratégica, táctica y operativa), permitiendo un seguimiento continuo y financiero-estratégico del desempeño institucional. Cada proyecto y producto asociado contará con una ficha técnica que consolida metas, periodicidad, responsables y fuentes de información, alimentando indicadores que no solo evalúan cumplimiento, sino creación y protección de valor institucional.

Este sistema de monitoría permite contrastar los resultados obtenidos frente a los objetivos definidos en las perspectivas de comunidad-cliente, sostenibilidad, procesos internos y aprendizaje y crecimiento, facilitando procesos de realineación táctica y operativa en el corto plazo, y de realineación estratégica en escenarios de cambio estructural. En términos financieros, la monitoría estratégica actúa como un mecanismo de reducción del riesgo residual y de control del costo de capital institucional, al garantizar trazabilidad, oportunidad de la información y coherencia entre estrategia, proyectos y resultados, fortaleciendo la estabilidad financiera y la sostenibilidad de largo plazo de la IES.

Estrategia de monetización

La estrategia de monetización del modelo EFES-PYMES se concibe desde una lógica estrictamente financiera, coherente con un modelo invertido y con el principio de gratuidad estratégica para los usuarios finales (PYMES, unidades ejecutoras o áreas internas). El objetivo no es trasladar costos al usuario, sino capturar valor económico sistémico a partir de la eficiencia en la intermediación, el uso intensivo de información y la redistribución del riesgo.

En primer lugar, el modelo monetiza mediante la reducción del costo total de intermediación financiera. Al sustituir esquemas tradicionales de financiación caracterizados por altos spreads, asimetrías de información y procesos de evaluación exógenos por una arquitectura basada en datos operativos y financieros en tiempo casi real, el modelo reduce el spread implícito entre costo de fondeo y retorno esperado. Esta reducción se traduce en ahorro financiero directo para el sistema y en una mejora del rendimiento ajustado por riesgo del portafolio.

En segundo lugar, la monetización se materializa a través de spreads internos de asignación de capital. El fondo estratégico de proyectos asigna recursos utilizando un WACC ajustado por riesgo y tipología de proyecto. La diferencia entre el costo promedio de los recursos institucionales y el costo de capital

asignado a proyectos de mayor riesgo constituye un spread interno que permite compensar proyectos de alta incertidumbre con proyectos estables, asegurando sostenibilidad financiera agregada.

En tercer lugar, el modelo habilita la participación en rendimientos de proyectos estratégicos. En iniciativas que generan flujos de caja identificables innovación, extensión, transferencia tecnológica, proyectos productivos o de eficiencia, la institución puede estructurar esquemas de participación en los rendimientos futuros, alineando incentivos entre gestores, financiadores y la organización. Este mecanismo transforma proyectos tradicionalmente vistos como centros de costo en activos financieros con retorno esperado.

En cuarto lugar, la monetización se apoya en el valor económico de la información y los datos. La estandarización de métricas financieras, de riesgo y de desempeño permite generar información agregada de alto valor para análisis sectorial, benchmarking, estructuración financiera y toma de decisiones estratégicas. Sin comprometer información sensible, estos datos pueden convertirse en insumo para servicios de consultoría, asistencia técnica o estructuración de proyectos financiables.

Finalmente, en escenarios de madurez avanzada, el modelo contempla la tokenización de derechos económicos asociados a proyectos específicos, siempre que el marco regulatorio lo permita. Esta tokenización no se orienta a la especulación, sino a facilitar la participación distribuida en rendimientos, mejorar liquidez y reducir el costo de capital, reforzando la lógica de economías de red financieras.

Encaje regulatorio

El encaje regulatorio se entiende como la capacidad del modelo para operar sin fricción con marcos existentes y, a la vez, identificar vacíos que requieren habilitación normativa o protocolos internos. En el contexto de IES, el modelo se alinea con lógicas de planeación, control y aseguramiento de la calidad, y dialoga con sistemas de información y evaluación del sector (por ejemplo, sistemas de seguimiento, registros, pruebas y mecanismos de acreditación señalados en la ponencia). La regulación no se aborda como restricción externa, sino como parte del diseño del sistema, dado que el incumplimiento regulatorio suele ser una consecuencia indirecta de fallas en proyectos estratégicos.

La figura legal principal es institucional: el modelo opera como sistema interno de gobierno financiero del portafolio (política de asignación de recursos y control), con respaldo de procedimientos y trazabilidad. Los riesgos regulatorios relevantes se concentran en dos frentes: protección y tratamiento de información (gobernanza de datos), y transparencia en priorización y asignación de recursos (evitar discrecionalidad). En organizaciones donde el modelo se convierta en oferta consultiva hacia terceros, deberán revisarse condiciones contractuales, propiedad intelectual, y responsabilidades por tratamiento de información.

El uso de sandbox regulatorio no es obligatorio para la operación interna, pero se recomienda como estrategia de pilotaje cuando se incorporen elementos de innovación financiera más avanzados (p. ej., tokenización, esquemas de participación en rendimientos, o integración con proveedores externos de analítica). En dichos casos, el sandbox se justifica para reducir riesgo regulatorio y validar gobernanza.

En cuanto a vacíos normativos, el principal no es la ausencia de normas, sino la falta de especificidad sobre modelos de asignación de capital basados en desempeño y riesgo para portafolios de proyectos estratégicos. Por ello, el modelo plantea protocolos internos (política, manual, comité y tableros) que documenten reglas, límites de exposición, criterios de priorización y mecanismos de auditoría.

Análisis integral de riesgos

El análisis de riesgos del modelo EFES-PYMES se estructura desde una perspectiva financiera integral, en la cual los riesgos no se conciben como eventos aislados, sino como factores que afectan directamente el costo de capital, los flujos de caja y la estabilidad del portafolio. Cada categoría de riesgo se traduce en impactos económicos medibles y en decisiones de asignación de recursos.

Desde el punto de vista de los riesgos financieros, el principal riesgo es la destrucción de valor económico agregado. Esto ocurre cuando proyectos estratégicos presentan EVA negativo de forma persistente o cuando el portafolio, en su conjunto, no cubre su costo de capital. El modelo mitiga este riesgo mediante la evaluación ex ante y ex post del EVA por proyecto, el ajuste dinámico del WACC y la realineación continua del portafolio. Adicionalmente,

se controla el riesgo de iliquidez a través del seguimiento del flujo de caja operativo por proyecto y la definición de límites de exposición financiera.

En cuanto a los riesgos tecnológicos, el modelo reconoce que las fallas en sistemas de información generan asimetrías que elevan el costo de capital. La ausencia de información oportuna incrementa la incertidumbre, deteriora la calidad de las decisiones financieras y amplifica la probabilidad de sobrecostos. Por ello, el riesgo tecnológico se gestiona como riesgo financiero indirecto, mitigado mediante inversión en plataformas de información integradas y estándares de calidad de datos.

Los riesgos regulatorios se manifiestan financieramente a través de sanciones, restricciones operativas, pérdida de acceso a recursos y deterioro reputacional. El modelo incorpora el cumplimiento normativo como variable de control financiero, integrando indicadores regulatorios dentro del sistema de seguimiento del portafolio. De esta forma, el riesgo regulatorio se internaliza en el costo de capital de los proyectos afectados.

En relación con los riesgos sistémicos, el modelo identifica como críticos la concentración excesiva de recursos en proyectos de alta incertidumbre, la falta de diversificación por tipología y la dependencia de fuentes únicas de financiación. La mitigación se logra mediante reglas explícitas de diversificación del portafolio, escenarios de estrés financiero y simulaciones de impacto sobre el flujo de caja agregado.

Finalmente, los riesgos éticos se abordan como riesgos financieros de largo plazo. La manipulación de indicadores, el uso indebido de información o la discrecionalidad en la asignación de recursos erosionan la confianza, elevan el riesgo reputacional y aumentan el costo de capital institucional. El modelo mitiga estos riesgos mediante gobernanza clara, trazabilidad de decisiones y auditoría financiera y de datos.

Indicadores financieros del modelo EFES-PYMES

El núcleo financiero del modelo EFES-PYMES se materializa mediante un sistema de indicadores orientados a creación y protección de valor, aplicables tanto a proyectos individuales como al portafolio estratégico.

EVA por proyecto estratégico

El Valor Económico Agregado se redefine a nivel de proyecto:

$EVA_p = NOPAT_p - (Capital\ Invertido_p \times WACC_p)$

Donde: - El $NOPAT_p$ incorpora resultados operativos directos e indirectos del proyecto. - El Capital $Invertido_p$ incluye recursos financieros, tecnológicos y humanos. - El $WACC_p$ se ajusta según el perfil de riesgo del proyecto (predictivo, adaptativo o híbrido).

Un proyecto estratégico solo se mantiene en el portafolio si su EVA esperado es positivo o si cumple una función de protección sistémica del valor.

ROIC del portafolio de proyectos

El modelo prioriza la evaluación del retorno agregado:

$ROIC_{port}$ = NOPAT agregado del portafolio / Capital total invertido

Este indicador permite: - Comparar desempeño entre periodos. - Justificar reasignaciones de capital. - Evaluar la eficiencia financiera de la estrategia.

Flujo de caja operativo por proyecto

Cada proyecto se evalúa por su capacidad de generar o proteger caja:

FCO_p = Ingresos incrementales – Costos operativos – Inversiones recurrentes

Proyectos con FCO persistentemente negativo requieren rediseño o cancelación.

Indicador de riesgo residual del proyecto

Se introduce un indicador financiero de riesgo residual:

RRP = Riesgo inherente – Mitigación efectiva

Este indicador ajusta el WACC y redefine la priorización del proyecto.

Índice de calidad financiera del proyecto (IQFP)

El IQFP integra calidad y finanzas:

IQFP = (Cumplimiento de estándares × Oportunidad de información × Desempeño financiero)

Un IQFP alto indica proyectos financieramente sanos y estratégicamente protegidos.

Impacto en mercados emergentes

El impacto del modelo EFES-PYMES en mercados emergentes se analiza desde una perspectiva macrofinanciera y estructural, superando la visión asistencial o descriptiva de la inclusión. En estos contextos, el principal problema no es la ausencia de recursos, sino la ineficiencia en la intermediación financiera, la elevada prima de riesgo y la asignación subóptima del capital.

En términos de inclusión financiera, el modelo reduce barreras de acceso al capital al sustituir criterios tradicionales de evaluación basados en garantías físicas e historial crediticio limitado por análisis de desempeño operativo, datos transaccionales y métricas de riesgo ajustadas. Esto permite que PYMES y organizaciones intensivas en proyectos accedan a financiación bajo esquemas más coherentes con su realidad económica, reduciendo la exclusión estructural.

Respecto al acceso al crédito, el modelo impacta directamente el costo del financiamiento. Al disminuir la asimetría de información y mejorar la calidad de la evaluación del riesgo, se reduce la prima exigida por los financiadores. En términos financieros, esto se traduce en una disminución del WACC efectivo de las organizaciones participantes y en una mayor viabilidad de proyectos que, bajo esquemas tradicionales, resultarían no financiables.

En cuanto a la reducción de costos de intermediación, EFES-PYMES redefine el rol del intermediario financiero. La plataforma actúa como mecanismo de desintermediación parcial, al internalizar procesos de análisis, seguimiento y control que normalmente encarecen el crédito. La reducción de spreads implícitos mejora la eficiencia del sistema y eleva el rendimiento ajustado por riesgo del portafolio agregado.

Desde la óptica del desarrollo económico, el modelo contribuye a una asignación más eficiente del capital productivo. Al priorizar proyectos con mayor impacto económico y social y al proteger el valor mediante sistemas

de calidad y control, se favorece la sostenibilidad de las PYMES, la generación de empleo y la estabilidad de los ecosistemas productivos locales.

Finalmente, en relación con las vulnerabilidades institucionales, el modelo fortalece la resiliencia financiera al introducir mecanismos de diversificación del portafolio, monitoreo continuo y ajustes dinámicos del costo de capital. Esto reduce la probabilidad de quiebres sistémicos derivados de choques externos, cambios regulatorios o fallas operativas, particularmente relevantes en economías emergentes caracterizadas por volatilidad macroeconómica.

Contribución teórica y proyección doctoral

El modelo EFES-PYMES constituye una contribución sustantiva a la teoría financiera contemporánea al proponer una arquitectura alternativa de intermediación y asignación de capital, diseñada específicamente para contextos de alta incertidumbre y mercados emergentes. A diferencia de los enfoques tradicionales, el modelo integra explícitamente riesgo, información, calidad y estrategia dentro de un mismo sistema financiero.

Desde el punto de vista teórico, el modelo cuestiona varios supuestos fundamentales del sistema financiero tradicional. En primer lugar, pone en entredicho la idea de que el riesgo es una variable exógena y propone tratarlo como una variable endógena, gestionable mediante información oportuna, diseño de portafolio y gobernanza financiera. En segundo lugar, desafía la noción de que la calidad y el cumplimiento normativo son costos inevitables, redefiniéndolos como activos financieros que protegen el valor económico. En tercer lugar, sustituye la intermediación bancaria rígida por un esquema de intermediación basada en datos y desempeño.

El aporte del modelo a la política pública radica en ofrecer un marco replicable para el fortalecimiento financiero de PYMES y organizaciones estratégicas sin recurrir exclusivamente a subsidios o créditos blandos. EFES-PYMES permite diseñar instrumentos que reduzcan la prima de riesgo sistémica y mejoren la eficiencia del gasto público orientado al desarrollo productivo.

En el ámbito de la regulación, el modelo sugiere la necesidad de marcos híbridos que reconozcan esquemas de financiación basados en datos, portafolios de proyectos y participación en rendimientos. Esto abre el debate sobre la actualización de normativas financieras para incorporar mecanismos

de desintermediación controlada y sandbox regulatorios orientados a innovación financiera productiva.

Como proyección doctoral, el modelo habilita múltiples líneas de investigación, entre las que destacan: la relación entre madurez en gestión de proyectos y costo de capital; el impacto de la información financiera en la reducción de la prima de riesgo; la medición del valor económico de la calidad institucional; y el desempeño de modelos financieros invertidos en entornos BANI.

A partir de estas líneas, se derivan hipótesis financieras susceptibles de validación empírica, tales como: (a) la implementación de modelos financieros basados en portafolios reduce significativamente el WACC en PYMES; (b) la gestión endógena del riesgo mejora el EVA agregado del portafolio; y (c) la integración de sistemas de calidad disminuye la volatilidad del flujo de caja y aumenta la estabilidad financiera de largo plazo.

En síntesis, EFES-PYMES no solo propone un modelo operativo, sino una nueva forma de concebir la arquitectura del sistema financiero en mercados emergentes, con potencial de convertirse en base para investigación doctoral, política pública y soluciones financieras innovadoras de alto impacto.

Inductor	Fórmula	Qué muestra en la IES	Cómo gestionarlo	Ejemplos	KPIs
Rentabilidad del Activo (ROA)	Excedente operativo neto / Activos totales	Capacidad de los activos para generar excedentes	Optimizar uso de activos y reducir improductivos	Aulas con uso extendido; leasing	ROA, % ocupación
Flujo de Caja Libre (FCL)	EBITDA - CAPEX - ΔKT - impuestos	Caja disponible para reinversión y sostenibilidad	Ordenar ciclo de caja y controlar CAPEX	Cobro anticipado; cartera predictiva	FCL, días cartera
Productividad del Activo Fijo	Ingresos / Activo fijo	Eficiencia de campus y equipos	Maximizar ocupación y reutilización	Alquiler de instalaciones	Ingreso por m2
Productividad del Capital de Trabajo	KT / Ingresos	Capital atrapado en operación	Reducir cartera; optimizar pagos	Pagos digitales; factoring	Días cartera
Margen EBITDA	EBITDA / Ingresos	Caja bruta operativa	Gestión de costos por programa	Rediseño de cargas docentes	Margen por facultad
Costo de Capital (WACC)	Ke·(E/V) + Kd·(D/V)·(1−T)	Costo promedio de financiar activos	Estructura financiera óptima	Bonos educativos; alianzas	WACC, DSCR
Riesgo Estratégico-Financiero	Mapa de riesgos, escenarios	Impacto de shocks en matrícula, costos y reputación	Gestión por escenarios, seguros, reservas	Simulación de caída de matrícula	CFaR, reservas/ingresos
Escudo Fiscal	Beneficios tributarios aplicados	Ahorro fiscal que reduce costo de capital	Planeación tributaria ética	Proyectos CTI; donaciones	Tasa efectiva
Tasa de Reinvención	CAPEX productivo / excedente	Reinversión en crecimiento real	Portafolio por ROI académico y financiero	Labs; plataformas	ROI CAPEX
Competencias Esenciales	Índices de cualificación docente	Motor de calidad y reputación	Formación e incentivos	Escuela docente	% docentes con doctorado
Innovación y Pertinencia	Tasa de demanda / conversión	Capacidad de atraer estudiantes	Inteligencia de mercados; rediseño curricular	Programas stackables	Retención, NPS
Internacionalización y Educación Continua	Ingresos no matriculares / totales	Diversificación y reputación	Portafolio global	Diplomados; movilidad	% ingresos alternos

Figura 6 Gestión de Inductores de Valor corporativo para IES
Fuente: Elaboración propia

El modelo EFES-IES incorpora un conjunto de inductores de valor orientados al control financiero que permiten evaluar la eficiencia en el uso de los recursos y la sostenibilidad económica de la institución. Indicadores como la rentabilidad del activo (ROA), la productividad del activo fijo y la productividad del capital de trabajo permiten monitorear la capacidad de los activos académicos y operativos para generar excedentes, reducir capital improductivo y optimizar el ciclo de caja. A su vez, el flujo de caja libre y el margen EBITDA se consolidan como variables críticas de control, al reflejar la generación real de caja disponible para reinversión, cobertura de obligaciones y estabilidad operativa. Estos inductores, gestionados mediante KPIs como días de cartera, ingreso por metro cuadrado y margen por facultad, actúan como mecanismos tempranos de alerta financiera, facilitando decisiones oportunas sobre CAPEX, rediseño de costos y reasignación de recursos dentro del portafolio institucional.

Complementariamente, el modelo integra inductores de valor asociados al control del riesgo estratégico-financiero y a la creación de valor de largo plazo, tales como el costo de capital (WACC), el escudo fiscal, la tasa de reinversión y los indicadores de innovación, competencias esenciales e internacionalización. El WACC se utiliza como referencia central para evaluar la eficiencia de la estructura financiera y para ajustar la priorización de proyectos según su riesgo y retorno esperado, mientras que el análisis de riesgo mediante escenarios y métricas como el Cash Flow at Risk (CFaR) permite anticipar impactos sobre matrícula, costos y reputación. De igual forma, la tasa de reinversión y el ROI del CAPEX académico vinculan la decisión financiera con resultados de crecimiento real, calidad e innovación, asegurando que la asignación de recursos fortalezca la competitividad institucional. En conjunto, estos inductores convierten el sistema de control financiero en un instrumento estratégico de creación y protección de valor, alineando desempeño económico, sostenibilidad y misión educativa de la IES.

Referencias bibliográficas

Damodaran, A. (2012). Investment valuation: Tools and techniques for determining the value of any asset (3rd ed.). Wiley.

Brealey, R. A., Myers, S. C., & Allen, F. (2020). Principles of corporate finance (13th ed.). McGraw-Hill.

Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (2008). The execution premium: Linking strategy to operations for competitive advantage. Harvard Business School Press.

PMI. (2021). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide) (7th ed.). PMI.

Stewart, G. B. (1991). The quest for value. Harper Business.

Stiglitz, J. E., & Weiss, A. (1981). Credit rationing in markets with imperfect information. American Economic Review, 71(3), 393–410.

Teece, D. J. (2007). Explicating dynamic capabilities. Strategic Management Journal, 28(13), 1319–1350.

Cascio, J. (2020). Facing the age of chaos: The BANI world.

World Bank. (2022). Higher education and economic growth.

Salmi, J. (2020). COVID's lessons for global higher education.



Innovaciones en Contextos Emergentes: Economía, Inteligencia Artificial, Educación y Desarrollo Sostenible reúne investigaciones que analizan los desafíos y oportunidades de un mundo impulsado por la transformación digital, la sostenibilidad y el conocimiento. Sus capítulos abordan temas como la inteligencia artificial, la educación, la innovación empresarial, la economía circular, el marketing, la logística, las ciudades inteligentes y las tecnologías emergentes desde una perspectiva interdisciplinaria.

Esta obra ofrece una visión integral sobre cómo la ciencia, la tecnología y la gestión pueden contribuir a construir organizaciones más competitivas, sociedades más resilientes y modelos de desarrollo sostenibles. Un libro dirigido a investigadores, docentes, estudiantes y profesionales interesados en comprender las tendencias que están redefiniendo el presente y el futuro.

ISBN Digital: 978-628-02-4818-9

gaia Grupo Editorial

ingeedit EDITORIAL

Facultad de Ciencias Básicas

Red Riet
Red Interuniversitaria para la Investigación, Emprendimiento, Innovación y la Transferencia de Conocimiento

Este libro se terminó de ediar en julio de 2026

En Grupo Editorial Gaia / IngeEdit Editorial

Compuesto en fuentes Candara y Century

.