



INTERCONEXIÓN GLOBAL

Nuevas Perspectivas para el Progreso
Humano y el Desarrollo Sostenible

INTERCONEXIÓN GLOBAL: NUEVAS PERSPECTIVAS PARA EL PROGRESO HUMANO Y EL DESARROLLO SOSTENIBLE

**COLECCIÓN CIENTÍFICA EDUCACIÓN, EMPRESA Y
SOCIEDAD**

Primera Edición 2025 Vol. 31

Editorial EIDEC

Sello Editorial EIDEC (978-958-53018)

NIT 900583173-1

ISBN: 978-628-96986-3-3

Formato: Digital PDF (Portable Document Format)

DOI:

Publicación: Colombia

Fecha Publicación: 15/10/2025

Coordinación Editorial

Escuela Internacional de Negocios y Desarrollo Empresarial de Colombia – EIDEC

Centro de Investigación Científica, Empresarial y Tecnológica de Colombia – CEINCET

Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES

Revisión y pares evaluadores

Centro de Investigación Científica, Empresarial y Tecnológica de Colombia – CEINCET

Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES

CONTENIDO

CAPÍTULO 1

PSICOLOGÍA ORGANIZACIONAL POSITIVA. QUINCE AÑOS DE INVESTIGACIONES EN COLOMBIA Y ARGENTINA	06
Leonor Emilia Delgado Abella; Eliana Quiroz González; María Laura Lupano Perugini	

CAPÍTULO 2

APLICACIÓN DE REDES NEURONALES LAMSTAR PARA DETECCIÓN DE FRAUDE EN TRANSACCIONES DE TARJETAS DE CRÉDITO	37
Mary Luz Nina Palacios; Hugo Ticona Salluca; Jose Panfilo Tito Lipa; Ángel Javier Quispe Carita; Cesar Enrique Yupanqui Bendita	

CAPÍTULO 3

CONSTRUCCIÓN TEÓRICA DE LA AGENDA PARA QUINTANA ROO (E HIDALGO)	53
Jaime Uribe Cortez	

CAPÍTULO 4

EL ÁBACO UN AJUSTE RAZONABLE EN LA ENSEÑANZA DE LA ARITMÉTICA PARA ESTUDIANTES CON DISCAPACIDAD VISUAL	68
Camilo Andrés García Pinilla	

CAPÍTULO 5

EL LIDERAZGO DE LAS MUJERES CEO PERUANAS Y SUS COMPETENCIAS DIRECTIVAS	86
Flor Angélica Lavanda Reyes; Rosa Elvira Ruiz Reyes; Mario Gustavo Reyes Mejía; Luis Alberto Castillo Samanamud; Julia Luzmila Reyes Ruiz	

CAPÍTULO 6

RIESGOS Y DESAFÍOS EN LA PROTECCIÓN DIGITAL DE LA NIÑEZ Y ADOLESCENCIA EN COLOMBIA: UN ANÁLISIS DE CIBERSEGURIDAD FRENTE A DELITOS SEXUALES EN ENTORNOS VIRTUALES	133
Andrea María Duarte Sierra; Jhon Alexander Cárdenas Bueno	

CAPÍTULO 7

EL ESPACIO COMO CATEGORIA DE ANÁLISIS DE ORGANIZACIONES DESDE UNA MIRADA TRANSDISCIPLINAR	176
Augusto Renato Pérez Mayo; Nohemí Roque Nieto; Pablo Guerrero Sánchez	

CAPÍTULO 8

MODELAMIENTO DE COSTOS EN PERFORACIÓN Y VOLADURA MEDIANTE ALGORITMOS DE APRENDIZAJE Y CLUSTERING NO SUPERVISADO EN UNA MINA SUBTERRANEA	190
Américo Arizaca Avalos; Eloy Roque Jara Pari; Fidel Huisa Mamani; Emmanuel Hernán Tumy Gomez; Raul Ponce Medina; Every Daysi Choque Quispe	

CAPÍTULO 9

APLICACIÓN DE SIG PARA EL ANÁLISIS MORFOMÉTRICO Y LA DELIMITACIÓN DE LA SUBCUENCA CCORIPACCOCHA EN LA CUENCA PARINACOCCHAS, PERÚ	213
Emmanuel Hernán Tumy Gómez; Américo Arizaca Avalos; Fidel Huisa Mamani; German Quille Calizaya; Maikol Jhordan Huisa Valdivia; Carlos Paul Hanco Ramos	

CAPÍTULO 10

INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR: OPORTUNIDADES Y DESAFÍOS ÉTICOS	233
Dante Elmer Hanco Monrroy; Vidal Avelino Quispe Zapana; Nancy Yana Salluca; Reynaldo Cutipa Luque; Enma Zenaida Jara Callohuanca	

CAPÍTULO 11

SALUD GLOBAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE: UNA VISIÓN INTEGRADA	258
Dante Elmer Hanco Monrroy; Enma Zenaida Jara Callohuanca; Vidal Avelino Quispe Zapana; Vicky Cristina Gonzales Alcos; Youri Teresa del Carpio Condori	

CAPÍTULO 12

INNOVACIONES EN LA FORMACIÓN EN INGENIERÍA: UNA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y BIBLIOMÉTRICA	282
Segundo Nicolas Diestra Sánchez; Arquímedes Iparraguirre Lozano; José Ismael Pérez Cotrina; Luis Leiva Cilio; Isabel Deycy Capillo Lucar; Omar Bellido Valdiviezo	

CAPÍTULO 13

RETOS Y AVANCES DE LA APICULTURA EN EL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE	308
Jairo Geovanni Gomez Farfan; Steffanie Meyer Sánchez; Sergio Eder González Mesa; Héctor Andrés Salgado Peña; Erika Yusley Cerón Cortes	

CAPÍTULO 14

INTELIGENCIA EMOCIONAL EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN DOS UNIVERSIDADES DE COLOMBIA	335

Sebastián García Méndez

CAPÍTULO 15

DETERMINACIÓN DE TÉCNICAS DE APRENDIZAJE SUPERVISADO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES MEDIANTE ALGORITMOS DE CLASIFICACIÓN	354

Nicole Stephannie García Ardila; Alex Giancarlo Figueroa Torres; Víctor Alfonso Sanabria Ruiz; Anny
Vanessa Zambrano Luna

CAPÍTULO 1

PSICOLOGÍA ORGANIZACIONAL POSITIVA. QUINCE AÑOS DE INVESTIGACIONES EN COLOMBIA Y ARGENTINA¹

POSITIVE ORGANIZATIONAL PSYCHOLOGY. FIFTEEN YEARS OF RESEARCH IN COLOMBIA AND ARGENTINA

Leonor Emilia Delgado-Abella²

Eliana Quiroz-González³

María Laura Lupano Perugini⁴

Pares evaluadores: Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES.⁵

¹ Derivado del proyecto de investigación: Propiedades psicométricas e invarianza cultural del Ipsicap en Colombia y Argentina

² Psicóloga, Universidad Católica de Colombia. Doctora en Salud, Psicología y Psiquiatría, Universidad de Almería (España). Magíster en Psicología, Universidad Católica de Colombia. Especialista en Administración, Universidad de los Andes. Líder del Grupo de Investigación en Psicología Social, Organizacional y Criminológica, Universidad El Bosque.

³ Psicóloga, Universidad Católica de Pereira. Estudiante del doctorado en Salud, Psicología y Psiquiatría, Universidad de Almería. Magíster y Especialista en Gerencia de Talento Humano, Universidad de Manizales. Docente–investigadora del programa de Psicología, Universidad Católica de Pereira.

⁴ Licenciada en Psicología, Universidad de Buenos Aires. Doctora en Psicología, Universidad de Palermo, Argentina. Investigadora Adjunta del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET, Argentina). Docente de grado y posgrado, Universidad de Buenos Aires y Universidad de Palermo.

⁵ Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES. www.rediees.org

PSICOLOGÍA ORGANIZACIONAL POSITIVA. QUINCE AÑOS DE INVESTIGACIONES EN COLOMBIA Y ARGENTINA ⁶

Leonor Emilia Delgado-Abella ⁷, Eliana Quiroz-González ⁸, María Laura Lupano Perugini ⁹

RESUMEN

Desde sus inicios, la Psicología Organizacional Positiva (POP) se ha interesado en promover la salud mental de la población trabajadora. En la última década, la investigación desde este marco comprensivo ha aumentado en Latinoamérica, debido a los beneficios reportados en el bienestar y la productividad organizacional. El objetivo de este capítulo es realizar una revisión de los estudios desarrollados en Colombia y Argentina durante los últimos 15 años que se enmarcan en la POP, haciendo énfasis en la producción de las autoras del presente capítulo. Leonor Emilia Delgado-Abella ha centrado su investigación en el capital psicológico, por una parte, y las variables psicológicas positivas asociadas a la efectividad de los equipos de trabajo y la salud laboral. Eliana Quiroz-González ha estudiado el engagement, la interacción trabajo-familia y la salud mental en el trabajo. María Laura Lupano Perugini se ha interesado en el análisis de las características tanto positivas como negativas que se perciben en organizaciones laborales y sus miembros. Se concluye que la investigación debe analizar los aspectos idiosincrásicos y continuar avanzando en el diseño de prácticas acordes a las realidades locales. Además, se destaca la importancia de que la POP se ajuste a los nuevos desafíos que plantea el actual mundo del trabajo. Se proponen líneas futuras que incluyen la interrelación de ideas entre países y la generación de proyectos conjuntos.

⁶ Derivado del proyecto de investigación: Propiedades psicométricas e invarianza cultural del Ipsicap en Colombia y Argentina

⁷ Psicóloga, Universidad Católica de Colombia. Doctora en Salud, Psicología y Psiquiatría, Universidad de Almería (España). Magíster en Psicología, Universidad Católica de Colombia. Especialista en Administración, Universidad de los Andes. Líder del Grupo de Investigación en Psicología Social, Organizacional y Criminológica, Universidad El Bosque.

⁸ Psicóloga, Universidad Católica de Pereira. Estudiante del doctorado en Salud, Psicología y Psiquiatría, Universidad de Almería. Magíster y Especialista en Gerencia de Talento Humano, Universidad de Manizales. Docente-investigadora del programa de Psicología, Universidad Católica de Pereira.

⁹ Licenciada en Psicología, Universidad de Buenos Aires. Doctora en Psicología, Universidad de Palermo, Argentina. Investigadora Adjunta del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET, Argentina). Docente de grado y posgrado, Universidad de Buenos Aires y Universidad de Palermo.

ABSTRACT

Since its inception, Positive Organizational Psychology (POP) has focused on promoting the mental health of the working population. In the last decade, research using this comprehensive framework has increased in Latin America due to the reported benefits for workers well-being and organizational productivity. The objective of this chapter is to review the studies developed in Colombia and Argentina over the last 15 years that are framed within POP, with an emphasis on the research of the authors of this chapter. Leonor Emilia Delgado-Abella has focused her research on psychological capital and the positive psychological variables associated with the effectiveness of work teams and occupational health. Eliana Quiroz-González has studied engagement, work-family interaction, and mental health at work. María Laura Lupano Perugini has focused on the analysis of both positive and negative characteristics perceived in work organizations and their members. The conclusion is that research must analyze idiosyncratic aspects and continue to advance the design of practices tailored to local realities. Furthermore, the importance of adapting POP to the new challenges posed by today's world of work is highlighted. Future directions are proposed, including the interconnection of ideas across countries and the development of joint projects.

PALABRAS CLAVE: psicología positiva, trabajadores, capital psicológico, engagement, interacción trabajo-familia

Keywords: Positive psychology, workers, psychological capital, engagement, work-family interaction

INTRODUCCIÓN

La Psicología Organizacional Positiva (POP) es un campo científico que investiga los atributos positivos, procesos y resultados de las organizaciones y sus integrantes (Luthans & Youssef, 2020). A su vez, contribuye a la comprensión de variables protectoras que favorecen tanto la productividad de las organizaciones como el bienestar de los trabajadores (Hernández et al., 2022).

La POP ha surgido como una de las sub-disciplinas de más rápido crecimiento dentro de la Psicología Positiva (PP) (Martin-del Rio et al., 2021; Wang et al., 2023). Además, la naturaleza interdisciplinaria de la POP ha fomentado la colaboración y el intercambio de conocimientos entre académicos de diversas disciplinas, lo que ha permitido una difusión de los resultados en múltiples campos y ha dado lugar a una gran cantidad de publicaciones y desarrollos (Carr, 2022). Los trabajos en este campo cuentan ya con más de 20 años.

En Latinoamérica, las ideas de la POP fueron rápidamente acogidas, ya que se venía trabajando en líneas referentes a la PP. Esto se vio impulsado, a partir del 2009, cuando la *International Positive Psychology Association* -Asociación Internacional de Psicología Positiva- (IPPA) crea una comisión internacional integrada por países latinoamericanos, España y Portugal con la finalidad de analizar las propiedades específicas de la PP en países de habla hispana y portuguesa (Lupano Perugini, 2014).

Las investigaciones realizadas en los países latinoamericanos basaron sus propuestas tomando como referencia las ideas desarrolladas en España impulsadas por Marisa Salanova y colaboradores y, por las ideas promovidas por el *Center for Positive Organizational Scholarship*, en Estados Unidos. Además, se reconoce también la marcada influencia de Martin Seligman y sus colegas fundadores de la psicología positiva; y de Fred Luthans y colaboradores, pioneros del comportamiento organizacional positivo (*positive organizational behavior*).

En este capítulo, se presentan una serie de estudios desarrollados durante los últimos 15 años en Colombia y Argentina que se enmarcan en la POP.

Investigaciones realizadas desde la POP en Colombia

Las referencias en la literatura científica sobre la PP en Colombia son escasas si se compara con la producción de otros países Latinoamericanos como Argentina, Brasil y Chile (Castro-Solano & Lupano-Perugini, 2013; Garassini et al., 2022). Desde la perspectiva histórica, es difícil ubicar un solo hito o precursor de la PP y específicamente de la POP en Colombia. No obstante, se pueden enunciar algunos hechos fundamentales:

La creación de la Red de Investigadores en Psicología Organizacional y del Trabajo en 2005 (ahora Nodo POT: <https://pot.ascofapsi.org.co/>) con once miembros fundadores, entre quienes se encontraba Leonor Delgado-Abella, permitió empezar a difundir poco a poco los conceptos y hallazgos de la POP, a través de la participación en diversas publicaciones y eventos académicos auspiciados por ASCOFAPSI - Asociación Colombiana de Facultades de Psicología.

En Colombia, la POP ha experimentado importantes desarrollos. Dentro de ellos, vale la pena destacar el reconocimiento por parte del nodo de investigación en Psicología del Trabajo y las Organizaciones (Nodo POT) de ASCOFAPSI. Este nodo incluye la *psicología positiva en contextos laborales* como uno de sus núcleos problemáticos, desde el cual se investigan temas como el engagement, el bienestar psicológico, el capital psicológico, la efectividad de los equipos de trabajo y el job crafting (ASCOFAPSI, 2022).

En 2014, Leonor Delgado-Abella y Yolanda Sierra-Castellanos (también fundadora del Nodo POT) gestionaron una invitación a Marisa Salanova, quien impartió conferencias y fortaleció vínculos académicos con investigadores de la POP en la Universidad El Bosque y la Universidad Católica de Colombia, en Bogotá.

La investigación en POP ha captado un creciente interés entre diversos autores en Colombia. Algunos investigadores destacados en este campo incluyen a Jean David Polo, quien ha realizado investigaciones sobre la satisfacción con la vida y el bienestar (Polo-Vargas et al., 2013, 2018); Alejandro Sanín Posada, quien ha estudiado la felicidad y el optimismo (Sanín-Posada et al., 2018, 2019) y Oscar Gutiérrez Carvajal, con publicaciones sobre job crafting y diseño del trabajo (Gutiérrez-Carvajal et al., 2020, 2022).

Además, Leonor Emilia Delgado-Abella ha centrado su investigación en el capital psicológico, y las variables psicológicas positivas asociadas a la efectividad de los equipos de trabajo y la salud laboral. Eliana Quiroz-González se ha interesado en el engagement, la interacción trabajo-familia y la salud mental en el trabajo. En este apartado se amplían los aportes de estas dos investigadoras.

Leonor Emilia Delgado-Abella

La primera noticia que esta investigadora tuvo sobre la psicología positiva fue en 2001. A través de Andrés Manuel Pérez-Acosta recién llegado de España con su título de doctorado en psicología, ella se enteró de la existencia de una ciencia psicológica dedicada a estudiar los aspectos bellos, sublimes y buenos de los seres humanos, y no tanto a lo patológico y problemático. Hasta ese momento, su línea de investigación era la cultura organizacional, pero la abandonó progresivamente y comenzó a estudiar psicología positiva con sus estudiantes de psicología organizacional que realizaban sus prácticas profesionales en empresas de Bogotá. Empezaron a introducir las variables psicológicas positivas en los diagnósticos del comportamiento organizacional. Con los estudiantes de la Especialización en Psicología de las Organizaciones, aprovechando la investigación para sus trabajos de grado, incursionó en temas como: la felicidad, las emociones positivas, las fortalezas y virtudes, culturas organizacionales positivas y comportamiento organizacional positivo, entre otros.

Después del nacimiento oficial de la psicología positiva en 1998 (Seligman, 2019), en 2002 comienzan a aparecer las aplicaciones de la psicología positiva al terreno de las organizaciones con los trabajos de Luthans (2002) sobre comportamiento organizacional positivo (*Positive Organizational Behavior*) y las organizaciones positivas (*Positive Organizational Scholarship*) de Cameron et al. (2003). El primero de ellos, se origina al interior de las ciencias del comportamiento y el segundo, surge a partir de las ciencias de la administración.

Históricamente estas dos disciplinas han estudiado más los aspectos negativos del componente humano en las organizaciones, pero también existen miradas orientadas hacia lo positivo. Tal es el caso de los estudios de Hawthorne, hacia 1920, que se constituyeron en elementos fundacionales de la psicología industrial y dieron origen a su cuerpo teórico inicial.

En esta línea de pensamiento, posteriormente surgió la teoría motivacional sobre factores higiénicos y factores motivacionales de Frederick Herzberg. Estos hallazgos, entre otros, permitieron descubrir que las variables psicológicas positivas como, por ejemplo, un buen clima organizacional, el bienestar y la satisfacción de los trabajadores pueden generar mejores resultados individuales, grupales y organizacionales que únicamente propender por contrarrestar los factores causantes de insatisfacción o modificar aspectos medioambientales para lograr mejoras en la productividad (Luthans & Youssef, 2009; Delgado-Abella, 2009a).

Como fruto de las investigaciones en Comportamiento Organizacional Positivo, surge el Capital Psicológico, constructo de segundo orden definido como un “estado de desarrollo psicológico positivo del ser humano que lo caracteriza por: 1. Tener confianza –autoeficacia- para realizar los esfuerzos que sean necesarios con el fin de alcanzar el éxito en tareas retadoras; 2. Hacer atribuciones positivas –optimismo- acerca de los sucesos presentes y futuros; 3. Perseverar en el logro de los objetivos y, cuando sea necesario, redireccionar los caminos para alcanzarlos –esperanza- de manera exitosa; y 4. Cuando sea blanco de los problemas y la adversidad, mantenerse en pie, volver a comenzar e ir más allá –resiliencia- para lograr el éxito” (Luthans, Youssef y Avolio, 2007, p.3). En este contexto, estas variables se pueden conceptualizar así: “la esperanza, como estado motivacional; el optimismo, como estilo atribucional; la resiliencia, como capacidad; y la autoeficacia, como creencia”. Se enfatiza la naturaleza entrenable del capital psicológico y, por tanto, su potencial de desarrollo para el talento humano en las organizaciones (Delgado-Abella, 2009a, p. 263).

En las siguientes líneas se presentará una panorámica de las investigaciones de Delgado-Abella sobre capital psicológico, siguiendo en lo posible una línea de tiempo y la temática de los estudios de revisión documental, psicométricos, sobre la relación del constructo con otras variables de interés en el mundo del trabajo y, por último, la intervención.

Las primeras publicaciones sobre la psicología positiva en los contextos organizacionales en Colombia tuvieron un escenario muy significativo: el primer libro realizado como proyecto colectivo de los integrantes de la entonces llamada Red de Investigadores en Psicología Organizacional y del Trabajo (hoy Nodo POT de ASCOFAPSI). Este libro, editado por Constanza Aguilar y Erico Rentería, salió a la luz pública en 2009 y

lleva por nombre *Psicología del trabajo y de las organizaciones: Reflexiones y experiencias de investigación*. El capítulo diez se titula *Comportamiento Organizacional Positivo y Capital Psicológico*, con autoría de Leonor Emilia Delgado-Abella. Adicionalmente, el capítulo veinte de este mismo libro, Angélica María Hermosa Rodríguez escribió sobre *Burnout y Engagement docente: una explicación desde las creencias de eficacia*.

En la misma línea documental sobre capital psicológico, se han publicado los siguientes capítulos de libro: *El Capital Psicológico en las Organizaciones* (Delgado-Abella, 2012), *Las variables psicológicas positivas como ejes de formación y actuación profesional en el contexto de la salud en el trabajo* (Delgado-Abella, 2020), *Resiliencia, optimismo, esperanza y autoeficacia: capital psicológico clave para el desarrollo humano en tiempos de incertidumbre* (Delgado-Abella, et al., 2022) y *Capital psicológico como mediador: el papel del liderazgo* (Delgado-Abella, et al., 2023).

En la tesis doctoral de Delgado-Abella (2021), dos de los seis capítulos que la conforman corresponden a estudios de revisión sistemática de la literatura (2010-2020). El primero tomó como fuentes las bases de datos Scopus, Proquest y Science Direct. El interés se centró en el capital psicológico como antecedente, consecuente, mediador y moderador. Se revisaron a texto completo 89 artículos que muestran el rol preponderante del capital psicológico como mediador y moderador en distintas variables de los niveles individual, grupal y organizacional, con mayor contribución del liderazgo. Como dato sorprendente se encuentra que en Latinoamérica no se evidenciaron publicaciones al respecto. La segunda revisión sistemática abarcó la evaluación del capital psicológico y sus cuatro componentes, también en la década comprendida entre 2010 y 2020. Se revisaron en versión completa 319 artículos de provenientes de Scopus, Proquest, APA PsycTESTS y el metabuscador Google Académico. La mayoría de las publicaciones corresponde a instrumentos de evaluación de la resiliencia (49,2%), seguidos de autoeficacia (20,1%), esperanza (15,7%), capital psicológico (7,8%) y optimismo (7,2%). Al igual que en la revisión antes expuesta, fue notoria la casi nula producción psicométrica sobre capital psicológico en Colombia y América Latina. Se subraya la imperiosa necesidad de crear y validar instrumentos psicométricos en nuestro medio.

Para continuar con el tema de la evaluación del capital psicológico, es relevante mencionar que, en 2013 Leonor Delgado-Abella y Marilyn Vanegas García, en calidad de compiladoras, presentaron el libro *Psicología Organizacional: Perspectivas y Avances*. En este libro dos de sus nueve capítulos están dedicados a la psicología organizacional positiva: el primero, titulado *Psicología Organizacional Positiva: Estudio de la Felicidad en el Trabajo*, escrito por Marilyn Vanegas García y el segundo, *La Evaluación del Capital Psicológico en las Organizaciones*, de Leonor Delgado-Abella.

En este capítulo sobre la evaluación del capital psicológico, Delgado-Abella (2013) incluye una breve revisión sobre los instrumentos de medición de cada variable constitutiva del constructo, ilustra detalladamente el proceso de traducción, adaptación lingüística y cultural del PCQ a Colombia, y también el análisis psicométrico de esta adaptación mediante la Teoría de Respuesta al Ítem realizado por Delgado-Abella (2009b). Además, hace una presentación preliminar sobre el diseño del instrumento para evaluar el capital psicológico en las organizaciones colombianas – IPSICAP, elaborado por Delgado-Abella et al. (2011). Estas autoras decidieron diseñar una herramienta nueva para medir el capital psicológico en Colombia, considerando que los datos provenientes del PCQ adaptado exhibieron un efecto de techo poco favorable para el desarrollo de la nascente línea de investigación.

Siguiendo con la evaluación del capital psicológico, Delgado-Abella et al. (2018) ilustran al detalle el proceso de diseño y análisis psicométrico mediante el Modelo de Rasch del Instrumento para Evaluar Capital Psicológico en las Organizaciones –IPSICAP. Para el diseño se planeó la estructura de la prueba a partir de la revisión de la literatura y el proceso de validación de contenido se hizo a través del Método Angoff Modificado con la participación simultánea de nueve expertos. Esta versión inicial del IPSICAP tenía 36 ítems en escala Likert, que van desde completamente en desacuerdo (1) hasta completamente de acuerdo (6) y evalúan los cuatro componentes que integran el constructo capital psicológico, cada una con 9 ítems. Con una muestra de 191 empleados de Bogotá, el IPSICAP evidenció en este estudio óptimos niveles de ajuste interno y externo, y un buen poder de discriminación.

Posteriormente se publicó un estudio más robusto sobre las propiedades psicométricas del IPSICAP, ahora denominado IPSICAP-24 gracias a la depuración realizada mediante el

análisis factorial exploratorio y confirmatorio. El IPSICAP-24 también posee cuatro escalas: esperanza (7 ítems), optimismo (7 ítems), resiliencia (6 ítems) y auto-eficacia (4 ítems). La investigación contó con tres muestras de trabajadores colombianos (N1=1517, N2=428 y N3=105). Para buscar evidencia de validez convergente y discriminante se aplicaron el Cuestionario Utrecht Work Engagement (UWES) y el Cuestionario General de Salud (General Health Questionnaire, GHQ-28), a las muestras 2 y 3 respectivamente. Se encontró evidencia de consistencia interna y validez de constructo para el IPSICAP-24 (Delgado-Abella & Mañas-Rodríguez, 2019; Delgado-Abella, 2021).

Actualmente, como parte de un equipo de investigación, las tres autoras del presente capítulo están adelantando otros estudios psicométricos sobre el IPSICAP-24 con muestras de trabajadores de Colombia y Argentina.

Con respecto a la relación del capital psicológico con otras variables, la primera investigación se ocupó del capital psicológico y la conducta de compartir conocimiento en trabajadores del conocimiento en Colombia. Los resultados evidenciaron correlaciones positivas significativas entre el capital psicológico, sus cuatro componentes y la conducta de compartir conocimiento. Además, los hallazgos indican que el constructo capital psicológico tiene mayor potencial de explicación de la conducta de compartir conocimiento que la sumatoria simple de sus cuatro componentes (Delgado-Abella & Castañeda-Zapata, 2011). Esto último confirmó la contribución de Luthans y Avolio, et al. (2007) en lo concerniente a identificar el capital psicológico como constructo de segundo orden.

De igual manera, se ha estudiado el capital psicológico y su relación con: justicia organizacional y estrés laboral (Vanegas-García & Delgado-Abella, 2010), variables sociodemográficas (Delgado-Abella & Lara, 2013), los valores corporativos y capital ético (Ospina y Delgado-Abella, 2015), estilos de aprendizaje y la virtud de la sabiduría (Hernández & Delgado-Abella, 2016), riesgo psicosocial intralaboral y estrés laboral (Pérez-Martínez & Delgado-Abella, 2016), salud mental de profesionales de la salud y no sanitarios durante la pandemia de covid-19 (Suárez-Monzón & Delgado-Abella, 2021; Durán-Morales & Delgado-Abella, 2021), la justicia como virtud (Jaramillo-Pérez et al., 2023) y la efectividad de los equipos de trabajo (Delgado-Abella, 2023).

El factor común en estas investigaciones es que sus resultados ratifican la potencia explicativa del capital psicológico y su capacidad para producir resultados deseables en el contexto organizacional. Como lo expresa Delgado-Abella (2021), el hallazgo más importante puede ser la “confirmación empírica del *modus operandi* del capital psicológico: actúa como potencializador de resultados individuales, grupales y organizacionales positivos y como inhibidor de aquellos negativos. Esta forma de actuación del constructo se produce en los cuatro papeles estudiados: antecedente, consecuente, mediador y moderador” (pp. 179-180).

Por último, se encuentra el *Diseño de una intervención cognitivo-conductual en capital psicológico para operarios de construcción*, elaborada por Leonor Emilia Delgado-Abella, Nathalie Feo-González y Libey Tatiana Ramírez-Cortez. Este programa de intervención tiene cuatro módulos con estrategias de psicoeducación y técnicas cognitivo-conductuales específicas para actuar sobre, la resiliencia, la esperanza, el optimismo y la autoeficacia, de acuerdo con la naturaleza psicológica de cada una y los principales enfoques teóricos al respecto, así: la teoría de Snyder sobre esperanza, la teoría cognitiva social de Bandura para autoeficacia, la teoría atribucional de Seligman como fundamento del optimismo y la conceptualización de Masten en el caso de la resiliencia (Delgado-Abella et al., 2024).

Eliana Quiroz González

La autora cuenta con publicaciones vinculadas a la POP a partir del 2016. Uno de los fenómenos psicológicos que ha estudiado es el engagement. Para Schaufeli et al. (2002), el engagement es “un estado mental positivo y satisfactorio, relacionado con el trabajo, que se caracteriza por el vigor, la dedicación y la absorción” (p.74). Un trabajador con engagement muestra altos niveles de energía y resistencia mental, tiene una importante implicación laboral, se siente inspirado por su trabajo, experimenta orgullo y mantiene una alta concentración en sus tareas (Salanova et al., 2019).

Desde sus primeras aproximaciones, el engagement se asocia con el bienestar físico y psicológico (Kahn, 1990). En trabajos previos, se profundiza en su conceptualización (Quiroz-González & Muñoz, 2020) y se señalan puntos de encuentro y desencuentro entre el engagement, el síndrome de burnout y la adicción al trabajo (Loaiza & Quiroz-González, 2016).

A continuación, se presentan algunos reportes de la investigadora Quiroz-González sobre el engagement en trabajadores colombianos. En primer lugar, se abordan estudios que analizan la relación del engagement con diferentes variables como el estrés laboral, el síndrome de burnout, la autoeficacia, el optimismo, la disposición al cambio organizacional y las demandas emocionales. En segundo lugar, se presentan investigaciones que muestran la relación del engagement con condiciones sociodemográficas y laborales como el género, los turnos laborales, el tipo de contrato, el tipo de institución, la edad y la antigüedad laboral.

De acuerdo con lo anterior, un estudio que se llevó a cabo con trabajadores de una empresa de manufactura, indica que el engagement se relaciona de manera negativa con el estrés laboral (Aristizábal et al., 2018). Por esta misma línea, dos estudios posteriores, que contaron con la participación de trabajadores de la salud, muestran que el engagement se relaciona negativamente con el síndrome de burnout (Quiroz-González et al., 2020, 2023). Lo anterior sugiere que prevenir el agotamiento se convierte en una tarea prioritaria para las organizaciones, pues cuando sus trabajadores están “quemados”, lograr el involucramiento en procesos motivacionales se puede tornar complejo y costoso. En este sentido, en una entrevista realizada a Christina Maslach, ella sugiere que construir engagement en los trabajadores es la mejor manera de prevenir el burnout (Juárez, 2014).

También se ha encontrado que el engagement puede incrementar diversos recursos psicológicos. Por ejemplo, en trabajadores del sector de las telecomunicaciones, el engagement se relaciona positivamente con la autoeficacia (Ospina-Cano et al., 2023) y con el optimismo (Ocampo Álvarez et al., 2021). En otra investigación, en la que participaron 808 trabajadores colombianos y ecuatorianos, se reporta una correlación entre engagement y disposición al cambio organizacional (Vesga et al., 2021). En contraste, en trabajadores del sector de la salud no se identifica una correlación entre engagement y demandas emocionales (Muñoz-Jaramillo et al., 2018).

Por otro lado, en un estudio en el que participaron 972 trabajadores de la salud (mujeres=761 y hombres=211) se identifican puntuaciones más altas en vigor y absorción en los hombres y mayor dedicación en las mujeres. Sin embargo, no se identifican diferencias

significativas en ninguna de las tres dimensiones del engagement (vigor, dedicación y absorción) en función del género (Quiroz-González et al., 2023).

En otra investigación, se analizaron las diferencias del engagement respecto a los turnos laborales en personal de una institución oncológica. Se encontró que los diferentes turnos laborales no presentan diferencias en el vigor y la dedicación, pero sí en la absorción, dimensión con puntuaciones más altas en quienes hacen turno diurno combinado. Este turno se refiere a trabajadores que cumplen dos horarios: de 6:00 a.m. a 2:00 p.m. y de 2:00 p.m. a 10:00 p.m. En general, las puntuaciones más altas en vigor y absorción se observan en los trabajadores que hacen turnos diurnos, mientras que las puntuaciones más altas en dedicación corresponden a quienes cumplen turnos nocturnos (Trejos et al., 2021).

En el sector salud, se realizó un estudio con una muestra de 334 trabajadores. El análisis indica que la puntuación más alta en engagement se asocia a los empleados con contrato por obra o labor, seguido del término fijo e indefinido y, por último, el contrato por prestación de servicios. No obstante, no se encuentran diferencias estadísticamente significativas en el engagement según el tipo de contrato (Franco-Miranda et al., 2020). Por esta misma línea, en 388 trabajadores no se identifican diferencias en el engagement en función del tipo de institución, es decir, pública o privada (Quiroz-González et al., 2020).

Otro estudio, que contó con la participación de 298 trabajadores de una multinacional de telecomunicaciones, muestra que la edad y la antigüedad son predictores del engagement. Los hallazgos destacan que los trabajadores más jóvenes (18 y 30 años) y aquellos con menor antigüedad en la organización (6 a 24 meses) presentan mayor dedicación (Ocampo Álvarez et al., 2021) en comparación con trabajadores de mayor edad (31 a 51 años) y con mayor antigüedad (36 meses en adelante).

Este grupo de estudios plantea que algunas condiciones laborales y sociodemográficas se relacionan con dimensiones del engagement. En particular, se observa que los turnos afectan la absorción, mientras que la edad y la antigüedad tienen implicaciones en la dedicación. Esto sugiere que los turnos que no implican trabajo en la madrugada facilitan la concentración y el disfrute por la labor. Por otro lado, en los trabajadores jóvenes, la implicación e involucramiento en sus tareas, podría estar vinculado a la motivación de vivir sus primeras

experiencias laborales y la intención de permanecer con el vínculo laboral. Estos hallazgos proporcionan información valiosa para diseñar prácticas organizacionales saludables que consideren especialmente a quienes por la naturaleza de su trabajo deben hacer turnos, así como crear entornos laborales que valoren las contribuciones y fortalezas de los diversos grupos generacionales.

Ahora bien, en 2019 se publicó una cartilla denominada “Organizaciones saludables: aportes al bienestar de los trabajadores de la salud en Colombia” (Quiroz-González & Castaño-González, 2019). Este material psicoeducativo presenta algunas claves para la intervención individual y grupal con el propósito de fomentar el engagement en trabajadores de instituciones de salud. Este trabajo fue socializado con líderes de las áreas de talento humano de 11 clínicas y hospitales del país.

Hernández et al., (2023) indican que el estudio del engagement en Colombia está en sus inicios. En este contexto, los antecedentes presentados contribuyen a un mayor entendimiento de este fenómeno psicológico; no obstante, es vital avanzar en esta línea de investigación. En Colombia es necesario desarrollar medidas de engagement que se ajusten a las características culturales del país, y revisar el funcionamiento de otras pruebas que permitan su evaluación además de la *Utrecht Work Engagement Scale* (UWES), asunto en el que actualmente trabaja la autora.

También es importante estudiar variables antecedentes y consecuentes del engagement y examinar su relación con variables de resultado, como, por ejemplo, el desempeño laboral. Así mismo, es fundamental diseñar y validar propuestas de intervención a nivel del individuo, equipo y organización. Sin duda, este es un campo de estudio fértil en la POP.

Investigaciones realizadas desde la POP en Argentina

En Argentina, la antesala de las investigaciones realizadas desde la POP estuvo signado por la impronta de la investigadora argentina pionera en temáticas de la PP, María Martina Casullo (Castro Solano & Lupano Perugini, 2013). Los primeros desarrollos sobre POP fueron impulsados por la investigadora Alicia Omar. Para citar algunos trabajos de la autora, se puede hacer referencia a la adaptación local de la Escala de compromiso organizacional y la Escala

de capital psicológico en adultos (Omar, 2010). Algunos de los proyectos desarrollados por la investigadora se realizaron en conjunto con otros países latinos como México y Brasil (Lupano Perugini, 2014).

María Laura Lupano Perugini

La autora viene trabajando en esta línea desde el año 2014 a partir de los diferentes proyectos que desarrolla en su labor como investigadora del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas –CONICET-. El interés de la autora recae en el estudio de características tanto positivas como negativas que se perciben en organizaciones laborales y sus miembros.

La importancia de la integración entre los aspectos positivos y negativos (o el lado luminoso y el oscuro) se deriva de las propuestas de la **Psicología 2.0** o **Segunda Ola** (Wong, 2011) que sostiene la necesidad de un balance en el análisis de ambos aspectos a partir de la generación de modelos duales. Todo fenómeno social siempre tiene un costado positivo y otro negativo y, por lo tanto, resulta fundamental estudiarlos de forma conjunta si se quiere lograr un mejor entendimiento de este.

Las investigaciones realizadas por Lupano Perugini tienen ya 10 años de desarrollo. Los primeros estudios estuvieron abocados al análisis de características que son percibidas en las organizaciones.

En primer lugar, se puede citar un trabajo publicado en el año 2016 (Lupano Perugini & Castro Solano, 2016) que describe un estudio exploratorio que sentó las bases de los trabajos posteriores. Dicho trabajo se realizó con una muestra de 459 empleados/as argentinos en el que se le solicitaba a los participantes que enuncien características positivas y negativas que perciben en las organizaciones en la que trabajan. A partir de un análisis temático se generaron 13 categorías de atributos positivos. Entre las respuestas dadas por los sujetos se pueden mencionar ejemplos de algunas de las categorías emergentes: Logros (e.g., eficacia, gestión); Vínculos y ambiente laboral (e.g., colaboración, trato cordial); Principios éticos (e.g., humanidad, ayuda); Consideración (e.g., tolerancia, respeto); etc. Por ende, se concluye que los participantes enumeran tanto recursos sociales (e.g., trato cordial) como

materiales/instrumentales (e.g., sueldo). Esta combinación de características se encuentra en sintonía con el modelo propuesto por Salanova y colaboradores (Salanova et al., 2012; Salanova et al., 2019) denominado *HEalthy and Resilient Organizations* (HERO) - Organizaciones Saludables y Resilientes- compuesto por tres pilares conectados entre sí, para contribuir a la salud del personal y a la salud financiera: prácticas organizacionales saludables, empleados saludables, resultados organizacionales saludables. Respecto de las características negativas, se generaron 14 categorías. Por ejemplo: Condiciones físicas y laborales inadecuadas (e.g., distancia, malas instalaciones); Paga insuficiente (e.g., baja remuneración, ausencia de pago por trabajo extra); Sobrecarga laboral (explotación, exceso horas laborales); Mala organización (trabajo desorganizado, trabajo informal).

En esa investigación se calcularon correspondencias múltiples a fin de obtener diferentes perfiles considerando variables de nivel individual (i.e., género, rol laboral, edad), de nivel organizacional (i.e., tipo y tamaño de empresa) y variables de resultado (i.e., performance y bienestar laboral). Entre los perfiles más relevantes se destaca uno que comprobó una relación entre la valoración de aspectos positivos —como los valores y los logros alcanzados— y elevados niveles de satisfacción y desempeño tanto personal como organizacional. En cambio, los bajos niveles de performance se asociaron a bajos niveles de satisfacción y con características materiales/instrumentales (como la paga, posibilidades de capacitación y permanencia).

Los atributos positivos analizados en el estudio descripto se vinculan con uno de los constructos estudiados por autores vinculados a la POP a nivel internacional denominado **virtudes organizacionales**. De acuerdo con Cameron et al. (2011) las virtudes a nivel organizacional implican más que la simple sumatoria de virtudes de cada integrante. Se relacionan con atributos con connotación moral que son percibidas por las personas e influyen en la forma de actuar. Además, ayudan a que los integrantes vivan plenamente, de la misma forma que las virtudes y fortalezas individuales. Los autores del modelo original proponen seis virtudes: Significado, Dignidad y respeto, Inspiración, Apoyo, Interés y Perdón.

En Argentina, Lupano Perugini y Castro Solano (2018a) realizaron una investigación para probar si dichas virtudes aisladas en población norteamericana se replican en países

latinos. Con esa finalidad, adaptaron el instrumento original: *Positive Practices Survey* (Cameron et al., 2011). A partir de los análisis efectuados para validar la prueba, se hallaron solo tres virtudes (en comparación con los seis originales). Estas dimensiones constituyen una combinatoria de las dimensiones originales. Las dimensiones halladas fueron: Respeto y apoyo (conductas orientadas a la protección de otros, confianza y afecto); Inspiración y significado (se relaciona con percibir que las tareas que se realizan son importantes); Perdón (no culpar a otros por errores cometidos, admitir la falta).

La importancia de estudiar estas virtudes recae en que diversas investigaciones han mostrado que se asocian con obtener buenos resultados organizacionales. Siguiendo las ideas de Cameron et al. (2011), en Argentina se probó un modelo predictivo en el que se comprobó que las virtudes organizacionales son predictores positivos de los niveles de satisfacción laboral y performance, principalmente la virtud Inspiración y significado, dando cuenta de la importancia que tiene para los trabajadores el sentir reconocimiento por las tareas realizadas (Lupano Perugini & Castro Solano, 2018a).

Sumado a lo antedicho, en una investigación posterior, se probó que la percepción de estas virtudes a nivel organizacional, incrementan la varianza explicada, respecto del capital psicológico, en la predicción de performance y satisfacción aboral (Lupano Perugini & Castro Solano, 2019).

A partir de lo expuesto hasta ahora, se puede concluir que ciertos atributos percibidos en las organizaciones como por ejemplo “valores” en el estudio cualitativo (Lupano Perugini & Castro Solano, 2016) y “significado e inspiración” en el estudio sobre virtudes se relacionan con altos niveles de satisfacción y rendimiento laboral (Lupano Perugini & Castro Solano, 2018a). De allí la importancia de evaluar estas cualidades y fomentarlas a nivel de las organizaciones. Por último, en relación con estas variables de nivel organizacional, se pudo probar que las características aisladas en el estudio exploratorio se asocian con las virtudes organizacionales. Por ejemplo, los niveles altos de virtudes organizacionales (inspiración y significado, respeto y apoyo, perdón) se relacionan con propiedades positivas percibidas como valores y diversidad (Lupano Perugini & Castro Solano, 2018b).

Además, en las investigaciones que se llevan a cabo en Argentina también se intenta destacar el rol que cumplen las características individuales en términos de resultados productivos tanto a nivel personal como organizacional. Si bien estos aspectos han sido considerablemente estudiados, se trató de ampliar el enfoque comúnmente adoptado que recae en el estudio de rasgos normales de personalidad o en los componentes del capital psicológico.

La originalidad que se trató de imprimir a las investigaciones realizadas en Argentina se relaciona con dos aspectos. Por un lado, analizar características de personalidad tanto positivas como negativas desde modelos actuales de personalidad y, por otro lado, partir de estudios exploratorios que analicen las características idiosincrásicas que dan en la región en lugar de utilizar únicamente modelos desarrollados en otros entornos culturales.

Se realizaron dos estudios que emplearon un modelo integrado de rasgos positivos y patológicos desarrollado en Argentina por de la Iglesia y Castro Solano (2018, 2021) denominado Modelo Dual de la Personalidad. Bajo una mirada dimensional, el modelo integra, por un lado, a los rasgos del Five Factor Model (Costa & McCrae, 1985), los rasgos psicopatológicos propuestos en la sección III del DSM-5 -Afecto negativo, Antagonismo, Desapego, Psicoticismo, Desinhibición - (APA, 2013), y un modelo de rasgos positivos - Vivacidad y foco, Integridad, Serenidad, Humanidad, Moderación- (de la Iglesia & Castro Solano, 2018).

La primera investigación efectuada con dicho modelo empleó una muestra de 400 trabajadores y mostró que aquellos empleados que presentaban el rasgo positivo vivacidad y foco -caracterizado por sentirse seguro, ser proactivo y tener objetivos atinados- eran los que presentaban un mejor funcionamiento óptimo (que resulta del interjuego entre alto bienestar y alto rendimiento) (de la Iglesia, et al., 2019). Un segundo estudio, realizado con otra muestra distinta de 340 empleados/as argentinos/as constató que los rasgos positivos –especialmente, vivacidad y foco- prevalecen en los empleados categorizados como saludables (alta performance y satisfacción laboral + baja sintomatología psicológica + alto bienestar psicológico) en tanto que los patológicos -en especial, afecto negativo, desapego y desinhibición- lo hacen en los categorizados como no-saludables (baja performance y satisfacción laboral + alta sintomatología psicológica + bajo bienestar psicológico) (Lupano

Perugini & de la Iglesia, 2022). Como conclusión de ambos estudios se puede destacar la importancia del rasgo vivacidad y foco. Este rasgo se vincula con algunas dimensiones del capital psicológico (e.g., optimismo, autoeficacia) (Luthans & Youssef, 2020) pero, a diferencia de este último, tiende a ser estable en el tiempo. Es necesario tener en cuenta que Salanova et al. (2012) considera al capital psicológico un excelente predictor de rendimiento en el trabajo, y por esa razón, caracteriza a los que ella denomina empleados saludables. De eso se concluye que presentar este tipo de características es altamente deseable en el campo laboral aplicado.

Por último, actualmente los últimos desarrollos que se vienen realizando están relacionados con la elaboración de un instrumento que permita evaluar rasgos positivos y negativos de personalidad enfocados al campo laboral. Esta iniciativa surge a partir de tomar en consideración las propuestas de Christiansen et al. (2014) y Guenole (2015) que sostienen que los ítems de muchas de las pruebas que se usan en el campo laboral son descontextualizados ya que no fueron diseñados para ser aplicados específicamente con esos fines y, de ahí, la motivación de desarrollar pruebas más atinadas.

Los ítems del instrumento se desarrollaron siguiendo un criterio empírico (data-driven) sobre la base de una perspectiva psicoléxica que considera las expresiones y términos usados por los sujetos para captar diferencias humanas (Chow, 2002). De acuerdo con Delle Fave (2009) estas metodologías son más oportunas para captar particularidades émicas, propias de cada región. El diseño se inició con una fase exploratoria realizada con una muestra 449 empleados argentinos. En dicha etapa se solicitó a los participantes que enumeraran 3 características que asociaban con atributos positivos y negativos percibidos en sus compañeros/as de trabajo. Sobre la base de los datos recogidos se procedió a realizar un análisis temático con la finalidad de generar categorías emergentes. De este modo se identificaron 12 categorías de rasgos positivos (i.e., confiable, compañero) y doce de rasgos negativos (i.e., hipócrita, egoísta). Luego, tomando en consideración instrumentos previos de personalidad, se diseñaron 6 ítems para cada una de las categorías (e.g., “Si mis compañeros/as necesitan ayuda con alguna tarea, siempre estoy dispuesto/a a colaborar”, “Me genera envidia el ascenso de un/a compañero/a”) generando una versión preliminar de 144 ítems que actualmente se encuentra en etapa de validación (Lupano Perugini & Feliú, 2023).

Proyectos conjuntos

En el último lustro, las autoras han trabajado en equipo en los siguientes proyectos de investigación: “Efectos de una intervención basada en mindfulness sobre el capital psicológico, la fatiga por compasión y el afecto” (2022-2023) y “El papel del capital psicológico en el balance y el conflicto trabajo-familia: análisis en una muestra multiocupacional colombiana” (2023-2024). Actualmente se encuentran desarrollando el estudio denominado: “Propiedades psicométricas e invarianza cultural del Ipsicap en Colombia y Argentina” (2024-2025).

Del primero de estos proyectos ya han salido a la luz dos artículos: “*Effects of a mindfulness-based health promotion program on mindfulness, psychological capital, compassion fatigue, and affect in healthcare workers*” (Quiroz-González et al., 2024) y “*Qualitative study on the perceived effects of Mindfulness-Based Health Promotion one year after its implementation*” (Quiroz-González et al., 2024). Adicionalmente, en el Congreso Colombiano de Psicología 2023, las tres autoras presentaron varias ponencias en el marco del simposio “Perspectivas teóricas e intervenciones basadas en la evidencia desde la Psicología Organizacional Positiva”.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En general, América del Sur ha visto un incremento en la producción académica en PP y la creación de diferentes sociedades científicas que impulsan su desarrollo. El futuro de la PP implica la aplicación basada en la investigación científica, para evitar que sea confundida con enfoques no científicos del bienestar (Garassini et al., 2022).

A lo largo de este capítulo se han descrito 15 años de investigaciones realizadas, sobre algunas variables de interés de las autoras del presente capítulo, en el marco de la POP en Colombia y Argentina. Se destacó la necesidad de analizar aspectos idiosincrásicos de la cultura latina y la dificultad de importar modelos extranjeros que, muchas veces, no son posibles de replicar. En este sentido, es fundamental que las intervenciones contemplen las características sociales, culturales y económicas de los territorios (Porras, 2024), de manera que la POP debe seguir avanzando en el diseño de prácticas acordes a las realidades de los países Latinoamericanos.

También destacamos la importancia de que la POP se ajuste a los nuevos desafíos que plantea el actual mundo del trabajo. Esto permitirá que la POP siga despertando interés tanto en el campo aplicado como en el de la investigación. Es importante tener en cuenta algunas consideraciones hechas por autores como Martin-del-Rio et al. (2021) que destacan que, aunque ha habido un crecimiento significativo en el número de publicaciones académicas en los últimos años, hay evidencia de que la relevancia y el impacto de POP han ido disminuyendo. Es necesario trabajar en alternativas teóricas y metodológicas para hacer frente a los desafíos que enfrenta la POP (van Zyl et al. 2023).

Además, creemos que el futuro de la POP viene de la mano de la interrelación de ideas entre países y generación de proyectos conjuntos. De este modo, las autoras del presente capítulo nos encontramos trabajando en proyectos en común tendientes a la creación de instrumentos en los que se pueda probar la invarianza entre países latinos y así poder realizar estudios que permitan efectuar comparaciones y generar nuevos modelos y desarrollos consistentes con nuestra idiosincrasia.

En consecuencia, es indispensable impulsar la investigación transcultural en Latinoamérica teniendo en cuenta la gran carencia de investigación propia sobre temas cruciales para la comprensión de dinámicas complejas en el mundo del trabajo en nuestro medio. Esto puede llevar a dar por cierto en nuestros países los hallazgos de estudios foráneos sin considerar aspectos de la cultura que al parecer funcionan de forma diferente.

Volviendo a los nuevos desafíos, algunas tendencias que venían imponiéndose terminaron de afianzarse con el atravesamiento de la pandemia por COVID-19 como el trabajo a distancia y la utilización de herramientas tecnológicas como las plataformas virtuales tanto para trabajar como para comunicarse. Tampoco podemos dejar de considerar el fuerte impacto que está teniendo en el mundo del trabajo la utilización de la inteligencia artificial para la realización de muy variadas tareas. Adherimos a estos nuevos desafíos que van Zyl et al. (2023) acuñan con la expresión ***Positive Organizational Psychology 2.0*** -**Psicología Organizacional Positiva 2.0**- para referirse a esta nueva etapa retadora. Será cuestión de captar las necesidades actuales y buscar respuestas y estrategias desde este enfoque que desde sus inicios ha intentado rescatar el lado positivo del trabajo y potenciarlos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aristizábal, D., Mejía, C., & Quiroz-González, E. (2018). Estrés laboral y engagement en los trabajadores de una empresa de manufactura. *Textos y Sentidos*, 17, 101–122.
- Cameron, K., Dutton, J. & Quinn, R. (2003). *Positive Organizational Scholarship: Foundations of a New Discipline*. San Francisco: Berrett-Koehler Publishers Inc.
- Cameron, K.S., Mora, C., Leutscher, T. & Calarco, M. (2011). Effects of positive practices on organizational effectiveness. *The Journal of applied Behavioral Science*, 47, 266-308. <https://doi.org/10.1177/0021886310395514>
- Carr, A. (2022). *Positive Psychology: The Science of Wellbeing and Human Strengths*. Routledge.
- Castro-Solano, A., & Lupano-Perugini, M. L. (2013). The Latin-America view of positive psychology. *Health & Social Issues*, 5, 15–31. <https://doi.org/10.5460/jbhsi.v5.2.42250>
- Christiansen, N. D., Quirk, S. W., Robie, C., & Oswald, F. L. (2014). Light Already Defines the Darkness: Understanding Normal and Maladaptive Personality in the Workplace. *Industrial and Organizational Psychology*, 7(1), 138–143. <https://doi.org/10.1111/iops.12122>
- Costa, P. T. & McCrae, R. R. (1985). *The NEO Personality Inventory Manual*. Odessa, FL: Psychological Assessment Resources.
- de la Iglesia, G. & Castro Solano, A. (2018). The Positive Personality Model (PPM): Exploring a New Conceptual Framework for Personality Assessment. *Frontiers in Psychology*, 9:2027. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02027>
- de la Iglesia, G. & Castro Solano, A. (2021). *ICCP: Inventario de los Cinco Continuos de la Personalidad. Evaluación de los rasgos positivos y patológicos de la personalidad*. Paidós.
- de la Iglesia, G., Lupano Perugini, M.L., & Castro Solano, A. (2019). Modelo de Personalidad Positiva: su asociación al funcionamiento óptimo en trabajadores activos. *Revista de Psicología de la PUCP*, 37(2), 425-449. <https://doi.org/10.18800/psico.201902.003>
- Delgado-Abella, L. (2009a). *Comportamiento Organizacional Positivo y Capital Psicológico* (capítulo 10). En Aguilar, C. y Rentería, E. (Editores). "Psicología del Trabajo y de Las Organizaciones. Reflexiones y experiencias de investigación".

- <https://editorial.ascofapsi.org.co/product/psicologia-del-trabajo-y-de-las-organizaciones-reflexiones-y-experiencias-de-investigacion/>
- Delgado-Abella, L. (2009b). *Relación entre capital psicológico y la conducta de compartir conocimiento en el contexto del aprendizaje organizacional*. Tesis de maestría [Universidad Católica de Colombia].
- Delgado-Abella, L. (2012). El capital psicológico en las organizaciones (capítulo 3). En: Contreras, F. y Uribe, A.F. *Desarrollo Organizacional: perspectivas e investigación psicológica*. Universidad Pontificia Bolivariana.
- Delgado-Abella, L. (2013). La evaluación del capital psicológico en las organizaciones (capítulo 2). En: Delgado-Abella, L. & Vanegas, M. (Editoras) (2013). *Psicología Organizacional: perspectivas y avances*. Bogotá: Ecoe ediciones.
- Delgado-Abella, L. (2013, octubre). *Variables psicológicas positivas asociadas a la efectividad de los equipos de trabajo*. Ponencia presentada al XXI Congreso Mexicano de Psicología. Guadalajara, México.
- Delgado-Abella, L. (2014, septiembre). *Variables psicológicas positivas asociadas a la efectividad de los equipos de trabajo*. Ponencia presentada al IX Congreso Iberoamericano de Psicología e 2º Congresso da Ordem dos Psicólogos Portugueses. Lisboa, Portugal.
- Delgado-Abella, L. E. (2020). Las variables psicológicas positivas como ejes de formación y actuación profesional en el contexto de la salud en el trabajo. En Orejuela, J. *Desafíos en la formación de psicólogos de las organizaciones y del trabajo*. Medellín: Editorial EAFIT. <https://doi.org/10.17230/9789587206777ch12>
- Delgado Abella, L. E. (2021). *Capital psicológico: revisión sistemática de la literatura (2010-2020) y propiedades psicométricas de un instrumento de medición para las organizaciones colombianas* [Tesis de Doctorado, Universidad de Almería]. <http://hdl.handle.net/10835/10152>
- Delgado-Abella, L. (2023). Capital psicológico como mediador: el papel del liderazgo (capítulo 5). En Aguilar-Bustamante, M. (compiladora). *Retos y Avances de la Psicología de las Organizaciones y del Trabajo*. Asociación Colombiana de Facultades de Psicología ASCOFAPSI. <https://editorial.ascofapsi.org.co/product/catedra-mercedes-rodrigo-2023-retos-y-avances-de-la-psicologia-de-las-organizaciones-y-del-trabajo/>

- Delgado-Abella, L. (2023, noviembre). *El capital psicológico y su impacto en el desempeño de los equipos*. Conferencia presentada al Segundo Congreso Internacional de Psicología Positiva Aplicada. Santiago de Chile, Chile.
- Delgado-Abella, L. & Castañeda, I. (2011). Relación entre capital psicológico y la conducta de compartir conocimiento en el contexto del aprendizaje organizacional. *Acta Colombiana de Psicología*, 14 (1), 61 – 7
<https://actacolombianapsicologia.ucatolica.edu.co/article/view/3570>.
- Delgado-Abella, L., Devia, L. & Martínez, M. (2018). Diseño y validación mediante la teoría de respuesta al ítem del instrumento para evaluar capital psicológico en las organizaciones IPSICAP (capítulo 5). En Avendaño, B., Ayala, N., Camelo, S., Delgado-Abella, L., Moreno, J., Sánchez, V. & Vargas, N. *Investigación en psicología: Aplicaciones e Intervenciones*. Bogotá: Editorial Universidad Católica de Colombia.
<https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/23561>
- Delgado-Abella, L., Feo, N. & Ramírez, T. (2024). Diseño y Validación de Contenido de una Intervención en Capital psicológico para Operarios de la construcción. *Interdisciplinaria Revista de Psicología y Ciencias Afines*. 41(2), 24.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9844244>
- Delgado-Abella, L. & Lara, V. (2013). *Estudio descriptivo-correlacional del capital psicológico en empleados públicos y privados de la ciudad de Bogotá*. Memorias del XXI Congreso Mexicano de Psicología. Guadalajara: Sociedad Mexicana de Psicología.
- Delgado-Abella, L. E., & Mañas Rodríguez, M. Á. (2019). Propiedades psicométricas del Instrumento para evaluar capital psicológico en las Organizaciones Ipsicap-24 [Psychometric properties of the instrument to assess psychological capital in organizations IPSICAP-24]. *Universitas Psychologica*, 18(5), 1–15.
<https://doi.org/10.11144/Javeriana.upsy18-5.ppie>
- Delgado-Abella, L. E., Mañas Rodríguez, M. Á. & Díaz Funes, P. A. (2022). Resiliencia, optimismo, esperanza y autoeficacia: capital psicológico clave para el desarrollo humano en tiempos de incertidumbre. En Orejuela, J., García, M. & Villada, L (eds.). *Psicología de las organizaciones y del trabajo: apuestas de Investigación III*. Fondo Editorial Ceipa. <https://repositorio.ceipa.edu.co/handle/20.500.13018/148>

- Delgado-Abella, L. y Vanegas, M. (Editoras) (2013). *Psicología Organizacional: perspectivas y avances*. Bogotá: Ecoe ediciones.
- Durán-Morales, L. & Delgado-Abella, L. (2023, agosto). *Capital psicológico y salud mental de profesionales durante la pandemia de Covid 19: una revisión de alcance*. Ponencia presentada al Congreso Colombiano de Psicología 2023. Pereira, Colombia.
- Delle Fave, A. (2009). Optimal Experience and Meaning: Which Relationship? *Psychological Topics*, 18, 285-302.
- Franco-Miranda, V., Quiroz-González, E., & Castaño-González, E. (2020). Engagement en profesionales colombianos de la salud ¿Existen diferencias según el tipo de contrato? *Revista Virtual Universidad Católica Del Norte*, 60, 159–177.
<https://doi.org/10.35575/rvucn.n60a9>
- Garassini, M. E., Solano, A. C., Daset, L., Ibanez, C., Ortega, A., Vinaccia, S., & Graziano, L. (2022). Positive Psychology in South America. In *The International Handbook of Positive Psychology: A Global Perspective on the Science of Positive Human Existence* (75–132). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-57354-6_4
- Gutiérrez-Carvajal, O. I., Polo, J. D., Zambrano, M. J., & Molina, D. C. (2020). Meta-analysis and Scientific Mapping of Well-being and Job Performance. *Spanish Journal of Psychology*, 23. <https://doi.org/10.1017/SJP.2020.40>
- Gutiérrez-Carvajal, O. I., Polo-Vargas, J. D., Vargas-Montealegre, A. R., Zumárraga-Espinosa, M., Ramírez-Ocaña, X., Marin, V. S., & Salgado, L. M. C. (2022). Validation of the Job Crafting Scale in Latin American Workers. *Anales de Psicología*, 38(1).
<https://doi.org/10.6018/ANALESPS.472261>
- Guenole, N. (2015). The hierarchical structure of work-related maladaptive personality traits. *European Journal of Psychological Assessment*, 31(2), 83–90.
<https://doi.org/10.1027/1015-5759/a000209>
- Hernández, S. & Delgado-Abella, L. (2018). *Relación entre la conducta de compartir conocimiento, los estilos del aprendizaje y la virtud de la sabiduría en un entorno organizacional colombiano* [Tesis de maestría no publicada]. Universidad Católica de Colombia.

- Hernández, S., Aguilar, M. C., & Peña-Sarmiento, M. (2022). Aportes de la psicología positiva a la creación y soporte de organizaciones saludables: revisión de alcance. *Estudios Gerenciales*, 38(163), 250–260. <https://doi.org/10.18046/j.estger.2022.163.4967>
- Hernández, S., Serrano, C. J., & Cruz, D. L. (2023). Análisis de aspectos metodológicos y aplicaciones del engagement laboral en organizaciones colombianas. *Diversitas*, 19(1), 286–305. <https://doi.org/10.15332/22563067>
- Jaramillo-Pérez, M., Delgado-Abella, L. & Maldonado-Avenidaño, N. (2023). Diseño y Estructura Factorial de la Escala para Evaluar la Justicia como Virtud en los Contextos Organizacionales (JCV). *Revista Iberoamericana de Diagnóstico y Evaluación – e Avaliação Psicológica. RIDEP*. 70 (4) 97-109. <https://doi.org/10.21865/RIDEP70.4.08>
- Juárez, A. (2014). Entrevista con Christina Maslach: reflexiones sobre el síndrome de burnout. *Liberabit*, 20(2), 199–208. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=68632617001>
- Kahn, W. (1990). Psychological conditions of personal engagement and disengagement at work. *Academy of Management Journal*, 33(4), 692–724. <https://doi.org/10.2307/256287>
- Loaiza, J. D., & Quiroz-González, E. Y. (2016). El trabajo convertido en adicción. *Páginas*, 100, 47–58. <https://revistas.ucp.edu.co/index.php/paginas/article/view/1858>
- Luthans, F. (2002). The need for and meaning of positive organization behavior. *Journal of Organizational Behavior*, 23(6), 695-706. <https://doi.org/10.1002/job.165>
- Luthans, F., Avolio, B., Avey, J., & Norman, S. (2007). Positive psychological capital: Measurement and relationship with performance and satisfaction. *Personnel Psychology*, 60(3), 541-572. <https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.2007.00083.x>
- Luthans, F., Youssef, C. M., & Avolio, B. (2007). Psychological capital: Investing and developing positive organizational behavior. En D. Nelson, & C. Cooper (Eds.), *Positive organizational behavior* (1st ed. pp. 9-24). SAGE Publications.
- Luthans, F., & Youssef, C. (2009). Positive workplaces. En R. Snyder, y S. Lopez (Eds.), *Handbook of Positive Psychology* (2nd ed., pp. 579-588). Oxford University Press.
- Lupano Perugini, M.L (2014). Organizaciones Positivas, un marco de referencia para su abordaje en Latinoamérica. *Acta Psiquiátrica y Psicológica de América Latina*, 60(4), 277-284. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/40750>

- Lupano Perugini, M.L., & Castro Solano, A. (2019). Virtudes organizacionales y Capital psicológico como predictores positivos de satisfacción y performance laboral. *Revista de Psicología*, 15(29), 32-52. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9605659>
- Lupano Perugini, M.L. & Castro Solano, A. (2018b). Virtudes y características positivas asociadas a organizaciones laborales. *Acta Psiquiátrica y Psicológica de América Latina*, 64(1), 28-39. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/103152>
- Lupano Perugini, M.L. & Castro Solano, A. (2018a). Influencia de las Virtudes Organizacionales sobre la performance laboral. Un estudio en organizaciones argentinas. *Interdisciplinaria*, 35(1), 171-188. <https://doi.org/10.16888/interd.2018.35.1.9>
- Lupano Perugini, M.L. & Castro Solano, A. (2016). Perfiles de organizaciones positivas. Análisis de características percibidas según variables individuales, organizacionales y de resultado. *Escritos de Psicología*, 9(2), 1-11. <https://doi.org/10.5231/psy.writ.2016.1103>
- Lupano Perugini, M. L. & de la Iglesia, G. (2022). Empleados Saludables vs. No Saludables: variables asociadas con satisfacción y performance laboral. *Perspectivas en Psicología*, 19(1), 147-167. <http://200.0.183.216/revista/index.php/pep/article/view/593>
- Lupano Perugini, M.L. & Feliú, M. (2023, septiembre). Una propuesta innovadora para la evaluación de características de personalidad en el ámbito laboral. Ponencia presentada en el 8º Congreso Iberoamericano de Psicología de las Organizaciones y el Trabajo. Córdoba, Argentina.
- Luthans, F. & Youssef, C.M. (2020). Positive workplaces. In C.R. Snyder, S.J. Lopez, L.M. Edwards & S.C. Marques (Eds), *The Oxford Handbook of Positive Psychology* (3rd Eds). Oxford University Press, UK.
- Martín-del-Río, B., Neipp, M. C., García-Selva, A., & Solanes-Puchol, A. (2021). Positive organizational psychology: a bibliometric review and science mapping analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(10), 5222. <https://doi.org/10.3390/ijerph18105222>
- Muñoz-Jaramillo, J., Quiroz-González, E., & Castaño, E. (2018). Demandas emocionales y work engagement en personal asistencial que trabaja en una institución de salud de la ciudad de Pereira. In M. Arias-Cantor & C. Arango (Eds.), *Investigación en Psicología*

- Fondo Editorial Universidad Católica de Oriente, 251–277.
<https://www.ucatolica.edu.co/portal/wp-content/uploads/2019/04/libro-psicologia.pdf>
- Ocampo Álvarez, L. F., Quiroz-González, E. F., & Villavicencio-Ayub, E. (2021). Engagement y optimismo en un grupo de trabajadores colombianos: análisis de algunos predictores. *Universidad y Salud*, 23(3), 320–328. <https://doi.org/10.22267/rus.212303.246>
- Omar, A. (2010). Las organizaciones positivas. En A. Castro Solano (Ed.), *Fundamentos de psicología positiva*. Buenos Aires: Paidós.
- Ospina, C. & Delgado-Abella, L (2015, abril). *Relación entre capital psicológico, engagement y capital ético organizacional en profesores de la Universidad Católica de Colombia: un modelo de ecuaciones estructurales*. Ponencia presentada al 5th IFCU International Psychology Congress. Los Ángeles, California, Estados Unidos.
- Ospina-Cano, S., Quiroz-González, E., Villavicencio-Ayub, E., & Arias Rodríguez, G. M. (2023). Autoeficacia y engagement desde la perspectiva de género. *Equidad y Desarrollo*. <https://doi.org/10.19052/eq.vol1.iss41.7>
- Pérez-Martínez, A. & Delgado-Abella, L. (2016). *Capital psicológico como variable moderadora entre riesgo psicosocial intralaboral y estrés laboral*. [Tesis de maestría. Universidad Católica de Colombia].
- Polo-Vargas, J. D., Fernández-Ríos, M., Bargsted, M., Ramírez-Vielma, R., Mebarak, M., Zambrano-Curcio, M., Collazo, J., Calderín, L., & Guerra, M. (2018). Relationships between work design, engagement, and life satisfaction. *Psicología Desde El Caribe*, 98–108. <http://dx.doi.org/10.14482/psdc.35.4.158.74>
- Polo-Vargas, J. D., Sañudo, J. E. P., De Castro Correa, A. M., Mebarak Chams, M. R., & Guardela, J. L. V. (2013). Riesgos psicosociales: La psicología organizacional positiva como propuesta de promoción, prevención e intervención. In *Salud Uninorte* (Vol. 29, Issue 3, pp. 561–575). Universidad del Norte.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-55522013000300018&script=sci_arttext
- Porras, N. (2024). Positive psychology and the search for happiness at work. *Majalah Kesehatan Indonesia*, 5(1), 1–8. <https://doi.org/10.47679/makein.2024200>
- Quiroz-González, E., & Castaño-González, E. (2019). *Organizaciones saludables: aportes al bienestar de los trabajadores de la salud en Colombia*. Universidad Católica de Pereira.

https://www.researchgate.net/publication/342028879_Organizaciones_saludables_aportes_al_bienestar_de_los_trabajadores_de_la_salud_en_Colombia

- Quiroz-González, E., Castaño-González, J., & Arias-Rodríguez, G. M. (2023). Burnout Syndrome and Engagement in Health Care Workers: An Approach from the Gender Perspective. *Revista Gerencia y Políticas de Salud*, 22. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.rgps22.bseh>
- Quiroz-González, E., Delgado-Abella, L. E. & Lupano Perugini, M.L. (2024). Qualitative study on the perceived effects of Mindfulness-Based Health Promotion one year after its implementation. *Estudios Gerenciales*, 40(173), 420-431. Epub March 06, 2025. <https://doi.org/10.18046/j.estger.2024.173.6723>
- Quiroz-González, E., Lupano Perugini M.L., Delgado-Abella L.E., Arenas-Granada J. & Demarzo, M. (2024) Effects of a mindfulness-based health promotion program on mindfulness, psychological capital, compassion fatigue, and affect in healthcare workers. *Front. Psychol.* 15:1470695. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1470695>
- Quiroz-González, E., & Muñoz, J. T. (2020). El Engagement: una perspectiva desde las organizaciones saludables. In *Engagement y cambio organizacional* (Editorial, p. 104). <https://doi.org/10.14718/9789585133419.2020>
- Quiroz-González, E., Muñoz Jaramillo, J. T., Salazar Montes, A. P., Ocampo Rivera, F., & Vanegas Berrio, N. Y. (2020). Engagement y burnout en profesionales de la salud colombianos. *Salud (i) Ciencia*, 24, 201–207. <https://doi.org/www.dx.doi.org/10.21840/siic/160641>
- Salanova, M., Llorens, S., & Martínez, I. (2019). *Organizaciones saludables. Una mirada desde la psicología positiva* (Aranzadi). En: C. Vázquez y G. Hervás (Eds.), *Psicología Positiva: Bases científicas del bienestar y la resiliencia*. Madrid: Alianza Editorial
- Salanova, M., Llorens, S., Cifre, E., & Martínez, I.M. (2012). We need a Hero! Toward a validation of the Healthy and Resilient Organization (HERO) model. *Group and Organization Management*, 37(6), 785-822. <https://doi.org/10.1177/1059601112470405>
- Salanova, M., Llorens, S., & Martínez, I. (2019). *Healthy Organizations: A Positive Psychology*. Perspective Pamplona, Spain: Aranzadi, S.A.U.

- Sanín-Posada, A., Salanova, M., & Vera-Villaroel, P. (2019). Satisfacción con la vida: El rol de la felicidad en el trabajo y la vida. *Revista Interamericana de Psicología Ocupacional*, 38(1). <https://doi.org/10.21772/ripo.v38n1a05>
- Sanín-Posada, A., Salanova, M., & Vera-Villaroel, P. (2018). Happiness and Optimism Interventions at Work: Gender Differences. *OALib*, 05(11). <https://doi.org/10.4236/oalib.1104842>
- Schaufeli, W., Salanova, M., González-Romá, V., & Bakker, A. (2002). The measurement of engagement and burnout : a two sample confirmatory factor analytic approach. *Journal of Happiness Studies*, 3(1), 71–92. <https://doi.org/10.1023/A:1015630930326>
- Seligman, M. E. (2019). Positive psychology: A personal history. *Annual review of clinical psychology*, 15(1), 1-23. <https://doi.org/10.1146/annurev-clinpsy-050718-095653>
- Suárez-Monzón, A. & Delgado-Abella, L. (2023, agosto). *Capital psicológico y salud mental de profesionales sanitarios durante la pandemia de Covid 19: una revisión de alcance*. Ponencia presentada al Congreso Colombiano de Psicología 2023. Pereira, Colombia.
- Trejos, L., Quiroz-González, E., & Castaño, J. (2021). Burnout y engagement. Un análisis desde los turnos laborales en personal asistencial. *Psicoespacios*, 15(27), 43–57. <https://doi.org/10.25057/21452776.1416>
- van Zyl, L. E., Dik, B. J., Donaldson, S. I., Klibert, J. J., di Blasi, Z., van Wingerden, J., & Salanova, M. (2023). Positive organisational psychology 2.0: Embracing the technological revolution. *The Journal of Positive Psychology*, 19(4), 699–711. <https://doi.org/10.1080/17439760.2023.2257640>
- Vanegas-García, M & Delgado-Abella, L. (2010). *Relación entre capital psicológico, justicia organizacional y estrés laboral*. [Tesis de maestría. Universidad Católica de Colombia].
- Vesga, J., García, M., Forero, C., Toscano, C., & Quiroz, E. (2021). La relación entre la edad, el engagement y la disposición al cambio organizacional. *Interdisciplinaria*, 38(2), 225–241. <https://doi.org/https://doi.org/10.16888/interd.2021.38.2.15>
- Wang, F., Guo, J., & Yang, G. (2023). Study on positive psychology from 1999 to 2021: A bibliometric analysis. *Frontiers in Psychology*, 14, 273. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1101157>
- Wong, P. T. P. (2011). Positive psychology 2.0: Towards a balanced interactive model of the good life. *Canadian Psychology*, 52(2), 69-81. <https://doi.org/10.1037/a0022511>

CAPÍTULO 2

APLICACIÓN DE REDES NEURONALES LAMSTAR PARA DETECCIÓN DE FRAUDE EN TRANSACCIONES DE TARJETAS DE CRÉDITO¹⁰

APPLICATION OF LAMSTAR NEURAL NETWORKS FOR FRAUD DETECTION IN CREDIT CARD TRANSACTIONS

Mary Luz Nina-Palacios¹¹

Hugo Ticoná-Salluca¹²

Jose Panfilo Tito Lipa¹³

Angel Javier Quispe Carita¹⁴

Cesar Enrique Yupanqui Bendita¹⁵

Pares evaluadores: Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES.¹⁶

¹⁰ Derivado del proyecto de investigación: Aplicación de redes neuronales lamstar para detección de fraude en transacciones de tarjetas de crédito.

¹¹ Ingeniero Estadístico e Informático, Universidad Nacional del Altiplano, Investigador, Instituto de Investigación en Ciencias de la Computación – Universidad Nacional del Altiplano

¹² Ingeniero Estadístico e Informático, Universidad Nacional del Altiplano, Investigador y Desarrollador de Software, ODIN Laboratorio – Universidad Nacional del Altiplano,

¹³ Ingeniero Estadístico e Informático, Universidad Nacional del Altiplano, Doctor en Ciencias de la Computación, Universidad Nacional del Altiplano, Docente, Universidad Nacional del Altiplano,

¹⁴ Ingeniero Estadístico e Informático, Universidad Nacional del Altiplano, Doctor en Estadística Aplicada, Universidad Nacional del Altiplano, Docente, Universidad Nacional del Altiplano,

¹⁵ Ingeniero Estadístico e Informático, Universidad Nacional del Altiplano, Doctor en Estadística Aplicada, Universidad Nacional del Altiplano, Docente, Universidad Nacional de Juliaca,

¹⁶ Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES. www.rediees.org

APLICACIÓN DE REDES NEURONALES LAMSTAR PARA DETECCIÓN DE FRAUDE EN TRANSACCIONES DE TARJETAS DE CRÉDITO¹⁷

Mary Luz Nina-Palacios¹⁸, Hugo Ticona-Salluca¹⁹, Jose Panfilo Tito Lipa²⁰, Angel Javier Quispe Carita²¹, Cesar Enrique Yupanqui Bendita²²

RESUMEN

El presente trabajo analiza la aplicación de la arquitectura de redes neuronales LAMSTAR (Large Adaptive Multilayered Synchronous Threshold Networks) en la detección proactiva de fraudes en transacciones de tarjetas de crédito. La investigación surge ante la creciente sofisticación de los fraudes financieros y la necesidad de sistemas inteligentes capaces de operar con altos volúmenes de datos y condiciones de incertidumbre. Se plantea como objetivo proponer una solución eficiente y robusta mediante el uso de redes neuronales LAMSTAR, explorando tanto su versión original como una versión modificada que introduce mejoras en criterios de decisión, refuerzo de aprendizaje, adaptabilidad y manejo de datos incompletos. La metodología incluye una revisión sistemática de literatura reciente, la implementación computacional de ambas versiones del modelo y una evaluación comparativa de su desempeño. Los resultados obtenidos demuestran que la red LAMSTAR modificada supera a la original en términos de precisión, capacidad de adaptación a nuevas variables y confiabilidad en escenarios con datos incompletos. Asimismo, se constata su potencial para integrarse en sistemas de detección de fraude en tiempo real. Se concluye que las redes LAMSTAR representan una herramienta prometedora para abordar el fraude financiero de

¹⁷ Derivado del proyecto de investigación: Aplicación de redes neuronales lamstar para detección de fraude en transacciones de tarjetas de crédito.

¹⁸ Ingeniero Estadístico e Informático, Universidad Nacional del Altiplano, Investigador, Instituto de Investigación en Ciencias de la Computación – Universidad Nacional del Altiplano,

¹⁹ Ingeniero Estadístico e Informático, Universidad Nacional del Altiplano, Investigador y Desarrollador de Software, ODIN Laboratory – Universidad Nacional del Altiplano,

²⁰ Ingeniero Estadístico e Informático, Universidad Nacional del Altiplano, Doctor en Ciencias de la Computación, Universidad Nacional del Altiplano, Docente, Universidad Nacional del Altiplano,

²¹ Ingeniero Estadístico e Informático, Universidad Nacional del Altiplano, Doctor en Estadística Aplicada, Universidad Nacional del Altiplano, Docente, Universidad Nacional del Altiplano,

²² Ingeniero Estadístico e Informático, Universidad Nacional del Altiplano, Doctor en Estadística Aplicada, Universidad Nacional del Altiplano, Docente, Universidad Nacional de Juliaca,

manera proactiva, aunque se identifican oportunidades para futuras investigaciones orientadas a mejorar su interpretabilidad y optimización en entornos reales.

ABSTRACT

This study examines the application of the LAMSTAR neural network architecture (Large Adaptive Multilayered Synchronous Threshold Networks) for proactive fraud detection in credit card transactions. The research is motivated by the increasing complexity of financial fraud and the demand for intelligent systems capable of processing large volumes of data under uncertainty. The main objective is to propose an efficient and robust solution using LAMSTAR networks, evaluating both the original version and a modified version that incorporates improvements in decision criteria, learning reinforcement, adaptability, and the handling of incomplete data. The methodology includes a comprehensive review of recent literature, the computational implementation of both LAMSTAR versions, and a comparative analysis of their performance. The results demonstrate that the modified LAMSTAR network outperforms the original in terms of accuracy, adaptability to new variables, and reliability in incomplete data scenarios. Additionally, the modified model shows potential for integration into real-time fraud detection systems. The study concludes that LAMSTAR networks offer a promising approach for addressing financial fraud proactively, while also identifying future research opportunities aimed at enhancing the interpretability and optimization of these models in real-world financial environments.

PALABRAS CLAVE: Redes neuronales, LAMSTAR, Detección de fraudes, Tarjetas de crédito

Keywords: Neural networks, LAMSTAR, Fraud detection, Credit cards

INTRODUCCIÓN

En el contexto actual, caracterizado por un crecimiento acelerado de la digitalización financiera, las transacciones con tarjetas de crédito se han consolidado como una herramienta fundamental en la economía global. No obstante, este auge ha traído consigo un incremento sustancial en las actividades fraudulentas, lo que representa una amenaza directa tanto para la seguridad financiera de los individuos como para la estabilidad de las instituciones bancarias. Entre las formas más comunes de fraude se encuentran las transacciones no autorizadas, el robo de identidad, la clonación de tarjetas y las operaciones fraudulentas en línea.

En este escenario, el fraude en transacciones con tarjetas de crédito constituye uno de los desafíos más críticos para el sistema financiero moderno, debido al incremento exponencial del volumen de operaciones y la creciente sofisticación de las técnicas empleadas por los defraudadores. (Hafez, Hafez, Saleh, Abd El-Mageed, & Abohany, 2025) destacan que esta situación ha obligado a replantear los enfoques tradicionales, ya que los métodos convencionales resultan insuficientes para hacer frente al dinamismo y complejidad de los patrones actuales de fraude financiero.

Numerosos estudios se han orientado a comprender las características y dimensiones de este tipo de criminalidad. Por ejemplo, (Casasnovas, 2023) analiza los métodos empleados por los delincuentes para ejecutar fraudes en línea y plantea diversas estrategias de prevención en su revisión sistemática publicada en el *Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences*.

En respuesta a esta problemática, la Inteligencia Artificial ha emergido como una alternativa prometedora frente a los métodos econométricos tradicionales (Caridad & Ceular, 2007), especialmente mediante el uso de redes neuronales artificiales. En este marco, las redes LAMSTAR (Large Adaptive Multilayered Synchronous Threshold Networks) han captado la atención de la comunidad científica por su capacidad para adaptarse a grandes volúmenes de datos y operar bajo condiciones de incertidumbre.

Este tipo de Redes Neuronales están específicamente diseñadas para aplicaciones dedicadas a la recuperación, análisis, clasificación, predicción y toma de decisiones. También están pensadas para ser utilizadas con conjuntos de datos de naturaleza extremadamente grande, que no pueden ser procesados tan fácilmente (Das, 2021).

Fraude en transacciones de tarjetas de crédito

La Association of Certified Fraud Examiners (ACFE), citada por Sadgal, Sael y Benabbou (2019), define el fraude como cualquier acto intencional o deliberado de privar a otra persona de propiedad o dinero mediante engaño, astucia u otras prácticas injustas. Esta definición abarca una amplia gama de conductas ilícitas que afectan la integridad de los sistemas financieros. (Sadgal, Sael, & Benabbou, 2020)

En este sentido, Georgieva, Markova y Pavlov (2019) desarrollaron un modelo basado en redes neuronales artificiales (ANN) que demostró una alta capacidad para aprender patrones fraudulentos y clasificarlos con precisión. Su investigación también abordó el desafío del desequilibrio en los datos mediante técnicas de remuestreo, logrando así una mejora significativa en la precisión del modelo aplicado a escenarios reales. (Georgieva, Markova, & Pavlov, 2019)

El riesgo de fraude financiero puede tener consecuencias graves, afectando no solo las finanzas de los usuarios, sino también la reputación y viabilidad de las organizaciones afectadas. (Zamini & Montazer, 2019) subrayan la necesidad de explorar métodos diversos y estratégicos para abordar este fenómeno, mientras que (Adepoju, Wosowei, & Jaiman, 2019) destacan la limitación de los procesos manuales frente al crecimiento vertiginoso del volumen de transacciones. Ante ello, las organizaciones están adoptando soluciones inteligentes basadas en aprendizaje automático para optimizar la detección y prevención del fraude con mayor eficiencia.

MATERIAL Y MÉTODOS

Redes Neuronales LAMSTAR

Las redes neuronales LAMSTAR (Large Adaptive Multi-Structure Time Adaptive Resonance) son un tipo de red neuronal artificial (ANN) que se caracteriza por su capacidad para:

- Adaptarse a diferentes tipos de datos: pueden procesar información de diversas fuentes, como imágenes, texto y señales sensoriales.
- Aprender de forma incremental: pueden mejorar su rendimiento con el tiempo a medida que se exponen a nuevos datos.
- Ser robusta a la entrada de datos incompletos o ruidosos: pueden funcionar correctamente incluso cuando la información disponible es imperfecta.

Las redes LAMSTAR se basan en la arquitectura ART (Adaptive Resonance Theory), que fue desarrollada por Stephen Grossberg en la década de 1970. La arquitectura ART se inspira en el funcionamiento del cerebro humano, y está diseñada para permitir que las redes neuronales aprendan de forma automática y eficiente. (Grossberg, 1987)

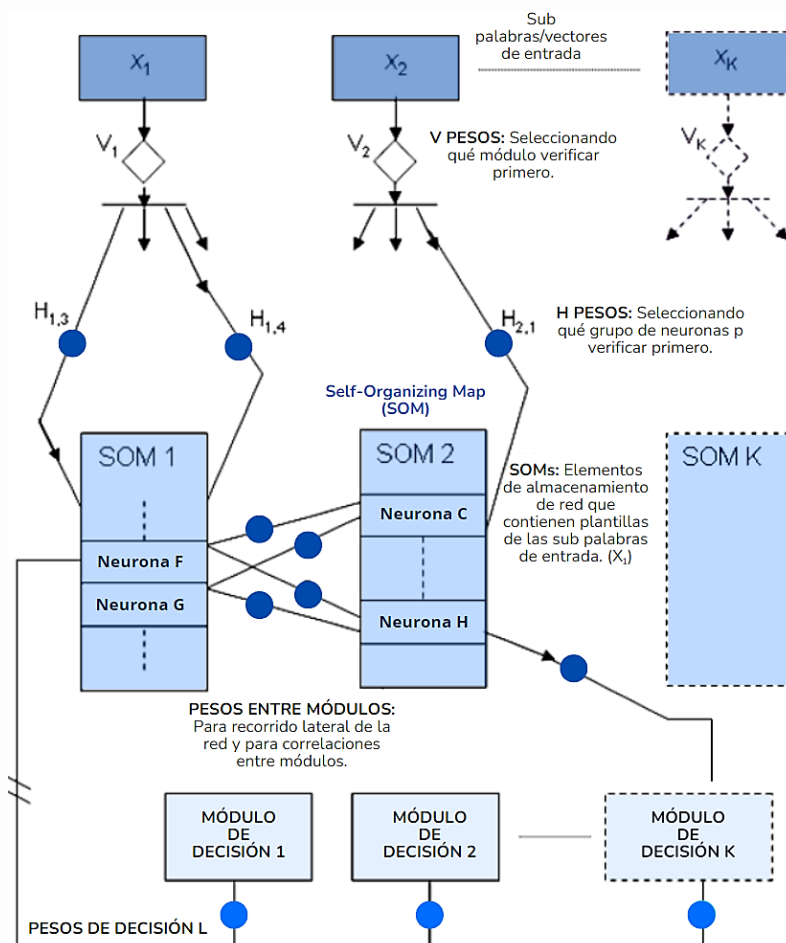
Diferencias entre LAMSTAR I y LAMSTAR II

La principal diferencia entre LAMSTAR y LAMSTAR II se realiza en la interpretación de los pesos de enlace que conectan las neuronas ganadoras con los módulos de decisión; de ahí que esta faceta de las redes será el foco de esta sección. El LAMSTAR produce una decisión ganadora, v , de las neuronas de salida J (decisión) en el módulo de mapa autoorganizado (SOM) de decisión considerando la suma de los pesos de los enlaces que conectan el punto ganador. (Graupe & C. Schneider, 2008)

Además de su aplicación en contextos financieros, la arquitectura LAMSTAR ha demostrado una notable versatilidad en otros dominios complejos, como el procesamiento de imágenes. Por ejemplo, (Girado, Sandin, & DeFanti, 2003) aplicaron una versión modificada de esta red para la detección de rostros en tiempo real mediante cámaras, obteniendo resultados precisos y eficientes. Esta evidencia refuerza la capacidad de LAMSTAR para manejar tareas

que requieren reconocimiento de patrones visuales complejos y procesamiento en tiempo real, lo cual subraya su potencial para adaptarse a distintos tipos de problemas computacionales.

Figura 1. Arquitectura de red LAMSTAR.



Fuente: (Graupe & C. Schneider, 2008)

Cuando se trata de Redes Neuronales LAMSTAR, las salidas de las Neuronas se calculan típicamente en base a esta fórmula matemática:

$$Y = f \left[p \sum_{i=1}^n W_{ij} X_{ij} \right]$$

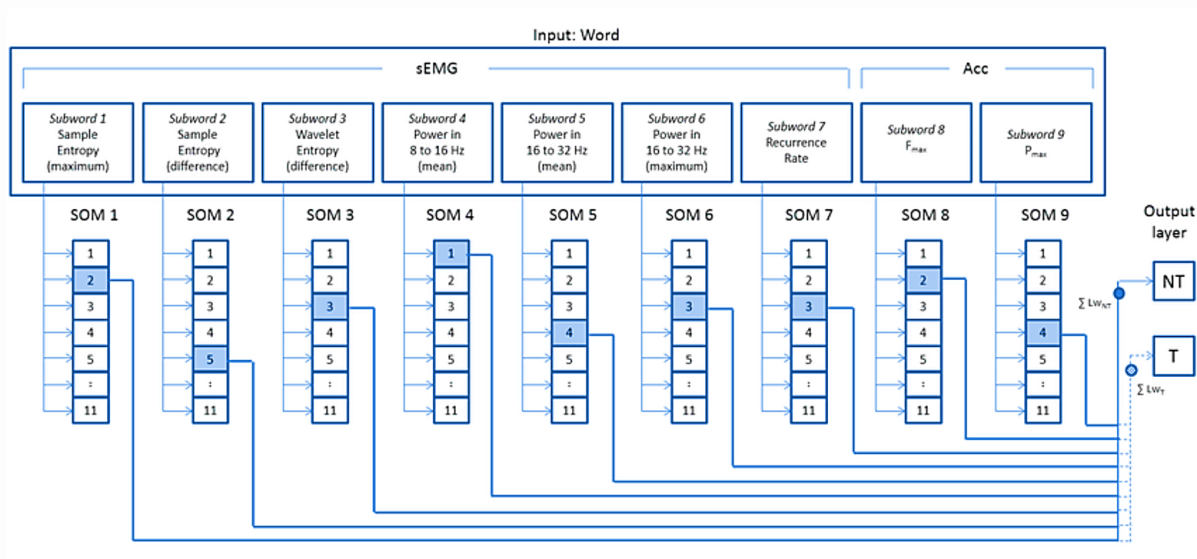
Donde:

Y = La función no lineal.

W_{ij} = Los pesos de la memoria asociativa que se han asignado estadísticamente a las entradas.

LAMSTAR se ha aplicado a diversas tareas, incluido el reconocimiento de imágenes, el procesamiento del habla y otros problemas de reconocimiento de patrones.

Figura 2. Aplicación de la Arquitectura Red Neuronal LAMSTAR



Fuente: (Khobragade, Graupe, & Tuninetti, 2015)

En la figura 2, destacando su disposición de capas y conexiones. Se asignan nueve características de entrada, denominadas "sub-palabras", a las capas SOM correspondientes, cada una compuesta por 11 neuronas. Estas neuronas establecen conexiones con la capa de salida a través de pesos de enlace. La determinación de activar la neurona NT o T se realiza al comparar la suma de los pesos de enlace de las neuronas ganadoras con las neuronas de salida. La decisión se basa en cuál neurona de salida tiene la mayor suma de pesos de enlace. Por tanto, se presenta una instantánea de las neuronas ganadoras de las nueve capas SOM, donde las neuronas sombreadas indican las ganadoras en un momento específico. (Khobragade, Graupe, & Tuninetti, 2015)

RESULTADOS

La detección de fraudes en transacciones financieras implica una serie de pasos fundamentales. En primer lugar, se recopilan datos de diversas fuentes, como compañías de tarjetas de crédito y agencias de crédito, y se someten a un riguroso proceso de limpieza, transformación y selección de características. Este proceso incluye la eliminación de valores atípicos, la normalización de formatos y la codificación de variables categóricas.

- **El problema de los datos faltantes en la red neuronal LAMSTAR**

Como se mencionó anteriormente, LAMSTAR NN puede ejecutarse en ausencia de datos faltantes que puedan estar presentes en los conjuntos de datos. Esto se puede lograr sumando estadísticamente los valores generales de "k" que están presentes. (Das, 2021, pág. 158)

Luego, se implementa y entrena una red neuronal LAMSTAR, configurando su arquitectura y ajustando su rendimiento para optimizar la detección de fraude. Durante el entrenamiento, la red se ajusta continuamente para minimizar la pérdida y mejorar su precisión, utilizando técnicas de regularización para evitar el sobreajuste.

- **Proceso de toma de decisiones de la red neuronal LAMSTAR**

En general, la estructura de red tanto de LAMSTAR NN como de LAMSTAR-2 NN es de naturaleza muy similar. Además, estos dos tipos de redes neuronales incluso comparten el mismo tipo de procesos de toma de decisiones en lo que respecta a cómo se utilizarán las entradas y sus conjuntos de datos asociados para calcular las salidas del sistema ANN (Das, 2021, pág. 158). El algoritmo de toma de decisiones se puede representar matemáticamente de la siguiente manera:

$$M \sum_{k(w)} I_{nL} k(w) > M \sum_{k(w)} I_{jL} k(w) \quad \forall i, j, k, n, j = /n$$

Donde:

I = El módulo de salida "Ith"

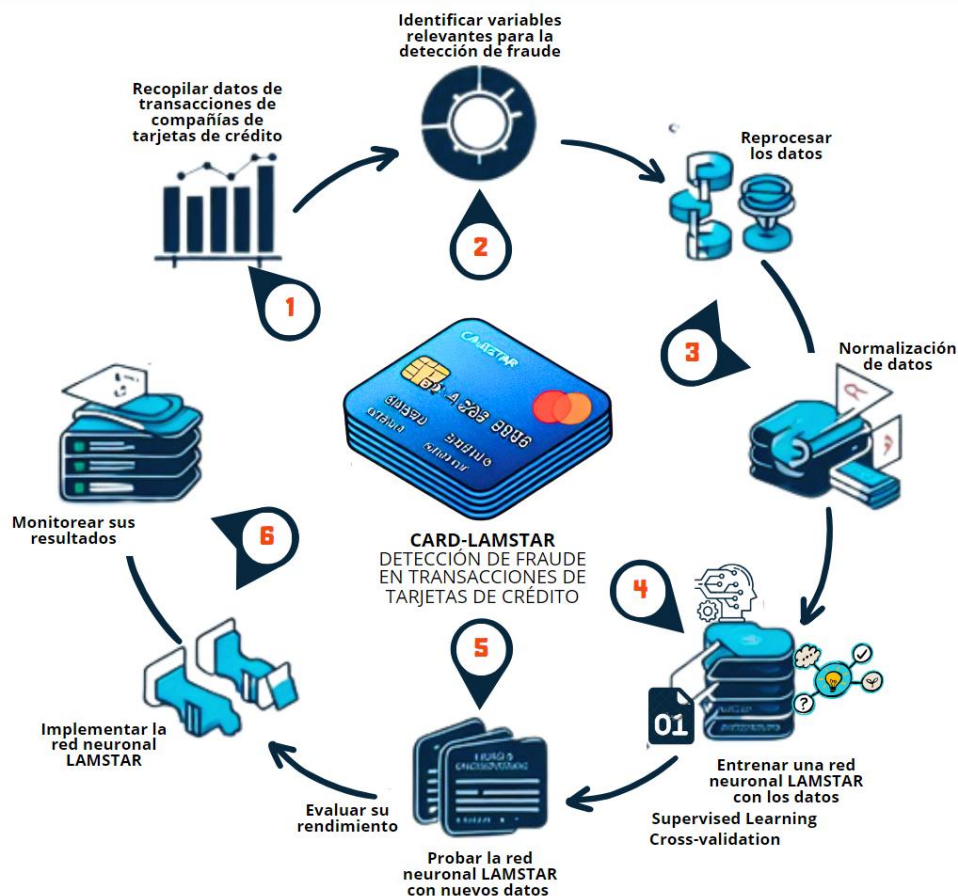
n = La Neurona Ganadora

k(w) = El módulo de salida;

M = El peso del enlace que se ha establecido entre la Neurona Ganadora en el módulo de entrada (indicado como "k") y la Neurona (indicada como "j") en la capa de salida "Ith"

Una vez entrenada, la red se evalúa y monitorea su rendimiento en producción, realizando ajustes según sea necesario y probándola con nuevos datos para evaluar su capacidad de generalización y detección de nuevos patrones de fraude. Se utiliza aprendizaje supervisado y validación cruzada para mejorar y validar el modelo de detección de fraudes.

Figura 2. Propuesta de la metodología de la red LAMSTAR aplicada a detección de fraude en transacciones de tarjetas de crédito



Fuente: Elaboración Propia

La detección efectiva de fraudes en transacciones con tarjetas de crédito es un desafío crítico para las instituciones financieras. Las redes neuronales LAMSTAR (Large Memory Storage and Retrieval) han demostrado ser una herramienta prometedora para abordar este problema, gracias a su capacidad de aprendizaje incremental, manejo de grandes volúmenes de datos y transparencia interpretable. Sin embargo, la arquitectura LAMSTAR original presenta algunas limitaciones en ciertos escenarios de fraude.

Para superar estos desafíos, se ha propuesto una versión modificada de LAMSTAR, denominada LAMSTAR II o LAMSTAR Modificada, que incorpora mejoras clave. La Tabla 1 resume las principales diferencias entre ambas arquitecturas en el contexto específico de detección de fraudes con tarjetas de crédito.

Tabela 1. Diferencias entre LAMSTAR original y LAMSTAR modificada para detección de fraude en tarjetas de crédito

ASPECTO	LAMSTAR ORIGINAL	LAMSTAR MODIFICADA
Criterio de Decisión	Elige la decisión (fraude/no fraude) con la mayor suma de pesos de enlace de neuronas ganadoras relacionadas.	Elige la decisión con la mayor suma de pesos normalizados, permitiendo que eventos raros, pero fuertemente indicativos dominen la decisión.
Refuerzo de Aprendizaje	Aplica refuerzo negativo a todos los pesos hacia decisiones incorrectas, incluso cuando la decisión es correcta.	Aplica refuerzo negativo sólo cuando la decisión es incorrecta, evitando desaprender patrones válidos.
Medida de Confianza	No define una medida cuantitativa de confianza en la decisión.	Incorpora una medida de confianza (CM) que permite comparar la solidez de diferentes decisiones.

Adaptabilidad a Nuevas Variables	El rendimiento puede degradarse si se agregan variables cuyos patrones dominan indebidamente.	Escala eficientemente al incorporar nuevas variables descriptivas sin degradar el rendimiento.
Interpretabilidad	Los pesos de enlace no tienen una interpretación probabilística clara.	Los pesos normalizados convergen a probabilidades condicionales en problemas estacionarios, facilitando la interpretación.
Aplicabilidad con Datos Incompletos	El desempeño puede verse afectado por datos de entrada incompletos o faltantes.	Es robusto a la presencia de datos de entrada incompletos o ruidosos gracias a la normalización de pesos.

Fuente: Elaboración Propia.

Las redes neuronales LAMSTAR son útiles para detectar fraudes en transacciones con tarjetas de crédito debido a su capacidad para manejar grandes volúmenes de datos y su interpretación clara. Sin embargo, la versión original tiene limitaciones. Una versión mejorada, llamada LAMSTAR Modificada, ha demostrado un rendimiento superior en la predicción financiera. Esto sugiere que LAMSTAR Modificada podría ser más efectiva en la detección de fraudes, gracias a su capacidad para manejar eventos raros y adaptarse a nuevas variables, lo que la convierte en una opción más sólida y prometedora para enfrentar este desafío crítico en el ámbito financiero.

DISCUSIÓN

La detección de fraudes en transacciones de tarjetas de crédito ha experimentado un notable avance, especialmente con el uso de redes neuronales LAMSTAR. Estudios iniciales, como el realizado por (Graupe & C. Schneider, 2008), han sentado las bases para la aplicación de estas redes en entornos financieros, demostrando su potencial para mejorar la seguridad y la eficacia en la identificación de actividades fraudulentas.

Así mismo en la investigación de (Zamini & Montazer, 2019), quienes llevaron a cabo un estudio exhaustivo sobre la detección de fraudes utilizando una versión optimizada de la red neuronal LAMSTAR. Sus hallazgos respaldan a esta investigación en la eficacia de las redes LAMSTAR en aplicaciones prácticas, proporcionando evidencia sólida de su capacidad para identificar y prevenir fraudes en transacciones de tarjetas de crédito.

Asimismo, investigaciones recientes han explorado arquitecturas avanzadas que integran mecanismos de atención y análisis temporal. (Cheng, y otros, 2020), propusieron un modelo basado en atención espaciotemporal que permite identificar patrones complejos de fraude que varían a lo largo del tiempo y en diferentes contextos transaccionales. Los resultados demostraron mejoras significativas en comparación con enfoques tradicionales, lo cual resalta la importancia de incorporar el componente temporal y secuencial en los modelos de detección de fraude, un aspecto que también es abordado en la red neuronal LAMSTAR mediante su estructura jerárquica de memoria.

Sin embargo, en los últimos avances logrados, las redes neuronales LAMSTAR aún enfrentan desafíos como la interpretación de los resultados y la calidad de los datos. Sin embargo, las investigaciones continúan explorando nuevas técnicas y enfoques para abordar estos desafíos, con el objetivo de mejorar aún más la eficacia y la eficiencia de estas redes en la detección de fraudes en transacciones de tarjetas de crédito.

Un enfoque relevante en esta línea es el trabajo de (Li, Zhang, & Wang, 2023), quienes propusieron una red neuronal acoplada continua (CCNN) basada en principios neurobiológicos, simulando la percepción y el procesamiento continuo de patrones del cerebro humano. Este modelo fue aplicado a la detección de fraudes con tarjetas de crédito, alcanzando métricas sobresalientes como una precisión de 0.9998 y un F1-score de 0.9998. La alta eficacia de este enfoque refuerza la idea de que las arquitecturas inspiradas en el sistema nervioso, como las redes LAMSTAR, poseen un gran potencial en la detección proactiva de fraudes. Su

capacidad de adaptarse a nuevas variables, manejar grandes volúmenes de datos y aprender de manera incremental las posiciona como alternativas sólidas frente a modelos tradicionales.

CONCLUSIONES

Tras una exhaustiva evaluación de la aplicación de las redes neuronales LAMSTAR en la detección de fraudes en transacciones de tarjetas de crédito, se extraen conclusiones fundamentales. En primer lugar, se destaca la eficacia comprobada de las redes LAMSTAR en la detección proactiva de fraudes financieros. Su capacidad para procesar grandes volúmenes de datos y adaptarse a diversas situaciones de fraude las convierte en una herramienta invaluable tanto para las instituciones financieras como para los usuarios.

Además de su eficacia, se ha observado que las redes LAMSTAR son altamente adaptables y robustas. Pueden manejar datos incompletos o ruidosos sin comprometer su rendimiento, lo que es crucial en entornos donde la calidad de los datos puede variar considerablemente. Sin embargo, a pesar de sus ventajas, las redes LAMSTAR enfrentan el desafío de la interpretación de los resultados. La falta de una interpretación clara de los pesos de enlace dificulta la comprensión de cómo se toman las decisiones y qué características son más relevantes para la detección de fraudes.

Para superar estas limitaciones, se proponen mejoras clave en la arquitectura y el rendimiento de las redes LAMSTAR. Estas mejoras incluyen la incorporación de medidas de confianza en las decisiones, la optimización del proceso de aprendizaje y la adaptación a nuevos tipos de fraudes y variables descriptivas. A pesar de los avances logrados, queda mucho por explorar en el campo de la detección de fraudes con redes LAMSTAR.

Se necesitan más investigaciones para abordar las limitaciones identificadas y seguir mejorando la eficacia y la eficiencia de estas redes en la identificación y prevención de actividades fraudulentas en transacciones financieras. En resumen, las redes neuronales LAMSTAR son una herramienta poderosa y prometedora para la detección de fraudes en transacciones de tarjetas de crédito. Su capacidad para procesar grandes cantidades de datos, adaptarse a diferentes situaciones y mejorar continuamente su rendimiento las posiciona como una opción líder en la lucha contra el fraude financiero

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Adepoju, O., Wosowei, J., & Jaiman, H. (2019). Comparative evaluation of credit card fraud detection using machine learning techniques. *Global Conference for Advancement in Technology (GCAT)*. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/339019564>
- Caridad, J. M., & Ceular, N. (2007). Un análisis del mercado de la vivienda a través de redes neuronales artificiales. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/301/30118210.pdf>
- Casasnovas, R. M. (2023). Detección del fraude con tarjetas de crédito en la era de las tecnologías disruptivas: Una revisión sistemática. *Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences*. Obtenido de <https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/148477/1/aartolamTFM0723.pdf>
- Cheng, D., Xiang, S., Shang, C., Zhang, Y., Yang, F., & Zhang, L. (2020). Spatio-temporal attention-based neural network for credit card fraud detection. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*.
doi:<http://dx.doi.org/10.1609/aaai.v34i01.5371>
- Das, R. (2021). *Practical AI for Cybersecurity*. Taylor & Francis Group.
- Georgieva, S., Markova, M., & Pavlov, V. (2019). Using neural network for credit card fraud detection. *AIP Conference Proceedings*. doi:<https://doi.org/10.1063/1.5127478>
- Girado, J. I., Sandin, D. J., & DeFanti, T. A. (2003). Real-time camera-based face detection using a modified LAMSTAR neural network system. *Proceedings of SPIE*.
doi:<http://dx.doi.org/10.1117/12.477405>
- Graupe, D., & C. Schneider, N. (2008). A modified LAMSTAR neural network and its applications. *PubMed*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/23229994_A_modified_LAMSTAR_neural_network_and_its_applications

- Grossberg, S. (1987). A massively parallel architecture for a self-organizing neural network. *Brain Research*.
- Hafez, I. Y., Hafez, A. Y., Saleh, A., Abd El-Mageed, A. A., & Abohany, A. A. (2025). A systematic review of AI-enhanced techniques in credit card fraud detection. *Journal of Big Data*. Obtenido de <https://journalofbigdata.springeropen.com/articles/10.1186/s40537-024-01048-8>
- Khobragade, N., Graupe, D., & Tuninetti, D. (2015). Towards fully automated closed-loop Deep Brain Stimulation in Parkinson's disease patients: A LAMSTAR-based tremor predictor. *ResearchGate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/figure/Architecture-of-LNN-The-figure-shows-the-LAMSTAR-neural-network-architecture-Nine-input_fig2_308820221
- Li, Y., Zhang, H., & Wang, X. (2023). A deep learning method of credit card fraud detection based on continuous-coupled neural network. *Mathematics*. doi:<https://doi.org/10.3390/math13050819>
- Sadgal, A., Sael, N., & Benabbou, F. (2020). Performance of machine learning techniques in the detection of financial frauds. *Procedia Computer Science*, 45-54. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050919300079>
- Zamini, M., & Montazer, G. A. (2019). Credit card fraud detection using autoencoder-based clustering. *9th International Symposium on Telecommunications (IST)*. Obtenido de <https://ieeexplore.ieee.org/document/8661129>

CAPÍTULO 3

CONSTRUCCIÓN TEÓRICA DE LA AGENDA PARA QUINTANA ROO (E HIDALGO)²³

THEORETICAL CONSTRUCTION OF THE AGENDA FOR QUINTANA ROO (AND HIDALGO)

Jaime Uribe Cortez ²⁴

Pares evaluadores: Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES.²⁵

²³ Derivado del proyecto de investigación: Construcción teórica de la agenda para Quintana Roo. Del cual quien suscribe es el responsable y que para enriquecerlo en el presente capítulo se ha incluido en el análisis al estado de Hidalgo.

²⁴ Licenciatura en Sociología, Universidad Autónoma Metropolitana, Maestro en Ciencias Sociales, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, México, Doctorado en Ciencias en Ecología y Desarrollo Sustentable, El Colegio de la Frontera Sur, Profesor e Investigador de Carrera, Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo.

²⁵ Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES. www.rediees.org

CONSTRUCCIÓN TEÓRICA DE LA AGENDA PARA QUINTANA ROO (E HIDALGO)²⁶

Jaime Uribe Cortez²⁷

RESUMEN

La aportación que comparte este manuscrito se refiere a una reflexión sobre la construcción de la agenda a partir de las coincidencias encontradas en el derecho urbano (principios jurídicos) para Hidalgo y Quintana Roo en México. Se parte del supuesto de que el ordenamiento territorial y la conformación de ciudades tiene que asirse con mayor intensidad al campo del derecho urbano para lograr una eficaz aplicación. La problemática que se maneja se refiere a que la conformación de las principales áreas metropolitanas de los estados de Quintana Roo e Hidalgo toma en cuenta la Ley de Asentamientos Urbanos, Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial para ambos estados.

ABSTRACT

The contribution that this manuscript shares refers to a reflection on the theoretical construction of the agenda based on the coincidences found in urban law (legal principles) for Hidalgo and Quintana Roo in Mexico. It is assumed that territorial planning and the formation of cities have to cling more intensely to the field of urban law in order to achieve an effective application. The problem that is handled refers to the fact that the conformation of the main metropolitan areas of the states of Quintana Roo and Hidalgo it considers the Law of Urban Settlements, Urban Development and Territorial Planning for both states.

PALABRAS CLAVE: Regiones, afinidad, leyes, desarrollo, territorios

Keywords: Regions, affinity, laws, development, territories.

²⁶ Derivado del proyecto de investigación: Construcción teórica de la agenda para Quintana Roo. Del cual quien suscribe es el responsable y que para enriquecerlo en el presente capítulo se ha incluido en el análisis al estado de Hidalgo.

²⁷ Licenciatura en Sociología, Universidad Autónoma Metropolitana, Maestro en Ciencias Sociales, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, México, Doctorado en Ciencias en Ecología y Desarrollo Sustentable, El Colegio de la Frontera Sur, Profesor e Investigador de Carrera, Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo.

INTRODUCCIÓN

El concepto de organización urbana tiene una acepción especial. Se entiende como una estructura de aspectos que ayudan al ordenamiento de los territorios y la concatenación de los aspectos que son importantes de considerar. Es una herramienta que facilita que las agendas de gobierno y políticas públicas organicen todos los elementos concernientes a los contextos socio-urbanos.

Dentro de la agenda de gobierno es un instrumento que favorece la identificación de nuevas formas de urbes y los problemas propios a fin de colaborar en la organización urbana. Se considera que el *Catálogo del Sistema Urbano Nacional* (2012), del CONAPO, es sumamente importante puesto que se tiene en esencia en el territorio mexicano predominantemente tres tipos de urbes: a) Centros urbanos, b) conurbaciones y c) zonas metropolitanas.

Cuando se hablan de contextos socio-urbanos se hace referencia a los distintos tipos que emergen hasta alcanzar una cantidad de pobladores que va de quince mil habitantes o más con servicios públicos consolidados y bien repartidos, lo cual hace necesario establecer un conjunto de principios y normas que regulen y supervisen un eficaz desarrollo.

El derecho urbano es fundamental para las agendas ya que comprende todas aquellas formas eficaces de ordenar, organizar y emprender el crecimiento urbano, la movilidad territorial y la expansión de las áreas metropolitanas. El derecho constituido para las ciudades es un aspecto y un ejercicio esencial a la hora de la construcción de las agendas de gobierno de los estados, pues requieren de la ayuda del elemento jurídico como un elemento que integra la estructura de la agenda tanto del estado de Quintana Roo como en Hidalgo.

Comparativamente se parecen mucho sus principios ordenadores. La constante o el punto equiparable, el punto cero que radica especialmente en el concepto de *organización*, es en sí misma una estructura de elementos entreverados y relacionados que al estar unidos posibilitan la existencia de ciudades desde el aspecto inmaterial o abstracto, que es el primer paso para después constituir las en ciudades físicamente establecidas y estructuradas.

El concepto de *organización* se comprende desde la formación de ciudades y la unión de todos los aspectos constitutivos y constituyentes en los cuales los municipios se entreveran y se

articulan con el fin de formar una gran estructura, una amalgama que de paso a la interconexión y la interacción entre actividades, flujos migratorios y económicos, así como una intensa gama de relaciones entre las personas, familiares, amigos, conocidos por razones de trabajo, razones turísticas, oportunidades laborales, amor, amistad, entre otras cuestiones.

Los principios jurídicos que en teoría debieran estar incluidos en la agenda de gobierno estatales por lo pronto y documentalmente (formalmente) se asientan en la Ley de Asentamientos Urbanos, Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial de los Estados, tanto de Quintana Roo como de Hidalgo que tiene una base conceptual que es el *Sistema Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano*, también para ambas entidades (Gobierno del Estado de Hidalgo, 2017; Gobierno del Estado de Quintana Roo, 2023).

El Sistema de Ordenamiento Territorial para ambos estados se funda en las acepciones conceptuales del Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2012). Su talante e importancia es a escala nacional pero el análisis de este manuscrito es de nivel estatal, solamente se echa una mirada académica a los estados de Quintana Roo e Hidalgo. Precisamente el derecho urbano es uno de los aspectos que están incluidos en la agenda de gobierno estatal para ambos estados, son un par de instrumentos que se consideran adecuados para el ordenamiento de las zonas metropolitanas y conurbaciones fundamentalmente.

Se considera que el derecho urbano surge de la presencia de “diversos derechos especializados entre los que se encuentra precisamente el derecho urbano” (Ruiz Massieu, 1981: 14-16). Para el autor Carceller Fernández (1997), se define como un conjunto de normas que dan una estructura legal y formal que da pie a la organización de las zonas metropolitanas.

Es que la conformación, la evolución, la aparición *in extremis* de mayores conexiones municipales e intermunicipales y el surgimiento de nuevas formas urbanas es como un problema histórico que necesita de la ayuda del derecho urbano y de los principios para delinear y consolidar las estructuras municipales subyacentes.

El problema principal que se dialoga en este manuscrito estriba en la construcción lógica y teórica de la agenda de gobierno para Quintana Roo e Hidalgo desde el análisis, breve y conciso, de la emergencia y la mayor necesidad histórica de que un mayor número de ciudades

cuenten con un marco jurídico que delimite su acción, es decir que cuenten con principios emanados del derecho urbano.

Se considera que es sobre todo en la Ley de Asentamientos Urbanos, Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial para ambos estados que se erige como un elemento esencial y que constituye la agenda de gobierno respectiva para ambas entidades una fuente de ayuda a nivel gubernamental que se ha aplicado resultando en un conjunto de estatutos normativos importantes para la organización territorial.

Algunos conceptos fundamentales del derecho urbano están contenidos en ambas leyes y por lo tanto son de gran interés para ambas agendas de gobierno, los más fundamentales o importantes son los que a continuación se mencionan: *Acción urbana, Asentamiento humano, Asentamiento humano irregular, centro de población, conjunto urbano, constancia de uso de suelo, constancia de viabilidad, conurbación, crecimiento, equipamiento urbano*, entre otros.

El objeto de estudio para este manuscrito es la construcción teórica y sociológica de la agenda gubernamental (o de las agendas de gobierno, públicas o institucionales) que verdaderamente se erijan en un marco legal de índole universal (de carácter estatal) para todas aquellas características de un sistema de organización que solidifique las estructuras y merme los incidentes que emergen como resultado de la misma evolución social y urbana.

El problema principal que se piensa en este manuscrito recae en que la agenda de gobierno teóricamente trata de un sistema de configuración, un sistema de organización urbano y estatal, que incluye a los municipios de Quintana Roo e Hidalgo y que requiere de reconocer una serie de aspectos emanados del derecho urbano (jurídico) e implementarlos en las agendas de gobierno a fin de comprender la importancia de perseguir el florecimiento de las entidades.

El derecho urbano como fuente conceptual

El principal aspecto metodológico que se expresa en este manuscrito se refiere al abordaje cualitativo y sociológico de los preceptos jurídicos incluidos en las agendas de gobierno y que se funden en las leyes de asentamientos humanos de cada estado.

Ya lo decía el conocido especialista en su extensa y prolífica obra, el autor Soja (2008), especialmente en su celebre estudio denominado *Pos-metropolis. Estudios críticos sobre las ciudades y las regiones* en el que están presente ciertos criterios científicos del derecho que le da vida a la configuración de las urbes.

El análisis de procesos específicos que realiza el autor Contreras Natera (2012) en su reseña sobre la obra del autor Soja es fundamental leer alguna vez este escrito porque explica la magnitud de la transformación urbana que acaeció en el devenir histórico de la sociedad, ciertas ciudades poseen la categoría desarrollada y científica: *pos-metrópolis*.

El autor Quintana (s/f) por su parte dicta que el estudio metódico de forma jurídica de los sistemas urbanos es determinante al pretender dar salida a distintos problemas que se incuban y se desarrollan al interior de las ciudades y de los propios centros urbanos.

Es fundamental construir un sistema de vínculos entre los conceptos de *Sistema Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano* y aquellos principios producto de la instauración de un derecho urbano con el fin de observar el significado que tiene tal amalgama y su ulterior aplicación para la organización territorial.

Una reflexión que se considera importante atender radica en que es fundamental conocer, por lo menos superficialmente, algunas formas en que se pueda desarrollar y analizar un sistema de organización para las ciudades, que este incluido en ambas agendas de gobierno, que podría ser de mucha ayuda para comprender cómo es el funcionamiento de las ciudades y las vinculaciones en las estructuras en urbes como Hidalgo y Quintana Roo.

El florecimiento del estado en materia urbana comienza por identificar sus fundamentos y el influjo que instaura sobre la organización general, en el cauce de los territorios y por la existencia de una sociedad normativa con una amplia amalgama de preceptos propios del derecho urbano que ayudan en la consigna de configurar de las distintas regiones y municipios estatales.

Formación de ciudades y el derecho

El marco general teórico que se dilucida en este manuscrito contiene su centro neurálgico en aquellos aspectos y procesos que conforman la estructura teórica de la agenda a partir de un sistema de organización socio-urbana. Este tema es de igual modo de gran trascendencia para

la agenda de gobierno estatal es un tópico de mucho interés, interés que recae en las escalas estatal, municipal y federal, es decir, sobre las escalas convencionales y sobre las escalas no convencionales también denominadas extraordinarias.

En particular, el tema de la metropolización que tiene un lugar preponderante en las agendas estatales. Dos puntos particulares esenciales que son: 1) El primer punto estriba en que los principios jurídicos que brotan de la fuente que es el derecho urbano y que dan pie a la constante y creciente urbanización que en Hidalgo y Quintana Roo se ha dado con mucha fuerza en los últimos cuarenta o cincuenta años.

2) El segundo punto se refiere al vínculo de la metropolización con la conurbación de municipios centrales y turísticos, la expansión urbana, la articulación productiva y tecnológica, la constante interdependencia financiera, la cooperación entre actores y agentes gubernamentales ubicados en la administración central, en espacios económicos estratégicos y en puestos directivos de empresas clave para el desarrollo.

El lugar que tienen los principios emanados del derecho urbano es muy importante ya que en ellos se funda el desarrollo de la urbanización y el propio crecimiento poblacional que es de mucha valía para entender una parte del funcionamiento de un sistema metropolitano. Se ha necesitado del derecho insoslayablemente con la construcción de un derecho de tipo estatal para comprender la configuración de ciudades y el crecimiento urbano y poblacional.

Un aspecto importante es el aumento progresivo de la población que no se empareja con el proceso particular en Hidalgo y Quintana Roo, toda vez que como argumenta la extensa obra del autor Granados Alcántara (2010), el proceso ha sido gradual, muy lento y aquietado, porque la población que está ubicada en ciertas ciudades representa menos del total como puede ser el caso de ambos estados. Mientras que en la escala a nivel nacional representa un ochenta por ciento que vive en centros urbanos.

Esto no ha impedido que el proceso de urbanización se dé en forma continua, aunque muy lenta y progresivamente, se da de manera seguro y con resultados concretos y evidentes. A diferencia de la etapa de urbanización acelerada en la que predomina la clásica migración rural-urbana, en el que el proceso de urbanización, en particular de los años 2000-2023 en los cuales han predominado los flujos de tipo urbano-urbano (del centro a las periferias) en ambas

entidades, se parecen mucho y se caracteriza por el éxodo de población de las ciudades centrales rumbo a las periferias.

Asimismo, cabe decir que:

Las principales corrientes de la migración corren de las ciudades grandes a las ciudades medias y viceversa, a las que se suman las que ocurren en el interior del mismo grupo de ciudades medias. Paralelamente, los flujos de origen rural tienen como principal destino las ciudades medias y grandes (Ibidem: 11-14).

En lo tocante al vínculo entre crecimiento urbano y metropolitano y derecho urbano se concibe como la unión entre varios municipios con un área central bien delimitada con interconexiones específicos. Abarca temas que van desde la movilidad de población hasta la evolución de las ciudades hasta convertirse en ciudades medias.

Es así como las capitales y los municipios como: Pachuca, Tizayuca, Tulum, Playa del Carmen y Chetumal plasman una frecuente forma de metropolización aunada a la fuerte urbanización, unos desde la oferta de servicios y otros desde el turismo, llevada a cabo en el país en los últimos cuarenta o cincuenta años.

Los procesos de urbanización y de metropolización han devenido en un continuo y un creciente incremento constante y continuo de la población. En palabras del autor Tovar (2011), parafraseando, se entiende que para el caso de Hidalgo y Quintana Roo el concepto de metropolización tiene un matiz social, familiar y laboral complejo, hondo y profundo.

El principal aspecto del derecho que se considera aplicable para ambos estados es el con el concepto de *organización urbana*. De hecho, como el lector ha podido constatar es una categoría fundamental, preponderante para el devenir de este manuscrito y la respectiva comprensión teórica. Permite comprender que en el país la situación jurídica de las ciudades ha sido fundamental para la conformación del país y de lo cual en Hidalgo y Quintana Roo se han retomado ciertos aspectos que se van a dilucidar a continuación.

Para comprender el alcance de los principios del derecho (urbano) en la constitución de ciudades estatales hay que echar un vistazo a la condición de las zonas metropolitanas. De

alguna forma la salud de las agendas de gobierno pasa por la forma y la condición general de las zonas metropolitanas.

Se puede decir que son la evidencia del florecimiento real que dejan las políticas públicas en su implementación general, es para las urbes, son la evidencia de qué tanto avance se ha originado producto del trabajo con las agendas de gobierno y por supuesto de los temas que son considerados de mucho interés por parte de todos los sectores gubernamentales y ciudadanos.

Es decir, esto se parece mucho al dicho muy común al estilo del especialista el autor Aguilar Villanueva (1993, 2010) en el sentido de que la salud de los territorios y contexto sociales pasa por el diseño, la implementación y la forma de las agendas de gobierno.

Las agendas de gobierno pretenden reflejar la condición general, la salud particular y los atributos de las ciudades a través de la inclusión de la expansión urbana en la estructura de políticas públicas como un tema acaecido para fortalecer la calidad de vida de la ciudadanía.

Ambas agendas gubernamentales han trabajado en la expansión urbana que durante los últimos cuarenta años han tomado en cuenta el tema de la metropolización y la propia con inclusión de otros tópicos de gran interés, lo que cada vez más ocasiona un aumento y un crecimiento metropolitano sin igual de modo que se ha extendido con mucha intensidad en los últimos años.

Se prevé que hipotéticamente, particularmente, durante los próximos treinta años, puedan ir surgiendo nuevos conceptos de *zonas metropolitanas* y *conurbaciones* en el marco de un mayor número de municipios y de un derecho urbano que coadyuve para comprender la eficacia en la organización de las urbes, a la vez que ambas cuestiones se consoliden al interior de las agendas de gobierno en la entidad.

En este manuscrito se ha manifestado la necesidad de contar con una noción de *organización urbana* que se incluya al interior de las agendas de gobierno y que denote las nuevas formas en que pueden evolucionar las ciudades y su relación con el progreso estatal con miras a comprender hacia dónde camina y cuál es su último asidero.

De hecho, ese es el presupuesto principal para este manuscrito, que es menester que los temas de la metropolización, crecimiento y desarrollo y el derecho urbano estén contenidos al interior de las agendas de gobierno estatal, en todo México, pero en especial en el caso de este escrito para Quintana Roo.

Las referencias a ciertos autores son importantes para tener una idea general sobre el *derecho municipal* es muy importante ya que junto con el derecho urbano son dos marcos desde los cuales se implementa el avance de los centros urbanos. En cuanto a algunos autores se tiene lo que sigue: el caso del autor Martínez Gil (Ibidem: 39) describe que la ciencia de la administración pública funciona junto con el derecho urbano y en comunión con el derecho municipal, que en muchos casos se convierte en una especie de derecho urbano municipal que es consistente para aminorar aquellos dilemas que resultan del incremento poblacional y los mismos resultados generados por la constante y creciente urbanización.

Otro aspecto importante es la relación de la organización social con el derecho urbano y con las ciencias del urbanismo porque en unidad con el derecho municipal tiene como objeto lo que sigue: “Ordenar el proceso de las relaciones sociales, las concentraciones humanas, a las aglomeraciones que representan el modo de vida de las comunidades y sociedades” (Ibidem: 39-40).

En la misma línea de ideas, para el autor Font (s/f), en el texto nombrado *Las nuevas formas del crecimiento metropolitano*, de cierta forma alude a la necesidad de una legislación municipal y urbana basada en el derecho urbano a fin de monitorear la existencia de más zonas metropolitanas.

En el documento Font expresa que las ciudades son impactadas por el paso del tiempo y toman estructuras de muy diversas maneras producto entre muchas cosas de la diversificación de los sectores productivos y la especialización de las labores industriales que ha llevado a la apertura de nuevos corredores industriales, empresas de manufactura diversas y fábricas de diversas especialidades.

Las ciudades a niveles latinoamericano con sus dinámicas y estructuras se han hecho muy difíciles de entender e interpretar. Esto lo dilucida para Europa Zimmermann (2012) en su libro *la Época de las metrópolis: Urbanismo y desarrollo de la gran ciudad*, en el cual dicta

cuáles fueron las condiciones y las características, jurídicas, económicas y culturales que dieron pie para la construcción de centros urbanos y su ulterior desarrollo explicando la génesis de las condiciones de Manchester, San Petersburgo, Múnich y Barcelona.

Parte del problema principal, a nivel general, reside en no comparar esas ciudades con Chetumal y Pachuca ni con otras ciudades de Latinoamérica, sino más bien es menester comprender cuál es el estatus jurídico particular implícito en las agendas de gobierno, social, normativo, urbano, fenoménico y epistémico que les constituye, entre otras cuestiones sobre todo a nivel estatal y que marcan el desarrollo y el camino que han tenido las respectivas agendas.

En cuanto al crecimiento sin igual y desmedido de las zonas metropolitanas, en todo México pero especialmente en Quintana Roo se han expandido visiblemente al menos durante los últimos cuarenta o cincuenta años a la fecha los principios del derecho que están implícitos en las leyes del estado de Hidalgo y en el estado de Quintana Roo, en ambos *corpus* de leyes, universales y aplicables para cada contexto social puesto que ambas han tenido una influencia potente para la reorganización socio-urbana.

Son temas importantes y que frecuentemente son parte teórica de las agendas de los gobiernos estatales, en este sentido, es que se habla de que la reorganización urbana ha resultado de la aplicación del derecho en la evolución de las ciudades en conjunto con la calidad de vida de la población.

Se piensa que el derecho urbano tiene que ser considerado en el interior de las agendas de gobierno para ambas entidades. Se garantiza una mayor calidad de vida para las estructuras sociales y comunitarias generales. Facilita la organización de los distintos aspectos, elementos y contar con estrategias de seguridad pública y humana para reducir decididamente las problemáticas que desajustan la armonía del entorno urbano y la población, el derecho urbano es un activo muy importante para las agendas de gobierno, son parte estructura de su arquitectura general (Uribe, 2019).

CONCLUSIONES

En el transcurso de este manuscrito, este breve ensayo de reflexión conceptual se revisaron algunas coincidencias en los principios jurídicos y sociológicos sobre la organización urbana en Hidalgo y Quintana Roo. Se puede estudiar para todas las ciudades capitales del país, las áreas conurbadas y las zonas metropolitanas. En este capítulo se revisaron algunas cuestiones de dos estados del país, México. Cabe decir que cuando se habló de agenda de gobierno y de derecho urbano se tocó el tema de los principios que constituyen la edificación de ciudades en Hidalgo y Quintana Roo.

Este manuscrito es un vehículo para acercar al lector al tema, complejo tema, compleja vinculación puesto que se quiso analizar dos aspectos fundamentales como son la organización urbana y territorial de los contextos y algunas reglamentaciones normativas, jurídicas, regulares; los preceptos y las legislaciones, así como el desenvolvimiento de la estructura urbana en el marco de la existencia teórica y conceptual de una agenda de gobierno para ambas entidades estatales.

La organización citadina requiere considerar el derecho urbano como uno de los ejes nodales para el florecimiento social y contextual. La aparición de categorías de investigación por parte del *Catálogo del Sistema Urbano Nacional* del año 2012 para México, en particular, los conceptos de *zonas metropolitanas*, *conurbaciones* y *centros urbanos* es menester considerar para dilucidar políticas públicas acordes con las problemáticas de las regiones estatales así como generar una reflexión que permita pensar en incluir los principios del derecho en la construcción de las distintas agendas y en el esfuerzo por constituir múltiples tipos de ciudades.

La tesis principal radica para este caso, según se considera, es que al evolucionar las sociedades con un paso vertiginoso, las urbes evolucionan aceleradamente haciendo muy compleja su estructura y ocasionando que nazcan nuevas ciudades, nuevos tipos de urbes tal como lo señala el autor Font en su obra *Nuevas formas del crecimiento metropolitano* que brevemente se mencionó en párrafos atrás y que todo lo cual hace necesario incluir en las agendas de gobierno, tanto de forma conceptual como pragmática, el desarrollo metropolitano, el crecimiento urbano y las inéditas formas de ciudades que van apareciendo con el paso de la historia.

La reflexión realizada matizada en este escrito revela que es necesario tomar en cuenta los principios del derecho, en este caso del derecho urbano a fin de contribuir para la organización y el ordenamiento (de las ciudades) en el estado y de modo general en todo el país (Uribe, 2019), pero en especial en el estado de Quintana Roo y su capital Chetumal (también conocida como Othón P. Blanco).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguilar Villanueva, F. (1993). *La implementación de las políticas públicas*. México: Editorial Porrúa.
- Aguilar Villanueva, F. (2010). *Política Pública*. México: Editorial Porrúa.
- Carceller Fernández, A. (1997). *Introducción al derecho urbanístico*. Madrid: Editorial Tecnos.
- Consejo Nacional de Población (2012), *Catálogo del Sistema Urbano Nacional*. México: secretaria de Desarrollo Social, Gobierno de la República.
- Contreras Natera, M. Á. (2012). “Reseña de Postmetrópolis. Estudios críticos sobre las ciudades y las regiones de Edward Soja”, *Cuadernos del CENDES*, vol. 29, núm. 81, 2012, pp.153-158. [Consulta: 1 de julio de 2018]. Disponible de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40326162009>.
- Font, A. (s/f). *Las nuevas formas del crecimiento metropolitano*, [Consulta: 27 de junio de 2018].
Disponible de: file:///Users/colegiohidalgo/Downloads/0233057_00008_0004.pdf
- Granados Alcántara, J. A. (2010). *Los nuevos residentes de Pachuca: Análisis de la migración y características de los migrantes en la aglomeración urbana de Pachuca*, México: UAEH.
- Gobierno del Estado de Hidalgo (2017). *Ley de Asentamientos Humanos, Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial del Estado de Hidalgo*, Hidalgo: Instituto de Estudios Legislativos.
- Gobierno del Estado de Quintana Roo (2023). *Ley de Asentamientos Humanos, Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial del Estado de Quintana Roo*, Quintana Roo: Instituto de Estudios Legislativos.
- Parada, R. (2000). *Derecho administrativo Tomo III, bienes públicos, derecho urbanístico*. Madrid, España: Marcial Pons, Ediciones Jurídicas y Sociales.
- Quintana, L. (s/f). *Las ciudades mexicanas y algunos de sus problemas básicos*, México, FES-Acatlán. [Consulta: 2 de agosto de 2023]. Disponible de: http://www.saree.com.mx/unam/sites/default/files/QUINTANA_B5.pdf.

- Ruiz Massieu, J. F. (1981). “Introducción al derecho mexicano”. *Derecho urbanístico*, México: UNAM.
- Soja, E. (2008). *Posmetropolis, Estudios críticos sobre las ciudades y las regiones*, Madrid: Traficantes de sueños.
- Tovar, E. (2011). “Zonas metropolitanas en el estado de Hidalgo y cooperación intermunicipal”. *Revista Argumentos*, México, volumen 24, no. 66.
- Uribe, J. (2019). “Organización urbana y principios jurídicos para el desarrollo regional en Hidalgo, México”. *Estudios de caso para el análisis y abordaje de las políticas públicas*. México: Plumas Negras.
- Zimmermann, C. (2012). *La época de las metrópolis. Urbanismo y desarrollo de la gran ciudad*, Madrid, Siglo XXI.

CAPÍTULO 4

EL ÁBACO UN AJUSTE RAZONABLE EN LA ENSEÑANZA DE LA ARITMÉTICA PARA ESTUDIANTES CON DISCAPACIDAD VISUAL²⁸ THE ABACUS: A REASONABLE ADJUSTMENT IN TEACHING ARITHMETIC FOR STUDENTS WITH VISUAL IMPAIRMENT

Camilo Andrés García Pinilla²⁹

Pares evaluadores: Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES.³⁰

²⁸Derivado del proyecto de investigación: Perspectivas Multidimensionales sobre Ajustes Razonables: Un Enfoque Basado en el derecho a la educación para Personas con Discapacidad Visual [Colombia] – UMECIT-Panamá.

²⁹Licenciado en Matemáticas, Licenciado en Educación Básica y Magister en Didáctica de la Matemática, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, especialista en Educación Inclusiva, Fundación Universitaria Juan de Castellanos, Docente Ocasional Tiempo Completo de la UPTC.

³⁰ Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES. www.rediees.org

EL ÁBACO UN AJUSTE RAZONABLE EN LA ENSEÑANZA DE LA ARITMÉTICA PARA ESTUDIANTES CON DISCAPACIDAD VISUAL³¹

Camilo Andrés García Pinilla³²

RESUMEN

El presente estudio tuvo como finalidad analizar el uso del ábaco como recurso didáctico para la enseñanza de procedimientos y cálculos aritméticos dirigidos a estudiantes con discapacidad visual en tres instituciones educativas del departamento de Boyacá. La investigación se desarrolló en el marco del programa *Educación Sin Límites*, reconocido por su orientación hacia la inclusión educativa. Metodológicamente, se adoptó un enfoque cualitativo de tipo interpretativo, sustentado en un diseño de investigación-acción en educación, lo cual permitió una comprensión integral del proceso de enseñanza-aprendizaje en contextos de diversidad funcional visual. Se identificó que la introducción del ábaco desde edades tempranas contribuye significativamente al desarrollo de habilidades matemáticas, facilitando la familiarización progresiva con conceptos numéricos y operaciones básicas. A lo largo del proceso educativo, se reconocieron distintas fases de apropiación del instrumento, iniciando con el uso del ábaco abierto, que permite el conteo y la representación concreta de cantidades, y avanzando hacia el empleo del ábaco cerrado o adaptado, que posibilita la realización de cálculos más complejos. Los hallazgos evidencian que el ábaco constituye una herramienta pedagógica eficaz en el marco de la educación inclusiva, al promover aprendizajes significativos, autonomía en la resolución de problemas matemáticos y una mayor participación de los estudiantes con discapacidad visual en actividades académicas que requieren razonamiento lógico y precisión en el cálculo.

³¹ Derivado del proyecto de investigación: Perspectivas Multidimensionales sobre Ajustes Razonables: Un Enfoque Basado en el derecho a la educación para Personas con Discapacidad Visual [Colombia] – UMECIT-Panamá.

³² Licenciado en Matemáticas, Licenciado en Educación Básica y Magister en Didáctica de la Matemática, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, especialista en Educación Inclusiva, Fundación Universitaria Juan de Castellanos, Docente Ocasional Tiempo Completo de la UPTC.

ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze the use of the abacus as a teaching resource for teaching arithmetic procedures and calculations to students with visual impairments in three educational institutions in the department of Boyacá. The research was developed within the framework of the Education Without Limits program, recognized for its orientation toward educational inclusion. Methodologically, a qualitative interpretive approach was adopted, supported by an action research design in education, which allowed for a comprehensive understanding of the teaching-learning process in contexts of visual functional diversity. It was identified that the introduction of the abacus from an early age significantly contributes to the development of mathematical skills, facilitating progressive familiarity with numerical concepts and basic operations. Throughout the educational process, different phases of appropriation of the instrument were recognized, beginning with the use of the open abacus, which allows for counting and the concrete representation of quantities, and progressing to the use of the closed or adapted abacus, which enables more complex calculations. The findings show that the abacus is an effective teaching tool within the framework of inclusive education, promoting meaningful learning, autonomy in solving mathematical problems, and greater participation of students with visual impairments in academic activities that require logical reasoning and precision in calculations.

PALABRAS CLAVE: Discapacidad visual, tiflogía, inclusión, ábaco, aritmética

Keywords: Visual impairment, typhology, inclusion, abacus, arithmetic

INTRODUCCIÓN

La investigación se llevó a cabo con la participación de tres especialistas en tiflogía, quienes para el año 2025 se encuentran contratados por la Secretaría de Educación de Boyacá dentro del programa Educación Sin Límites, referente en procesos de inclusión. Estos profesionales acompañan a estudiantes con discapacidad visual en distintas instituciones oficiales del departamento. Además, su labor no se limita al trabajo directo con los alumnos, pues también ofrecen capacitación en el uso del ábaco y el sistema braille a docentes y familias, con el propósito de fortalecer prácticas pedagógicas que aseguren una educación verdaderamente inclusiva para esta población.

El documento se organiza a partir de una secuencia lógica que incluye las generalidades del estudio, los marcos de referencia, la metodología empleada, los resultados obtenidos y su correspondiente análisis. En un primer momento, se presentan los elementos que dan origen y sentido a la investigación, delimitando los aspectos problemáticos y planteando la pregunta central: ¿De qué manera el ábaco puede convertirse en un recurso pedagógico que favorezca el desarrollo del pensamiento lógico-aritmético en estudiantes con discapacidad visual de tres instituciones educativas del departamento de Boyacá?

Seguidamente, se formulan los objetivos de manera coherente con la finalidad de promover la reflexión en torno al papel de la escuela como escenario integrador entre el saber académico y la práctica pedagógica, en articulación con la comunidad educativa y los profesionales en tiflogía. Esta visión resalta la importancia de comprender la inclusión no solo como una estrategia de acceso, sino como un proceso formativo compartido entre estudiantes, docentes y familias. En el segundo capítulo, se realiza una aproximación a los antecedentes investigativos y al marco teórico, profundizando en los estudios previos sobre discapacidad visual, los procesos vinculados al aprendizaje aritmético y la relevancia del ábaco como herramienta didáctica para la enseñanza de la matemática. Este apartado busca no solo fundamentar el objeto de estudio, sino también resaltar la pertinencia de incorporar recursos que favorezcan la equidad educativa y fortalezcan el pensamiento matemático en contextos inclusivos.

No obstante, el estudio se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, entendido según Hernández et al. (2014) como un conjunto de prácticas interpretativas que permiten hacer

visible la realidad social, transformarla y representarla a través de observaciones, registros, grabaciones y documentos. Esta perspectiva se complementa con la investigación-acción en el campo educativo, tal como lo plantea Elliot (2000), al propiciar una reflexión constante sobre la práctica docente y la construcción de soluciones en contextos reales. De esta manera, el capítulo de resultados y análisis se orienta a presentar no solo hallazgos descriptivos, sino también reflexiones críticas acerca del papel del ábaco en la enseñanza de la aritmética. Asimismo, se destacan los aportes de este recurso en el fortalecimiento del pensamiento lógico-aritmético y en el desarrollo de habilidades motrices que contribuyen significativamente a la autonomía y a la vida cotidiana de los estudiantes con discapacidad visual.

DESARROLLO

GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN

El departamento de Boyacá es reconocido como la ciudad estudiantil, por diferentes universidades de gran prestigio, por lo que se exaltan procesos de enseñanza y aprendizaje, hacia las necesidades educativas, donde cada día es más complicado para la comunidad docente implementar estrategias de abordaje a los estudiantes con discapacidad visual, puesto que, según el Sistema Integrado de Matrícula (SIMAT) departamento de Boyacá reportan en abril de 2025, 230 estudiantes de baja visión y ceguera total, a los cuales se deben generar estrategias de atención integrales y flexibles (Ajustes razonables) que permitan el desarrollo del pensamiento lógico-aritmético, de las demás áreas fundamentales establecidas por el artículo 23 de la Ley 115 (1994).

Desde esta premisa, la enseñanza de las matemáticas ha tenido grandes retos y más cuando se habla de abordajes educativos en personas con discapacidad visual. Siendo asociada a la dificultad de la enseñanza por parte del docente al no contar con estrategias de abordaje en el aula que fortalezcan las temáticas, conllevando a un desconocimiento frente a la discapacidad y accionar en los escenarios académicos, debido a que es de importancia generar “(...) un acento en la inclusión social” (Figuerola, 2016, p. 14).

En relación con lo anterior, surge el decreto 1421 (Ministerio de Educación Nacional MEN, 2017), el cual brinda una ruta de atención a la población con discapacidad, y que es aplicado a la población boyacense. El Instituto Nacional para Ciegos (2000) estructura las líneas de acción estratégicas, las cuales posibilitan la orientación del equipo en tiflogía a nivel departamental en cada uno de los educandos, equipo de apoyo especializado, el cual expresa su preocupación en la enseñanza de la matemática a personas que presentan discapacidad visual.

Siguiendo las acciones que desarrollan los profesionales de apoyo en tiflogía, convergen a la formación no solo del educando que muestra falencias en los procesos de enseñanza, sino que la familia, según lo establecido en las orientaciones técnicas, administrativas y pedagógicas para la atención educativa a estudiantes con discapacidad en el marco de la educación inclusiva (MEN, 2017), es un factor determinante en la recepción de la información y en esta centran acciones que generen empatía y aceptación de la información. Según Benítez y González (2012) el desconocimiento de estrategias en la enseñanza de las matemáticas produce frustración en la familia, por ende, en el educando, hecho que reafirma el desconocimiento que tienen los padres de familia, no solo frente a la discapacidad que presentan los hijos, si no en los procesos idóneos de abordaje en su hogar y de acompañamiento de tareas y actividades extra-clase. por otro lado, se analiza que, de no establecer rutas, acciones, estrategias de abordaje, seguimientos y adaptaciones pedagógicas y curriculares, el desarrollo cognitivo, afectivo y social del estudiante se ve afectado, en lo cual se busca que el educando adquiera una formación integral, responsable desarrollando habilidades, autonomía educativa, prácticas democráticas, formación en valores y de identidad cultural (Ley 115, 1994).

La cualificación docente determina el debido proceso de formación de los estudiantes, a los cuales se deben realizar los planes individuales de ajustes razonables PIAR y en algunos casos cuando el estudiante es de baja visión la implementación de un diseño universal para el aprendizaje DUA lo anterior establecido en el decreto 1421 (MEN, 2017), de igual forma las estrategias que se articulen deben dar respuesta inmediata a la necesidad educativa. El abordaje del proyecto centró su estudio y esfuerzo en la búsqueda activa de cómo dar utilidad al ábaco

como medio de enseñar de la aritmética para estudiantes con discapacidad visual desde el equipo de tiflogía, las diversas técnicas que derivan de la experiencia para su implementación en aula y por consiguiente fortalecer el desarrollo del pensamiento numérico y métrico idóneo en los educandos, ante estos aspectos la investigación contribuyó al desarrollo de la siguiente pregunta ¿Cómo el ábaco se convierte en un recurso de enseñanza para el fortalecimiento del pensamiento lógico aritmético en estudiantes con discapacidad visual de tres instituciones educativas del departamento de Boyacá?

Fundamentación teórica

Discapacidad visual

Desde una perspectiva médica, la discapacidad visual puede comprenderse a través de múltiples enfoques. Según la oftalmología, la ceguera se define como la ausencia total de visión, es decir, la imposibilidad de percibir luz. No obstante, en la práctica clínica y educativa, se reconoce el concepto de “ceguera legal”, que hace referencia a aquellas personas con restos visuales funcionales pero que se ubican dentro de parámetros específicos. En este sentido, se considera legalmente ciega a una persona cuya agudeza visual no sea superior a 1/10 en la escala de Wecker y/o cuyo campo visual no exceda los 10 grados (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2019).

Adicionalmente, desde una perspectiva funcional, es necesario considerar criterios más amplios que respondan a las necesidades educativas reales del estudiante. En este marco, la OMS (2019) también define la baja visión como aquella condición en la que la agudeza visual no supera 1/3 y/o el campo visual está limitado a menos de 30 grados. Estos criterios resultan fundamentales para la implementación de adaptaciones curriculares pertinentes en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Es importante, asimismo, diferenciar entre *deficiencia visual*, que alude al daño orgánico en el sistema visual, y *discapacidad visual*, que se relaciona con la limitación funcional que afecta la participación plena en actividades cotidianas. De acuerdo con esta distinción, un diagnóstico precoz de la deficiencia visual puede facilitar intervenciones

oportunas que eviten la progresión hacia la ceguera o la baja visión, particularmente en casos de ambliopía (conocida como "ojo vago"). Cuando esta condición es detectada antes de los tres años de edad, es posible realizar tratamientos exitosos que favorezcan el desarrollo visual (Barraga, 1986).

La evaluación visual de una persona debe contemplar tres aspectos clave: el grado de visión, el momento de aparición de la deficiencia y su evolución. El grado de visión se refiere tanto a la agudeza visual como al campo visual. Según Barraga (1986), la agudeza visual se define como la capacidad para identificar con claridad detalles finos en objetos o símbolos a una distancia determinada. Esta se mide a través de pruebas con *optotipos*, que consisten en láminas con símbolos, letras o números de tamaño decreciente, evaluando así la capacidad visual bajo condiciones estandarizadas.

Barraga (1986) propone una clasificación funcional de la visión que distingue varias categorías, entre las que se encuentran personas con visión normal, baja visión y ceguera total. Las personas con visión normal son aquellas cuyo déficit es tan leve que no interfiere significativamente en su desempeño diario.

Figura 1. *Categorías de la visión según Barraga (1986)*



Nota: Adaptado de Barraga (1986).

Se considera que una persona posee visión normal cuando no presenta alteraciones visuales, o estas se manifiestan en un grado tan leve que no generan restricciones funcionales significativas en el desempeño de sus actividades cotidianas ni en su participación social.

Procesos aritméticos

En el contexto educativo, el desarrollo de competencias matemáticas constituye un objetivo fundamental. El Ministerio de Educación Nacional (MEN, 1998) establece como propósito la promoción del pensamiento lógico-matemático mediante la enseñanza de los cinco pensamientos matemáticos. La investigación tuvo como eje central el pensamiento numérico, entendido como el pilar sobre el cual se configuran los procesos de razonamiento matemático y la resolución de problemas en el contexto escolar. Este constructo no se limita a la comprensión de los números y de sus operaciones básicas, sino que abarca también la habilidad para interpretarlos, relacionarlos y utilizarlos de manera flexible, eficiente y contextualizada. En este sentido, el pensamiento numérico constituye una competencia fundamental para el aprendizaje de la matemática, ya que favorece el desarrollo de estructuras cognitivas que permiten al estudiante dar sentido a las situaciones cuantitativas de la vida cotidiana y académica, así como construir un andamiaje sólido para el abordaje de nociones más complejas en niveles superiores de formación.

Desde la perspectiva de McIntosh (1992, citado en MEN, 1998), el pensamiento numérico se define como “la comprensión general que tiene una persona sobre los números y las operaciones junto con la habilidad y la inclinación a usar esta comprensión en formas flexibles para hacer juicios matemáticos y para desarrollar estrategias útiles al manejar números y operaciones” (p. 26). En este sentido, el pensamiento numérico permite establecer relaciones entre cantidades, resolver problemas cotidianos y construir aprendizajes significativos en el área de matemáticas.

Uso del ábaco en la educación matemáticas

La historia del conteo y del cálculo se remonta a las primeras civilizaciones, cuando los seres humanos utilizaron su cuerpo, piedras, ramas o marcas en árboles para llevar un registro cuantitativo de animales o productos agrícolas. Estos métodos rudimentarios

evolucionaron hacia herramientas más sofisticadas, entre las que destaca el ábaco (Vasuki, 2013).

El ábaco es un instrumento de cálculo que consta de cuentas móviles insertadas en varillas o alambres dispuestos en un marco rectangular. Cada cuenta representa unidades, decenas o centenas, permitiendo realizar operaciones básicas como la suma, la resta, la multiplicación y la división. Su uso se ha extendido no solo por su valor didáctico, sino también por los múltiples beneficios que ofrece, especialmente en la educación de personas con discapacidad visual. Entre las ventajas del uso del ábaco en contextos educativos inclusivos se destacan: el fortalecimiento de la motricidad fina y gruesa, la mejora de la concentración, el desarrollo del pensamiento analítico, el estímulo de la memoria táctil y la adquisición de habilidades para el cálculo mental. Así, se configura como un *ajuste razonable*, es decir, una herramienta que permite garantizar el derecho a la educación equitativa y accesible, en línea con los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) y los compromisos de la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad (Naciones Unidas, 2006).

Aspectos metodológicos

El estudio se enmarcó en un enfoque cualitativo, concebido según Hernández et al. (2014) como un conjunto de prácticas interpretativas orientadas a hacer visible la realidad social, transformarla y representarla mediante diversas formas de registro, tales como observaciones, notas de campo, grabaciones y documentos. Este enfoque se caracteriza por ser naturalista, ya que examina los fenómenos en su contexto cotidiano, y por su carácter interpretativo, en tanto busca comprenderlos desde los significados que las personas les atribuyen.

El tipo de investigación adoptado corresponde al enfoque interpretativo con diseño de investigación-acción en el ámbito educativo, por cuanto constituye una estrategia que involucra activamente a la comunidad escolar y promueve la participación de sus actores. Se trata de una perspectiva amplia que problematiza las prácticas sociales y las orienta hacia la transformación personal y colectiva, integrando teoría y práctica, así como conocimiento y acción. Esta visión se articula con lo planteado por Elliot (2000), quien afirma que la investigación-acción en educación está directamente vinculada con los problemas prácticos

que los docentes enfrentan en su quehacer diario, pudiendo ser desarrollada por ellos mismos o con el apoyo de terceros. Desde esta perspectiva, el propósito central de la investigación-acción consiste en profundizar en la comprensión diagnóstica de la situación que enfrenta el profesor, adoptando una actitud exploratoria frente a las definiciones iniciales que pudiera sostener sobre su propia práctica.

Categorías de análisis

Tabla 1

Categorías de análisis.

Categorías	Subcategorías
Procesos aritméticos	Abordaje de la aritmética desde discapacidad visual Reconocimiento de las concepciones sobre aritmética.
Mecanismos y métodos	Estrategias en la enseñanza de las operaciones básicas de la matemática
Procedimientos de evaluación (de los mecanismos y métodos)	Estrategias en la implementación del DUA Incidencias educativas del ábaco en la comunidad educativa (estudiante, docentes y padres de familia)

Nota: Creación de los investigadores.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Categoría Procesos aritméticos

Según Baroody (1988, citado en Del Carmen, 2003), establece primero “desarrollar una base sólida (comprensión informal) antes de introducir símbolos escritos, de manera que la matemática más formal pueda conectarse con algo significativo” (p. 147). Orientada desde lo tangible, en lo posible si el niño o niña está iniciando, explicar haciendo uso del sentido del tacto, el cual activa inmediatamente la relación objeto cantidad, así se facilita la composición numérica, sin embargo antes de llegar a este concepto, se trabaje la asociación de objeto – número, en seguida, asociación de imágenes – números, posteriormente la asociación de número – número y finalmente números – números, de esta forma los estudiantes pueden definir con mayor seguridad la composición numérica, sin embargo hasta aquí se aborda desde diferentes recursos del medio semillas, piedras, palos, objetos que permitan su manipulación.

En palabras de D'Amore (2006), establece la búsqueda del conocimiento, desde lo asociativo, logrado la culturización de un saber. Para brindar un acercamiento a la enseñanza de la aritmética: adición, sustracción, multiplicación y división, y el cual utilizan los tiflólogos para explicar y brindar un aprendizaje en los estudiantes con discapacidad visual desde el ábaco.

Categoría Mecanismos y métodos

Vigotsky (1967, Citado en Chaves, 2001) reconoce que “una enseñanza adecuada contribuye a crear zonas de desarrollo próximo” (p. 62); es decir va a servir de imán para hacer que el nivel potencial de desarrollo del educando se integre con el actual, hecho que es vinculante con los métodos y mecanismos que son articulados por los filólogos en la enseñanza de la aritmética desde el uso del ábaco.

Figura 2

Métodos y mecanismos en la enseñanza de la aritmética desde el uso de ábaco.



Fuente: Creación de investigadores.

Categoría Procedimientos de evaluación De los mecanismos y métodos

Para Pochulu y Rodríguez (2012), la “ (...) competencia matemática de la ciudadanía, es necesario, durante los procesos de aprendizaje-enseñanza, abordar e interrogar de manera crítica las relaciones entre la matemática y sus usos” (p. 186), puesto que, dentro de los sistemas de valoración y dando cumplimiento al decreto 1290 de 2009, se aconseja que los estudiantes sean valorados desde las actitudes y aptitudes que presenten al momento de realizar los procedimientos en el ábaco, la ceguera limita el uso de recursos visuales, por consiguiente, si el maestro, no sabe escribir braille desde el uso de la regleta y punzón; poder introducir los temas, se debe de hacer de forma oral y ayudado con el ábaco, recurso que es funcional para toda la comunidad académica. En este sentido, ya se hace una valoración cognitiva y es como por medio del uso del ábaco se puede realizar una diversidad de operaciones dando respuestas puntuales y correctas en adición, sustracción, multiplicación y división.

A través de la aplicación de una encuesta a tres profesionales en tiflogía, fue posible reconocer los procesos aritméticos que se trabajan con estudiantes con discapacidad visual mediante el uso del ábaco. Dentro de estos procesos se destaca la incorporación de materiales concretos, que favorecen por medio del tacto la percepción y asociación entre número y objeto, permitiendo avanzar progresivamente hacia la construcción y comprensión de la composición numérica.

Desde la formación en tiflogía se describen algunos mecanismos y métodos de enseñanza de la aritmética como la familia, los docentes, amigos y comunidad o sociedad en general, de ellos depende la formación exitosa de los estudiantes con discapacidad visual y a nivel general, reconociendo la diversidad y apoyando la academia, el seguimiento y orientación desde el respeto, empatía y resiliencia de cada niño o niña. Evaluar los mecanismos y métodos para la enseñanza de la aritmética desde el uso del ábaco en los estudiantes con discapacidad visual, se aconseja que los estudiantes sean valorados desde las actitudes y aptitudes que presenten al momento de realizar los procedimientos en el ábaco, la ceguera limita el uso de recursos visuales, por consiguiente, si el maestro, no sabe escribir braille desde el uso de la regleta y punzón; poder introducir los temas, se debe de hacer de forma oral y ayudado con el ábaco, recurso que es funcional para toda la comunidad académica.

En relación con lo anterior, la aritmética para las personas ciegas debe ser abordada desde los recursos de acercamiento, es decir, mediante contar objetos de su entorno, con estos se pueden realizar sumas o restas fundamentales para avanzar en la multiplicación o división. Seguidamente se desarrolla el cálculo mental, en el cual el estudiante puede realizar operaciones pequeñas o grandes dependiendo de la destreza. Al final, el apoyo en el ábaco permite realizar cuentas extensas y de esta forma una persona con discapacidad visual puede ya sea desde niño o de adulto abordar la matemática.

Se determina que los docentes al momento, de abordar la aritmética con estudiantes que presentan una discapacidad visual, es de difícil integración debido a que desconocen el manejo del ábaco, lo que ha generado en los educandos ciegos en grados avanzados del bachillerato incluso no sepan las tablas de multiplicar, por lo tanto, no conozcan la manera de realizar operaciones aritméticas. En este sentido se recomienda comenzar desde temprana

edad, para que los niños se familiaricen con esta herramienta desde pequeños, que poco a poco experimenten las diferentes fases del aprendizaje con los diferentes tipos de ábacos, incluyéndose en las clases de matemáticas en igualdad que sus demás compañeros para que todos aprendan los mismos temas, con lo que se evita que el niño con discapacidad visual se atrase en la adquisición de los conocimientos impartidos.

Es por ello que, cuando se comienza el aprendizaje de la aritmética con un estudiante con discapacidad visual, primero se debe tener en cuenta el grado de escolaridad en el que está, posteriormente conocer si lleva algún proceso formativo en el manejo del ábaco, y comenzar desde lo último que aprendió, esto para no repetir temáticas educativas, atrasando el proceso, y continuar con nuevos temas de enseñanza. En el caso de los estudiantes que no han tenido formación en el uso y manejo del ábaco, se debe comenzar el acercamiento de manera paulatina a lo que se denomina adiestramiento en ábaco, herramientas de tiflología.

Respecto al manejo educativo que guían los docentes de aula, se establece que los procesos de sumar, restar, multiplicar o dividir, son universales, el método de enseñanza es el que puede cambiar, en este sentido las metodologías universales tendrán su encuentro en los conceptos, en las nociones del número, de los procedimientos, pero en cuanto a ejecutar las cuentas esto no se puede universalizar pues el niño que ve, se apoyará en el papel, aunque también pueda aprender a usar el ábaco, mientras que la persona ciega no podrá apoyarse en papel para desarrollar sus cuentas. En este sentido hay una divergencia pasando de un diseño universal para el aprendizaje al momento de enseñar la teoría y los fundamentos de la práctica, a unos ajustes razonables para fortalecer el conocimiento e ir al mismo ritmo de sus compañeros entendiendo también que la destreza será un aspecto según cada estudiante independiente de su discapacidad. El estudiante que ve hará sus cuentas a lápiz y papel, mientras el estudiante ciego podrá responder al mismo ejercicio, pero empleando el ábaco.

Desde el Diseño Universal para el Aprendizaje, el ábaco es una herramienta que se sugiere utilizar en todos los estudiantes, con y sin discapacidad visual, en primer lugar, para que el niño que tiene esta discapacidad se sienta realmente incluido en la clase de matemáticas conociendo que sus compañeros realizan el trabajo en igualdad de condiciones. En segundo lugar, porque al tener todos los niños su ábaco en la clase, tendrán la oportunidad de desarrollar

las múltiples habilidades que se obtienen con esta herramienta, en el desarrollo motriz, agilidad mental, fortalecimiento del pensamiento lógico, espacial y numérico.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Barraga, N.C. (1986). Textos reunidos de la Dra. Barraga. Anormi.
<https://pdfslide.net/documents/textos-reunidos-de-la-dra-barraga.html>
- Benítez, y González, E. (2012). Las familias ante la discapacidad. *Revista Electrónica de Psicología Iztacala*, 15 (3). 1023-1050.
<http://revistas.unam.mx/index.php/rep/article/viewFile/33643/30711> Bogotá Colombia
- ChavesSalas, A. L., (2001). Implicaciones educativas de la teoría sociocultural de Vigotsky. *Revista Educación*, 25(2), 59-65.
- Congreso de la República de Colombia. (1991). *Constitución Política de Colombia*, Colombia.
http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/constitucion_politica_1991_pr002.html
- Congreso de la República de Colombia. (1994). *Ley General de Educación 115*.
https://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-85906_archivo_pdf.pdf
- Congreso de la República de Colombia. (2017). *Decreto 1421 de 2017, marco de la educación inclusiva la atención educativa a la población con discapacidad*, Colombia.
<https://www.mineduacion.gov.co/portal/normativa/Decretos/381928:Decreto-1421-de-agosto-29-de-2017>
- D'Amore, B. (2006). *Didáctica de la matemática*. Magisterio.
- Del Carmen, M. (2003). *Didáctica de las matemáticas*. Pearson.
- Elliot, J. (2000). *La investigación-acción en la educación* (4.^a ed.). Editorial Morata.
- Figueroa Á. M., Gutiérrez de Piñeres B. C., y Velázquez. L. J. (2016). Estrategias de inclusión en contextos escolares. *Diversitas: Perspectivas en Psicología*, 13(1),13-26.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). McGraw-Hill.

- McIntosh, A. (1992). En Ministerio de Educación Nacional (MEN). (1998). *Lineamientos curriculares: Matemáticas*. MEN.
- Ministerio de Educación Nacional (2017). *Documento de orientaciones técnicas, administrativas y pedagógicas para la atención educativa a estudiantes con discapacidad en el marco de la educación inclusiva*. Bogotá.
- Ministerio de Educación Nacional. (1998). Lineamientos curriculares en matemáticas: magisterio. https://www.mineduacion.gov.co/1759/w3-article-339975.html?_noredirect=1
- Ministerio de Educación Nacional. (2017). *Documento de orientaciones técnicas, administrativas y pedagógicas para la atención educativa a estudiantes con discapacidad en el marco de la educación inclusiva*.
https://www.mineduacion.gov.co/1759/articles-360293_foto_portada.pdf
- Naciones Unidas. (2006). *Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad*. <https://www.un.org/esa/socdev/enable/documents/tccconvs.pdf>
- Organización Mundial de la Salud. (2009). *Ceguera y discapacidad visual*.
<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>
- Organización Mundial de la Salud. (2019). *Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud (CIF)*. OMS.
- Pochulu, M. y Rodríguez, M. (2012). *Educación matemática, aportes a la formación docente desde distintos enfoques teóricos*. Editorial universitaria Villa María.
- Vasuki, K. (2013). *Informe impacto del aprendizaje de aritmética mental con ábaco en las habilidades cognitivas de los niños*. ALOHA Mental Arithmetic.
<https://www.alohaspain.com/public/file/el-impacto-del-aprendizaje-de-aritmetica-mental-con-abaco.pdf>

CAPÍTULO 5

EL LIDERAZGO DE LAS MUJERES CEO PERUANAS Y SUS COMPETENCIAS DIRECTIVAS³³

THE LEADERSHIP OF PERUVIAN WOMEN CEOS AND THEIR MANAGEMENT SKILLS

Flor Lavanda Reyes³⁴

Rosa Ruiz Reyes³⁵

Mario Reyes Mejía³⁶

Luis Castillo Samanamud³⁷

Julia Reyes Ruiz³⁸

Pares evaluadores: Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES.³⁹

³³Derivado del proyecto de investigación: El liderazgo adaptativo y el desarrollo de las competencias directivas de las mujeres CEO en el Perú – año 2024

³⁴Docente Principal. Facultad de Administración. Universidad Nacional San Luis Gonzaga. Ica, Perú.

³⁵Decana de la Facultad de Obstetricia. Universidad Nacional San Luis Gonzaga. Ica, Perú.

³⁶Director de la Escuela de Post Grado. Universidad Nacional San Luis Gonzaga. Ica, Perú.

³⁷Docente Principal. Facultad de Medicina Humana. Universidad Nacional San Luis Gonzaga. Ica, Perú.

³⁸Docente auxiliar. Facultad de Odontología. Universidad Nacional San Luis Gonzaga. Ica, Perú.

³⁹Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES. www.rediees.org

EL LIDERAZGO DE LA MUJERES CEO PERUANAS Y SUS COMPETENCIAS DIRECTIVAS ⁴⁰

Flor Lavanda Reyes⁴¹, Rosa Ruiz Reyes⁴², Gustavo Reyes Mejía⁴³, Luis Castillo
Samanamud⁴⁴, Julia Reyes Ruiz⁴⁵

RESUMEN

Las mujeres han ido asumiendo cargos de mayor responsabilidad en diferentes tipos de empresas, sobre todo en aquellos sectores que antiguamente estaban dirigidos por varones, esto demuestra que han ido desarrollando habilidades que, las están preparando para tomar decisiones en diversos tipos de situaciones y demostrando que el liderazgo puede aplicarse sin distinción. En esta investigación se planteó como objetivo general: explicar de qué manera el liderazgo adaptativo determina el desarrollo de las competencias directivas de las mujeres Ceo en el Perú -año 2024. Se empleó una metodología de tipo cuantitativa, de nivel descriptivo-explicativo y diseño no experimental del tipo relacional. La población conformada por cuatro mil mujeres Ceo peruanas y la muestra obtenida mediante fórmula de 350 personas, tuvo la conformación de 120 de micro, 100 de pequeñas, 90 de mediana y 40 de gran empresa de diferentes sectores económicos a nivel nacional. En el trabajo de campo se recolectó información aplicando una encuesta virtual, cuyo instrumento fue un cuestionario de preguntas sobre las variables de estudio, las cuales habían sido analizadas a través de una revisión documental. Los resultados mostraron que los individuos reaccionan ante soluciones prácticas e innovadoras planteadas en situaciones de cambio drástico, concluyendo que la aplicación del liderazgo adaptativo por las mujeres Ceo en el Perú, les permite demostrar sus competencias directivas dentro de sus organizaciones, lo que proyecta aspectos favorables para las futuras gerentes.

⁴⁰Derivado del proyecto de investigación: El liderazgo adaptativo y el desarrollo de las competencias directivas de las mujeres Ceo en el Perú- año 2024.

⁴¹ Docente Principal. Facultad de Administración.

⁴²Decana de la Facultad de Obstetricia. Universidad Nacional San Luis Gonzaga. Ica-Perú.

⁴³Director de la Escuela de Post Grado. Universidad Nacional San Luis Gonzaga. Ica-Perú.

⁴⁴ Docente Principal. Facultad de Medicina Humana. Universidad Nacional San Luis Gonzaga. Ica – Perú.

⁴⁵ Docente Auxiliar. Facultad de Odontología. Universidad Nacional San Luis Gonzaga. Ica – Perú.

ABSTRACT

Women have been taking on positions of greater responsibility in different types of companies, especially in those sectors that were previously run by men, this demonstrates that they have been developing skills that are preparing them to make decisions in various types of situations and demonstrating that leadership can be applied without distinction. The general objective of this research was to explain how adaptive leadership determines the development of managerial competencies among female CEOs in Peru by 2024. A quantitative methodology was used, with a descriptive-explanatory approach and a non-experimental relational design. The population comprised four thousand peruvian female CEOs and the sample obtained through a formula of 350 people, comprised 120 from micro, 100 from small, 90 from médium-sized, and 40 from large companies from different economic sectors nationwide. In the fieldwork, information was collected using a virtual survey, the instrumento of which was a questionnaire containing questions about the study variables, which had been analyzed through a documentary review. The results showed that individuals respond to practical and innovative solutions proposed in situations of drastic change, concluding that the application of adaptative leaderahip by female CEOs in Peru allows them to demonstrate their managerial competencies within their organizations, which has favorable implications for future managers.

PALABRAS CLAVE: Competencias directivas, empresas peruanas, liderazgo adaptativo, mujeres Ceo

Keywords: Management skills, Peruvian companies, adaptive leadership, female CEOs

INTRODUCCIÓN

El desarrollo empresarial realizada en el Perú en los últimos años, ha permitido realizar cambios comerciales, tecnológicos, productivos, etc. en diversos sectores económicos, así como una apertura a la gerencia femenina en sectores tales como construcción, minería, energía, tecnología, ciberseguridad, entre otros, que tradicionalmente se encontraban dirigidos por varones.

Esta evolución en la mentalidad ha permitido un espacio para que las mujeres puedan desarrollar sus competencias directivas y demostrar que su principal fortaleza es su capacidad de trabajo; desarrollar una cultura inclusiva permitirá que este número de mujeres Ceo se incremente, así como involucrar a más profesionales en equipos de trabajo de ambos sexos, para que puedan incorporarse de manera igualitaria.

Muchas instituciones privadas y públicas fomentan una mayor participación de las mujeres en los diversos cargos gerenciales, debido a que a nivel mundial el promedio es 19%, si analizamos américa latina encontramos 10% y en el Perú se reporta el 9% (BBVA, 2022), lo favorable es que ese número está en incremento, sobre todo en el sector público, donde encontramos directoras de colegios, rectoras, congresistas, etc.

Según Women CEO Perú (2024), en las áreas de finanzas, logística y tecnología la brecha sigue siendo considerable, por lo que planteó una estrategia como alternativa para que se logre llegar al 30% de mujeres en cargos directivos en el año 2030, identificando que se requiere ejercer un mayor liderazgo femenino, ya que han demostrado su preocupación por la competitividad de las empresas, McKinsey & Company (2023) en un estudio realizado demostró que las empresas lideradas por mujeres superaron en un 21% en rentabilidad a sus competidoras dirigidas por varones.

Según Alrowwad, A., Abualoush, S. & Masadeh, R. (2020) mencionaba la importancia de la competitividad de las organizaciones, sobre todo en entornos cambiantes como los que atravesamos en Perú, donde el factor climático y social, está afectando a varios sectores empresariales, se requiere de un liderazgo firme, que fomente la innovación, creatividad, para continuar en el mercado. Según Forbes Perú (2024) hay integrantes de familias que invierten en diferentes tipos de empresas, muchas de las cuales son dirigidas por mujeres, como es el

caso de Ana María Brescia Cafferata, propietaria del 30% de las acciones del Grupo Beca, presente en sectores como minería, hotelería, banca, pesca, seguros, construcción, entre otros.

Según Cabana, S.; Rivera, M.; Véliz, R. & Aguilera, M. (2023) que menciona a Mulenga, R. et al (2018) expresan que las organizaciones responden al estilo de liderazgo que aplican sus directores, por lo que se requiere fomentar una mayor satisfacción laboral que permita un esfuerzo y desempeño, para hacer la empresa más rentable y que pueda permanecer en un mercado donde aparecen competidores diariamente.

Esta realidad exige un líder capaz de adaptarse a situaciones de rápido cambio, con estrategias flexibles para adecuarse a ello, con habilidades comunicativas para mantenerse en contacto con su equipo de trabajo, proveedores, clientes, competidores, y dominar el uso de las plataformas digitales.

Existe una tendencia de aplicar el liderazgo adaptativo en las empresas, como estrategia de respuesta a los cambios inesperados que se presentan con mayor frecuencia, lo cual permite adecuarse a tomar decisiones más rápidas. Kremer, M. y Sott, M. (2025) quienes mencionan a Thommes, MS. et al (2024) expresa que prepara al líder para adaptarse con flexibilidad y creatividad, de tal manera que con su equipo de trabajo pueden adecuar un ambiente de trabajo resiliente.

Según Seibel, M.; Kaufman, EK; Cletzer, DA.y Elliot-Engel. J. (2023), los líderes adaptativos se caracterizan por ser observadores, sensibles, experimentales, generalmente se anticipan a los cambios y prepara a su equipo de trabajo para que en momentos de incertidumbre sean fuertes, valientes y los acompaña en toda circunstancia, lo que se adapta a la cultura organizacional; Mehta, J.; Yurkofsky, M.; Frumin, K. (2023) un elemento resaltante es su capaz de comunicación interpersonal, utiliza el lenguaje verbal y no verbal así como la identificación sentimental, lo que atrae fácilmente la confianza de sus trabajadores. Aaron Said, V, y Castillo Jara, S. (2022) agrega que este modelo es beneficioso cuando hay resistencia al cambio, tanto de la dirección como de los trabajadores de la empresa, porque también encontramos gerentes que no desean adecuarse a la tecnología, a las nuevas tendencias, promoviendo que son productos o servicios tradicionales.

MATERIAL Y METODO

Esta investigación se desarrolló entre enero y diciembre 2024 con mujeres Ceo peruanas que dirigen empresas a nivel nacional, en diversos sectores económicos; fue de tipo cuantitativo, de nivel descriptivo - explicativo y diseño no experimental, de tipo relacional. La población estuvo formada por cuatro mil mujeres, el trabajo de campo se realizó con una muestra aleatoria a nivel nacional que se obtuvo del muestreo probabilístico estratificado, según el autor Hernández, R, Fernández, C. y Baptista, L. (2014):

$$n = \frac{(1.96)^2(0.5)(0.5)(4,000)}{(0.05)^2(4,000 - 1) + (1.96)^2(0.5)(0.5)}$$

n= 350 mujeres Ceo peruanas

Tabla 1
Conformación de la Muestra de Investigación

Categoría	Número	%
Ceo de microempresa	120	34
Ceo de pequeña empresa	100	29
Ceo de mediana empresa	90	26
Ceo de grande empresa	40	11
TOTAL	350	100

Fuente: Medina, M. et al (2021)

Se emplearon técnicas de investigación como análisis documental de las variables de estudio, artículos publicados e investigaciones de pre y post grado; así mismo, se aplicó una encuesta con respectivo instrumento ficha de contenido y cuestionario, que contenía

interrogantes sobre las variables, dimensiones e indicadores, se formularon para un mejor entendimiento de tipo abierto, cerrado, opción múltiple, entre otras. Para el procesamiento y clasificación de la información. se diseñaron tablas, cuadros y representaciones estadísticas de los datos que fueron analizados e interpretados con métodos estadísticos para la formulación de las conclusiones y recomendaciones del estudio.

RESULTADOS

TABLA 2

Plantea soluciones innovadoras cuando planifica las actividades a realizarse, en vez de la aplicación de normas preestablecidas.

		Frecuencia	Porcentaje
Válido	Siempre	140	40
	Casi siempre	115	33
	A veces	95	27
	Casi nunca	0	0
	Nunca	0	0
	Total	350	100

Fuente: Elaboración de los autores, diciembre 2024

La tabla estadística presenta la información obtenida acerca de que 40% de las mujeres que dirigen las empresas, plantean soluciones innovadoras en la planificación de su trabajo, debido a que el mercado es muy cambiante, y para estar acorde con ello deben realizarse estrategias innovadoras; hay un 33% que manifiesta casi siempre utilizar soluciones que conlleven interactuar con los empleados, clientes, proveedores, ya que al escucharlos puede identificar sus requerimientos con mayor detalle. El 27% considera a veces que las herramientas digitales como el correo electrónico, las redes sociales, el whatsapp permite dar soluciones rápidas y efectivas, ya que el número de transacciones por estos medios se incrementa notablemente.

Según González Marin, Y. O., Canós-Darós, L., y Garcés Giraldo, L. F. (2023), que menciona a Salunke et al (2019) las organizaciones donde se fomenta la innovación en las actividades que desarrollan, promoviendo la capacidad competitiva obtendrá una mejor aceptación en el mercado y estará por encima de los competidores.

TABLA 3

Implementa soluciones que fomentan cambios de mentalidad en todos los integrantes de su equipo de trabajo.

		Frecuencia	Porcentaje
Válido	Siempre	200	57
	Casi siempre	120	34
	A veces	20	6
	Casi nunca	10	3
	Nunca	0	0
	Total	350	100

Fuente: Elaboración de los autores, diciembre 2024

Se expone que un 57% respondió siempre implementar soluciones que conlleven al cambio de mentalidad de los trabajadores, para que puedan exponer libremente sus puntos de vista, opiniones, sugerencias, sobre las actividades de la empresa; el 34% casi siempre permite la participación del equipo de trabajo para que, al sentirse parte de la solución de los problemas, fomente una visión de crecimiento tanto personal como laboral. El 6 % a veces intenta hacer cambios en la cultura organizacional para que se cumplan los objetivos programados y el 3% casi nunca debido a que los equipos de trabajo se motivan entre sus integrantes, por lo que la gerencia no debería participar. Villacorta-Méndez, J. et al (2023) que menciona a Medina-Gamero et al (2021) resaltan que un efectivo trabajo en equipo es el resultado de la empatía, el liderazgo y la comunicación, entre el Ceo de la organización y los trabajadores, originando cambios de mentalidad favorables.

TABLA 4

Prefiere los cambios profundos y resultados a largo plazo, en vez de resultados rápidos.

		Frecuencia	Porcentaje
Válido	Siempre	120	34
	Casi siempre	100	29
	A veces	97	28
	Casi nunca	33	9
	Nunca	0	0
	Total	350	100

Fuente: Elaboración de los autores, diciembre 2024

Se muestra que 34% de las mujeres Ceo siempre prefiere realizar cambios profundos para que puedan obtener mejores resultados, ya que la empresa debe responder rápidamente ante las estrategias de la competencia; 29% considera que casi siempre los cambios deben hacerse según el sector económico donde se encuentra su empresa, ya que algunos sectores muestran resultados en un tiempo más largo. El 28% utiliza a veces acciones drásticas para corregir debilidades que a largo plazo pueden ser perjudiciales; por último, el 9% casi nunca hace cambios rápidos porque implica involucrar diferentes elementos de la empresa y los trabajadores requieren tiempo para adecuarse.

TABLA 5

Evalúa su propio contexto antes de aplicar una práctica que ha dado buenos resultados.

<i>Frecuencia Porcentaje</i>			
Válido	Siempre	200	57
	Casi siempre	150	43
	A veces	0	0
	Casi nunca	0	0
	Nunca	0	0
	Total	350	100

Fuente: Elaboración de los autores, diciembre 2024

La tabla estadística nos muestra que el 57% de las mujeres Ceo peruanas expresa analizar su entorno interno y externo antes de aplicar estrategias que han sido exitosas en otras empresas, debido a que la situación real de cada una cambia, así como los productos o servicios que ofrecen tienen su propio valor agregado. De la misma manera, el 43 % lo realiza casi siempre ya que las estrategias de la misma empresa no dan resultados favorables sin un análisis previo.

TABLA 6

Confía en el criterio de su equipo en la solución a un problema, en vez de la aplicación de normas o leyes establecidas.

<i>Frecuencia Porcentaje</i>			
Válido	Siempre	70	20
	Casi siempre	60	17
	A veces	120	34
	Casi nunca	80	23
	Nunca	20	6
	Total	350	100

Fuente: Elaboración de los autores, diciembre 2024

La tabla expone que el 34% a veces confía en el criterio y experiencia de sus empleados para la toma de decisiones en problemas de la empresa, debido que muchas situaciones son repetitivas; el 23% casi nunca debido a que cada problema tiene causas diferentes por lo que se requiere analizar diversos factores; el 20% siempre escucha los planteamientos de solución de su equipo de trabajo, porque son los que tienen un mayor conocimiento de la situación interna y externa de su empresa; 17% considera casi siempre en la experiencia profesional de sus funcionarios para la toma de decisiones, sin dejar de lado las normas legales vigentes; por último, el 6% nunca porque al marco legal y normativo vigente del país y de la empresa debe fielmente aplicarse.

TABLA 7

Los valores institucionales establecidos se reflejan en las acciones que realiza.

<i>Frecuencia Porcentaje</i>			
Válido	Siempre	190	54
	Casi siempre	160	46
	A veces	0	0
	Casi nunca	0	0
	Nunca	0	0
	Total	350	100

Fuente: Elaboración de los autores, diciembre 2024

Se muestra la importancia de los valores institucionales por lo que el 54% considera que deben reflejarse en cada acción que se realiza en la empresa, porque es lo que fomenta que los trabajadores desarrollen sus labores de la mejor manera, así como en el ambiente laboral que debe ser armónico, agradable, etc. Por otro lado, el 46% casi siempre fomenta que en todas las actividades internas y externas puedan identificarse rápidamente.

TABLA 8

Evalúa la relación entre los valores institucionales establecidos y los que aplican sus trabajadores.

<i>Frecuencia Porcentaje</i>			
Válido	Siempre	125	36
	Casi siempre	100	29
	A veces	95	27
	Casi nunca	30	8
	Nunca	0	0
	Total	350	100

Fuente: Elaboración de los autores, diciembre 2024

Las Ceo de las empresas peruanas consideran la importancia de los valores institucionales, por lo que el 36% evalúa el comportamiento de los trabajadores para que ellos se cumplan de manera óptima; el 29 % lo hacen casi siempre, debido a que se cuenta con trabajadores con muchos años en la empresa por lo que se identifican con ella; el 27% lo realiza a veces, debido a que el desempeño del personal debe reflejar que conoce los valores, principios, objetivos que se persiguen de manera conjunta. El 8% casi nunca debido a que sus acciones demuestran si los cumple y en caso contrario son separados de la empresa.

TABLA 9

Analiza la toma de decisiones que fortalecen los compromisos institucionales.

		Frecuencia	Porcentaje
Válido	Siempre	140	40
	Casi siempre	120	34
	A veces	90	26
	Casi nunca	0	0
	Nunca	0	0
	Total	350	100

Fuente: Elaboración de los autores, diciembre 2024

El 40% de las entrevistadas expresaron siempre analizar las decisiones que ayudan al logro del compromiso institucional de los trabajadores, ya que se refleja en su desempeño; el 34% casi siempre la toma de decisiones debe realizarse con los directivos, mandos medios y que conlleven al logro de objetivos, estrategias, empresariales. Por último, el 26 % considera a veces que debe analizarse todas las alternativas para elegir la mejor, de tal manera que se logren los compromisos asumidos y establecidos por la organización.

TABLA 10

En la toma de decisiones, identifica posibles pérdidas y ganancias para su grupo de trabajo

		<i>Frecuencia Porcentaje</i>	
Válido	Siempre	120	34
	Casi siempre	100	29
	A veces	80	23
	Casi nunca	50	14
	Nunca	0	0
	Total	350	100

Fuente: Elaboración de los autores, diciembre 2024

Con respecto a la toma de decisiones, el 34% considera siempre que las ganancias para su equipo de trabajo sean altas, tanto en materia laboral, económica como profesional, ya que los trabajadores satisfechos son los mejores clientes. El 29% casi siempre identifica las pérdidas de sus trabajadores, debido a que en muchas ocasiones el escenario trae daño a la empresa que se refleja en despidos, disminución de beneficios, etc.; el 23% considera a veces las pérdidas y ganancias del equipo de trabajo con las decisiones tomadas, porque que la empresa continúe es lo más importante. Por último, el 14% casi nunca lo considera, debido a que el sector al cual pertenecen es muy sensible, donde otros factores determinan su vigencia en el mercado.

TABLA 11

Se aceptan ideas divergentes e incómodas expresadas por los trabajadores que pueden incomodar a los demás integrantes.

		<i>Frecuencia Porcentaje</i>	
Válido	Siempre	100	29
	Casi siempre	80	23
	A veces	70	20
	Casi nunca	60	17
	Nunca	40	11
	Total	350	100

Fuente: Elaboración de la autora, diciembre 2024

La tabla muestra que el 29% de las mujeres Ceo siempre aceptan diversos puntos de vista de los integrantes de su equipo de trabajo, debido a que la experiencia, capacitación, etc. dan una amplitud de alternativas. El 23% casi siempre considerando que su entorno de asesores y directivos más cercanos pueden libremente expresar sus opiniones; el 20% a veces debido a que los directores involucrados en la solución al problema son los que deben participar; el 17% casi nunca debido a que al darles libertad de expresión se fomenta discrepancias entre los mismos integrantes y el 11% nunca debido a que las quejas o reclamos deben hacerse en las áreas competentes para evitar discusiones incómodas.

TABLA 12

Considera los puntos contradictorios, al momento de tomar decisiones, que afectan al equipo de trabajo

<i>Frecuencia Porcentaje</i>			
Válido	Siempre	60	17
	Casi siempre	90	26
	A veces	150	43
	Casi nunca	50	14
	Nunca	0	0
	Total	350	100

Fuente: Elaboración de los autores, diciembre 2024

Para la toma de decisiones es conveniente tener diversas opiniones, por lo que el 43% considera a veces las expresiones contradictorias, para evitar que el equipo de trabajo tenga distanciamientos, así como que todos se sientan importantes con su aporte. El 26% casi siempre ya que el equipo es multidisciplinario, así como la antigüedad que tienen en la empresa, lo que considera una fortaleza; el 17% siempre ya que son su entorno más cercano que conoce las fortalezas de la empresa, así como las oportunidades del mercado para aprovecharlas inmediatamente y finalizamos, que el 14% casi nunca para que no se separe el grupo.

TABLA 13

Motiva la atención del tema tratado durante una reunión o debate.

		<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
Válido	Siempre	140	40
	Casi siempre	130	37
	A veces	80	23
	Casi nunca	0	0
	Nunca	0	0
	Total	350	100

Fuente: Elaboración de los autores, diciembre 2024

El 40% de las encuestadas expresó que siempre motiva a los participantes de las reuniones de trabajo para que participen, expresen sus ideas y sugerencias, de tal manera que se interesen por los temas tratados. El 37% casi siempre lo hace para que participen la mayor cantidad de trabajadores en las mesas de diálogo convocadas; el 23% considera que a veces motiva a los trabajadores debido a que solamente se invita a las reuniones al equipo de confianza que ya tiene sus propuestas planteadas.

TABLA 14

Frente a los problemas, busca con calma elegir las mejores soluciones para su equipo de trabajo.

<i>Frecuencia Porcentaje</i>			
Válido	Siempre	160	46
	Casi siempre	140	40
	A veces	50	14
	Casi nunca	0	0
	Nunca	0	0
	Total	350	100

Fuente: Elaboración de los autores, diciembre 2024

Las directoras mencionaron la importancia de un equipo de trabajo fuerte y unido, por lo que el 46% siempre analiza las mejores soluciones ante cualquier percance que se presente en la empresa, de tal manera que no se perjudique al grupo. Así mismo, el 40% lo hace casi siempre teniendo un diálogo previo con ellos antes de la decisión final. Por último, el 14% lo hace a veces porque parte del liderazgo es solucionar los problemas sin afectar al equipo de funcionarios.

TABLA 15

Promueve que los integrantes de su equipo de trabajo afronten nuevos desafíos.

<i>Frecuencia Porcentaje</i>			
Válido	Siempre	220	63
	Casi siempre	130	37
	A veces	0	0
	Casi nunca	0	0
	Nunca	0	0
	Total	350	100

Fuente: Elaboración de los autores, diciembre 2024

El 63% siempre promueve que sus trabajadores asuman nuevos retos, aporten sugerencias, innovación en su área y diseñe nuevas estrategias, debido a que ello permite que la empresa tenga un mejor posicionamiento en el mercado; y el 37% lo hace casi siempre porque se fomenta la capacitación, nuevos cargos, para los integrantes de su empresa, en algunos casos, se paga los estudios de especialidad o maestría del equipo más cercano para que ello se refleje en los resultados obtenidos a fin de año o de un periodo.

TABLA 16

Establecen claramente las funciones de cada integrante de su equipo de trabajo

<i>Frecuencia Porcentaje</i>			
Válido	Siempre	170	49
	Casi siempre	140	40
	A veces	40	11
	Casi nunca	0	0
	Nunca	0	0
	Total	350	100

Fuente: Elaboración de los autores, diciembre 2024

Las gerentes en un 49% establecen las funciones que deben desempeñar cada uno de los integrantes de su organización, de tal manera que tengan definidas sus responsabilidades y el rol asignado dentro de ella. El 40% casi siempre, debido a que pueden realizarse cambios estratégicos según el mercado en relación con los clientes, proveedores, competidores, etc. ya que un funcionario puede asumir dos cargos en algún período.

TABLA 17
Definen los objetivos, valores y compromisos institucionales, para que todos los integrantes del equipo de trabajo los identifique.

<i>Frecuencia Porcentaje</i>			
Válido	Siempre	140	40
	Casi siempre	110	31
	A veces	100	29
	Casi nunca	0	0
	Nunca	0	0
	Total	350	100

Fuente: Elaboración de los autores, diciembre 2024

En las empresas se establecen los objetivos, valores, compromisos institucionales, políticas, que definen la vida organizacional, de tal manera que los gerentes en un 40% siempre los difunden a todos los integrantes de ella; el 31% casi siempre en las reuniones, comisiones de trabajo, de tal manera que se identifiquen con la institución; el 29% a veces porque considera que lo deben realizar las oficinas permitentes como personal, comunicaciones, etc. en las diversas herramientas digitales.

TABLA 18

Diseñan y aplican planes de acción que preparan a los trabajadores ante posibles amenazas.

<i>Frecuencia Porcentaje</i>			
Válido	Siempre	150	43
	Casi siempre	120	34
	A veces	80	23
	Casi nunca	0	0
	Nunca	0	0
	Total	350	100

Fuente: Elaboración de los autores, diciembre 2024

Las mujeres Ceo fomentan en un 43% el diseño y aplicación de planes que preparan a los trabajadores ante amenazas tecnológicas, naturales, etc. haciendo simulaciones en diferentes épocas del año. El 34% casi siempre considera que la planificación ayuda a tomar acciones que disminuyen los riesgos laborales y el 23% a veces toma en cuenta los planes de acción, debido a que hay sucesos inesperados que hacen a los trabajadores aplicar soluciones novedosas.

TABLA 19

Mantiene un adecuado clima laboral que genera estabilidad al interior de la organización

<i>Frecuencia Porcentaje</i>			
Válido	Siempre	210	60
	Casi siempre	120	34
	A veces	20	6
	Casi nunca	0	0
	Nunca	0	0
	Total	350	100

Fuente: Elaboración de los autores, diciembre 2024

El 60% siempre mantiene un clima laboral fuerte, lo que fomenta que el equipo de trabajo se desempeñe en óptimas condiciones, de tal manera que los objetivos empresariales, profesionales y personales se logren rápidamente; encontramos que el 34% casi siempre espera mantener un clima laboral estable como motivación para los empleados internos y externos, también porque fomenta que personal competente desee integrarse a la empresa; y el 6% a veces porque se presentan diversos tipos de problemas entre los integrantes de una organización, por lo que entre ellos deben resolver sus problemas. León, S. & Mostacero, S. (2023) explica que el clima laboral de una organización es el resultado de las habilidades directivas de quién la dirige, debido a que sus destrezas, conocimientos, experiencias, les permite desenvolverse de una manera adecuada con los trabajadores, fomentando su interacción con ellos.

TABLA 20

Identifica fácilmente los problemas de la organización

<i>Frecuencia Porcentaje</i>			
Válido	Siempre	210	60
	Casi siempre	110	31
	A veces	30	9
	Casi nunca	0	0
	Nunca	0	0
	Total	350	100,0

Fuente: Elaboración de los autores, diciembre 2024

Las Ceo consideran que su principal responsabilidad es resolver los problemas de la organización, por lo que el 60% siempre identifica las situaciones de riesgo para darles una solución rápida y efectiva. El 31% casi siempre realiza diagnósticos situacionales de las diferentes áreas para identificar los problemas en su inicio, comunicarlos y que el equipo de trabajo tengo alternativas y disminuirlos. Solamente el 9% a veces lo hace porque el entorno interno y externo es cambiante y pueden surgir imprevistos en cualquier momento.

TABLA 21

Observa detenidamente la actuación de su grupo de trabajo antes de realizar diversas acciones.

<i>Frecuencia Porcentaje</i>			
Válido	Siempre	200	57
	Casi siempre	110	31
	A veces	40	12
	Casi nunca	0	0
	Nunca	0	0
	Total	350	100

Fuente: Elaboración de los autores, diciembre 2024

El 57% siempre resalta el desempeño de su equipo de trabajo, con la finalidad de resaltar y premiar sus acciones o sugerir actividades de mejora; el 31% casi siempre observa el trabajo de cada integrante para verificar si está en el área adecuada, así como proponer los ascensos correspondientes. El 12% a veces debido a que son los responsables del área de personal los encargados de realizar las evaluaciones de manera semestral o anual.

TABLA 22

Actúa rápidamente ante cualquier problema que afecta a una parte o a todo el equipo de trabajo.

<i>Frecuencia Porcentaje</i>			
Válido	Siempre	300	86
	Casi siempre	50	14
	A veces	0	0
	Casi nunca	0	0
	Nunca	0	0
	Total	350	100

Fuente: Elaboración de los autores, diciembre 2024

El 86% siempre toma acciones para resolver los problemas que se presentan en la organización, para evitar que sea afecta su equipo de trabajo, ya que ellos constituyen el mayor valor que posee ésta; el 14 % considera que casi siempre resuelve de manera rápida y efectiva las situaciones adversas que se dan dentro o fuera de la empresa y que involucra a los trabajadores, debido a que su estabilidad personal dará una estabilidad laboral y profesional para el logro de los resultados esperados.

TABLA 23

Analiza el nivel de compromiso que muestra el equipo de trabajo en la solución de los problemas de la organización

<i>Frecuencia Porcentaje</i>			
Válido	Siempre	160	46
	Casi siempre	140	40
	A veces	50	14
	Casi nunca	0	0
	Nunca	0	0
	Total	350	100

Fuente: Elaboración de los autores, diciembre 2024

El 46% de las encuestadas siempre analiza el desempeño de los trabajadores, identificando el compromiso que demuestran sobre todo en las ocasiones negativas de la organización; el 40% casi siempre distribuye diferentes funciones y responsabilidades al grupo de trabajo para medir cuánto están identificados, en lo cual se ve que muchos se quedan fuera del horario de trabajo, participan los fines de semana, etc. Y el 14% a veces lo realiza, debido a que considera que el rendimiento y productividad de cada individuo en la empresa, se mide con los resultados.

TABLA 24

Analiza su rol en la organización y diseña la imagen que desea proyectar

<i>Frecuencia Porcentaje</i>			
Válido	Siempre	180	51
	Casi siempre	170	49
	A veces	0	0
	Casi nunca	0	0
	Nunca	0	0
	Total	350	100

Fuente: Elaboración de los autores, diciembre 2024

El 51% siempre diseña estrategias para tener una imagen favorable dentro y fuera de la empresa, considerando que tiene un gran compromiso con la institución y el 49% casi siempre, porque son sus asesores los que proyectan una imagen de trabajo, difundiendo sus actividades diarias a través de las herramientas digitales con que cuenta la organización.

TABLA 25

Expone a su equipo de trabajo sus proyectos y plantea el rol de cada integrante del equipo

<i>Frecuencia Porcentaje</i>			
Válido	Siempre	120	34
	Casi siempre	130	37
	A veces	100	29
	Casi nunca	0	0
	Nunca	0	0
	Total	350	100

Fuente: Elaboración de los autores, diciembre 2024

La gerencia de una organización se realiza de una mejor manera a través de la participación de todos los integrantes de ella, por lo que el 34% siempre expone sus proyectos y planes de trabajo, indicando la responsabilidad de cada uno, de tal manera que se comprometan en su desempeño. El 37% casi siempre lo hace, porque deben ser conocidos por el entorno cercano a la Ceo para que sus opiniones y sugerencias puedan ser tomadas en cuenta y el 29% considera que a veces deben brindar esta información, ya que son los directores de cada área los que deben programadas las actividades.

TABLA 26
 Evalúa resultados después de un período de adaptación del grupo ante una nueva idea o acción.

<i>Frecuencia Porcentaje</i>			
Válido	Siempre	250	71
	Casi siempre	100	29
	A veces	0	0
	Casi nunca	0	0
	Nunca	0	0
	Total	350	100

Fuente: Elaboración de los autores, diciembre 2024

Los cambios dentro de la organización requieren un tiempo para que sus integrantes puedan adecuarse, por lo que el 71% siempre evalúa los resultados económicos, sociales, laborales, etc. después que se aplicó una nueva estrategia, se lanzó un nuevo producto o se ofreció un servicio innovador, etc. y el 29% casi siempre porque los cambios influyen más en la cultura organizacional, ya que los trabajadores están se acostumbran a un horario de trabajo o a un cargo y cuando se le cambia hay niveles de resistencia que influyen en su desempeño.

TABLA 27

Diseña estrategias para que los integrantes superen sus temores y se involucren con el cambio.

		<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
Válido	Siempre	120	34
	Casi siempre	100	29
	A veces	90	26
	Casi nunca	40	11
	Nunca	0	0
	Total	350	100

Fuente: Elaboración de los autores, diciembre 2024

El 34% siempre diseña estrategias para que los cambios no se realicen de manera drástica y que los trabajadores se tomen su tiempo, ello suele suceder cuando se adquiere nueva tecnología y cambios los procesos; el 29% casi siempre conversa con los trabajadores para que se involucren con el cambio por áreas, de tal manera que puedan compartir sus experiencias; el 26% a veces aplican estrategias, ya que el personal debe considerar que los cambios pueden darse en cualquier momento y su capacitación debe ser constante. Y por último, el 11% casi nunca se preocupan por prepararlos al cambio, porque cada individuo requiere tiempos y formas diferentes de adecuarse, por lo que no debe hacerlo la institución. Según Santiago, C. (2021) la tendencia del liderazgo adaptativo en las organizaciones, mejoran la calidad de vida de los trabajadores, debido a que tienen una mayor percepción de seguridad y sostenibilidad en la empresa, por lo que pueden disminuir sus temores al cambio.

TABLA 28

Involucra a los integrantes ante nuevas acciones correctivas dentro de la organización

<i>Frecuencia Porcentaje</i>			
Válido	Siempre	100	29
	Casi siempre	90	26
	A veces	80	23
	Casi nunca	60	17
	Nunca	20	5
	Total	350	100

Fuente: Elaboración de los autores, diciembre 2024

Las empresas buscan permanecer en el mercado y mantener los niveles de preferencia de los consumidores, así como que sus márgenes de ganancia sea medio o alto, para lograrlo se requiere un diagnóstico constante; el 29% siempre involucra a sus trabajadores para aplicar medidas correctivas; el 26% casi siempre porque tienen un mayor conocimiento de lo que sucede en su zona de trabajo; el 23% casi siempre escucha sugerencias, opiniones correctivas de los directores y los aplica y el 17% casi nunca los involucra porque considera que solamente deben aplicar las medidas correctivas los jefes y el 5% nunca escucha las opiniones de los trabajadores.

TABLA 29

Establece normas y políticas que mejoren el funcionamiento de la organización

<i>Frecuencia Porcentaje</i>			
Válido	Siempre	200	57
	Casi siempre	150	43
	A veces	0	0
	Casi nunca	0	0
	Nunca	0	0
	Total	350	100

Fuente: Elaboración de los autores, diciembre 2024

Una adecuada organización de las tareas y funciones en la empresa comprende establecer normas y políticas para los trabajadores, clientes, proveedores, etc. de tal manera que todos sepan cómo desenvolverse ante determinadas situaciones; el 57% siempre lo hace por lo que consigue excelentes resultados y el 43% casi siempre ya que si bien están definidas hay aspectos que deben adecuarse por la situación del momento, por el paso del tiempo, etc.

TABLA 30

Distribuye al personal de la organización según la estructura organizacional

<i>Frecuencia Porcentaje</i>			
Válido	Siempre	0	0
	Casi siempre	0	0
	A veces	40	11
	Casi nunca	140	40
	Nunca	170	49
	Total	350	100

Fuente: Elaboración de los autores, diciembre 2024

El personal debe estar ubicado en las áreas donde su preparación profesional, experiencia y capacidad pueda ser aprovechada de la mejor manera; el 49% de las gerentes nunca influye ya que esta tarea es parte de las labores que desarrolla el jefe de recursos humanos; el 40% casi nunca debido a que requiere asistentes de confianza por lo que también los evalúa previamente a su designación y el 11% expresó que a veces puede sugerir que personal prefiere para su despacho, respetando las normas establecidas.

TABLA 31
Administra de manera eficiente los recursos disponibles de la organización

<i>Frecuencia Porcentaje</i>			
Válido	Siempre	220	63
	Casi siempre	130	37
	A veces	0	0
	Casi nunca	0	0
	Nunca	0	0
	Total	350	100

Fuente: Elaboración de los autores, diciembre 2024

El dirigir una empresa y ser su Ceo es una gran responsabilidad, por lo que las actividades que realice y las decisiones que se apliquen deberán ser consultadas, asesoradas y aplicadas de manera conjunta con un equipo de asesores competitivos. El 63% expresó siempre administrar el recurso humano, financiero, tecnológico, etc. de la manera más eficiente para que la empresa lidere en el sector donde se encuentra; por otro lado, el 37% casi siempre analiza todas las posibilidades de inversión, las fortalezas y debilidades de la empresa, así como las oportunidades y amenazas que se presentan en ese momento, de tal manera que los objetivos se cumplan de la mejor manera en el plazo propuesto.

TABLA 32

Motiva a su equipo de trabajo para que se sientan identificados con la misión, visión, objetivos y valores de la organización.

<i>Frecuencia Porcentaje</i>			
Válido	Siempre	150	43
	Casi siempre	140	40
	A veces	60	17
	Casi nunca	0	0
	Nunca	0	0
	Total	350	100

Fuente: Elaboración de los autores, diciembre 2024

Los individuos que ven reflejados sus objetivos o proyectos personales en los planteados por la empresa, fácilmente se identificarán con ellos; el 43% siempre difunde la misión, visión y valores para que los trabajadores participen en que se cumplan; el 40% casi siempre en las reuniones de trabajo los mencionan, así como lo que están avanzando en su logro y el 17% a veces ya que considera que los trabajadores deben conocerlo como parte de su desempeño. De la Cruz, O. (2023) expone que existe una relación directa entre la cultura, los valores y la participación en una organización, para que el desempeño sea óptimo ya que los trabajadores se identifican con el líder.

TABLA 33

Incentiva las relaciones interpersonales favorables entre los equipos de trabajo de la organización

<i>Frecuencia Porcentaje</i>			
Válido	Siempre	125	36
	Casi siempre	145	41
	A veces	80	23
	Casi nunca	0	0
	Nunca	0	0
	Total	350	100,0

Fuente: Elaboración de los autores, diciembre 2024

El principal valor de una empresa es su recurso humano, debido a que ellos harán que se logren los objetivos, por lo que el 41% casi siempre motiva a que exista un ambiente de armonía y compañerismo entre ellos; el 36 % siempre debido a que las relaciones de comunicación y respeto, así como celebrar los logros, cumpleaños, etc. ayuda a conseguirlo y el 23% a veces por ejemplo al premiar el buen trabajo de los colaboradores, de manera mensual o anual.

TABLA 34

Participa en las actividades del personal administrativo de la organización

<i>Frecuencia Porcentaje</i>			
Válido	Siempre	50	14
	Casi siempre	100	29
	A veces	120	34
	Casi nunca	80	23
	Nunca	0	0
	Total	350	100

Fuente: Elaboración de los autores, diciembre 2024

El 34% expresó que a veces participa en las reuniones laborales y sociales del personal, debido a sus múltiples reuniones, pero en la mayoría de ocasiones busca conversar con ellos y conocerlos un mejor; el 29% casi siempre porque considera que es importante tener buenas relaciones con todos los trabajadores, así como felicitarlos por su graduación, tener su primer hijo, así como acompañarlos en la muerte de un familiar; el 23% casi nunca ya que les permitirá tener más confianza entre ellos mismos para disfrutar libremente en sus reuniones, ya que su objetivo es que se diviertan y pasen un momento agradable y el 14% siempre ya que en la organización todos sus integrantes son importantes, por lo que se resaltan actividades importantes en las redes sociales o canales de comunicación interna, de tal manera que se sientan parte de una gran familia.

TABLA 35

Comparte información entre el personal de su equipo de trabajo en la organización

		<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
Válido	Siempre	150	43
	Casi siempre	130	37
	A veces	70	20
	Casi nunca	0	0
	Nunca	0	0
	Total	350	100

Fuente: Elaboración de los autores, diciembre 2024

Para Robbins (2000) el equipo de trabajo es un conjunto de personas que interactúan de manera conjunta, generando confianza en la gerencia por el intercambio de ideas, sugerencias, estrategias, etc. que benefician a la organización; el 43% siempre comparte información relevante con ellos, porque son funcionarios que participan directamente en la toma de decisiones; el 37% casi siempre lo hace, debido a que hay información que es solamente de la gerencia y no debe ser difundida con otras áreas y el 20% a veces, es decir, solamente lo comparte con las áreas que tienen una relación directa como finanzas, producción, recursos humanos, etc.

TABLA 36

Ejerce liderazgo hacia el personal administrativo de la organización

<i>Frecuencia Porcentaje</i>			
Válido	Siempre	100	29
	Casi siempre	140	40
	A veces	60	17
	Casi nunca	50	14
	Nunca	0	0
	Total	350	100

Fuente: Elaboración de los autores, diciembre 2024

El 40% casi siempre muestra su liderazgo con todo el personal, debido a que su relación es cordial, comunicativo, participativo con todos los integrantes de la organización, ya que los hace sentir importantes en el área donde se desempeña; el 29% siempre es quien diseña y fomenta la aplicación de estrategias para lograr objetivos que benefician a todo el personal administrativo; el 17% a veces muestra su liderazgo con sus acciones e indicaciones debido a que el equipo administrativo debe desenvolverse con libertad y el 14% casi nunca porque considera que hay un jefe inmediato en cada área el cual debe dirigir las actividades y a sus trabajadores.

Del Águila, M.R. (2023) que menciona a Bryn y Mestry (2020) expone que el rol que muestran la Ceo en su empresa como muestra de su liderazgo en su grupo de trabajo, son el resultado de factores internos en cada persona, en los cuales su carácter, motivación y seguridad son resultados de factores externos, en los cuales desarrollan habilidades sociales que la familia, los amigos, los vecinos, pueden estimular y todo ello se traslada a diversos grupos sociales.

TABLA 37

Desarrolla las actividades administrativas con la participación de todos los miembros que conforman su gerencia.

<i>Frecuencia Porcentaje</i>			
Válido	Siempre	120	34
	Casi siempre	110	31
	A veces	100	29
	Casi nunca	20	6
	Nunca	0	0
	Total	350	100

Fuente: Elaboración de los autores, diciembre 2024

Las actividades administrativas definen el avance de las empresas, debido a que las actividades de producción, comercialización, etc. se realizan con el personal que hace posible la dinámica de los trámites. El 34% siempre considera a los integrantes de la gerencia, debido a que la elaboración y archivo de la información de manera correcta ayudará en la toma de decisiones efectiva; el 31% casi siempre escucha las sugerencias de sus asistentes, debido a que manejan su agenda y programan sus actividades; el 29% a veces porque deben participar solamente las áreas involucradas y por último, el 6% casi nunca, porque el personal administrativo no debe participar en la toma de decisiones.

TABLA 38

Demuestra interés en conocer los nuevos avances en materia tecnológica, teórica, o logística para realizar mejor su trabajo.

<i>Frecuencia Porcentaje</i>			
Válido	Siempre	180	51
	Casi siempre	170	49
	A veces	0	0
	Casi nunca	0	0
	Nunca	0	0
	Total	350	100

Fuente: Elaboración de los autores, diciembre 2024

Las Ceo utilizan gran parte de su tiempo para investigar sobre las novedades tecnológicas debido a que la inteligencia artificial ofrece cada día mayores beneficios en las empresas, por ello el 51% siempre fomenta el cambio de equipos, maquinaria, etc. que mejoren los procesos y el servicio y el 49% casi siempre porque además de las herramientas digitales es importante considerar estrategias de ventas, logística, que acorten la distancia y el tiempo, para lograr un mayor acercamiento y satisfacción de los clientes, sobre todo ahora que el mercado es global.

TABLA 39

Logra los resultados esperados y aporta valor en actividades con repercusión estratégica.

		<i>Frecuencia Porcentaje</i>	
Válido	Siempre	100	29
	Casi siempre	160	45
	A veces	60	17
	Casi nunca	30	9
	Nunca	0	0
	Total	350	100

Fuente: Elaboración de los autores, diciembre 2024

El 45% casi siempre obtiene resultados favorables que resultan estratégico para la empresa, debido a que se analiza el mercado constantemente; el 29% siempre logra los resultados esperados, debido a que es un trabajo en equipo; el 17% a veces porque no solamente es importante los logros sino también la repercusión en posicionamiento, en ventas, etc. de la empresa y el 9 % casi nunca se obtienen cambios estratégicos, debido a que la empresa no ofrece valor diferencial en sus productos o servicios.

TABLA 40

Logra los resultados esperados en actividades complejas con un alto grado de incertidumbre y riesgo.

<i>Frecuencia Porcentaje</i>			
Válido	Siempre	100	29
	Casi siempre	110	31
	A veces	120	34
	Casi nunca	20	6
	Nunca	0	0
	Total	350	100

Fuente: Elaboración de los autores, diciembre 2024

El 34% de las Ceo expresó que a veces logra los resultados esperados cuando se presenta un ambiente de incertidumbre, debido a que hay muchas variables externas que influyen en este proceso; el 31 % casi siempre fomenta que los objetivos planteados se consigan para beneficio de la empresa; el 29% siempre porque ello asegura el crecimiento y desarrollo de la organización, así como que siga competitiva en el mercado; el 6 % casi nunca debido a que existen períodos de riesgo donde tomar decisiones debe hacerse con mucho control.

TABLA 41

Planifica las tareas que involucren a recursos dentro de su ámbito de actuación y consigue alcanzar los objetivos con especificaciones generales.

<i>Frecuencia Porcentaje</i>			
Válido	Siempre	150	43
	Casi siempre	100	29
	A veces	80	22
	Casi nunca	20	6
	Nunca	0	0
	Total	350	100

Fuente: Elaboración de los autores, diciembre 2024

Las empresas que logran resultados extraordinarias, son aquellas que están dirigidas por mujeres organizadas, donde la programación de actividades es su actividad cotidiana, el 43% siempre diseña un cronograma con responsables, plazos, etc. para especificar lo que desea lograrse; el 29 % casi siempre lo hace debido a que es importante la opinión de su equipo de trabajo en las diversas acciones a realizar; el 22% a veces porque la planificación debe considerar tomar decisiones con un nivel de incertidumbre y por último, el 6% casi nunca debido a que considera que las tareas deben planificarse en cada área según sus requerimientos

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Un alto porcentaje de mujeres forman y dirigen micro y pequeñas empresas debido a la facilidad para generar sus propios ingresos, en el sector gastronomía la preparación de comida peruana de las diferentes regiones, la comercialización de artículos de belleza, ropa, peluquerías, etc. se incrementa notablemente, lo que permite que apliquen sus propias estrategias.

En relación con la mediana y gran empresa, las mujeres Ceo están asumiendo en sectores que generalmente eran típicos para varones, como construcción, arquitectura, minería, tecnología, entre otros. Esto requiere que desarrolle habilidades blandas y competencias para dirigir a diferentes personalidades que se presenten, por lo que inician compartiendo con su equipo de trabajo el cumplimiento del plan de trabajo, valores, objetivos y compromisos, así como su identificación con la institución. También se resalta la promoción de un clima laboral que genera estabilidad, fomenta la participación de todos en la propuesta de solución a los problemas, así como una mentalidad de cambio y adecuación a lo imprevisto.

La adquisición de nuevos conocimientos en temas relacionados a tecnología, marco legal, etc. le permite administrar de manera óptima los recursos de la organización, disminuyen los riesgos y tomando rápidas decisiones. Tomar acciones ante situaciones de cambio, le da confianza al equipo de trabajo, por lo que demuestran su compromiso en su quehacer diario. Es consciente que mostrar una imagen dinámica es una preocupación constante que los integrantes de su empresa se identifiquen con la objetivos y valores de la institución, a través de su compromiso en el trabajo

Los resultados de esta investigación muestran que la aplicación de un liderazgo adaptativo femenino está dando excelentes resultados en las organizaciones, ya que los individuos reaccionan ante soluciones prácticas e innovadoras planteadas en situaciones de cambio drástico, ya que se transfiere la confianza y la seguridad para seguir avanzando.

Los estilos de liderazgo han ido evolucionando como consecuencia de los continuos cambios políticos, sociales, económicos, etc. por los que atraviesa el Perú, en ellos se han

enmarcado una mentalidad abierta al cambio, al diálogo, una comunicación más asertiva. El liderazgo participativo promueve soluciones rápidas ante situaciones inesperadas y con la participación de los integrantes de la organización, los cuales se encuentran plenamente identificados con los objetivos y valores institucionales, y responden por convicción ante los lineamientos de su líder que muestra capacidad para asumir riesgos.

El rol de la mujer dentro de las empresas ha evolucionado, lo que ha permitido asumir cargos de mayor responsabilidad, demostrando sus competencias de comunicación, capacidad de negociación y entablar diálogo con diferentes actores del sector donde se encuentra su empresa, lo que permite un mayor desarrollo.

Para concluir podemos considerar que la aplicación del liderazgo adaptativo por las mujeres Ceo en el Perú, les permite demostrar sus competencias directivas dentro de sus organizaciones, lo que proyecta aspectos favorables para las futuras gerentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alrowwad, A., Abualoush, S., & Masa'deh, R. (2020). Innovation and intelectual capital as intermediary variables among transformational leadership, transactional leadership, and organizational performance. *Journal of Management Development*, 39 (2), 196-222. <https://doi.org/10.1108/JMD-02-2019-0062>
- Aron Said, V.; Castillo Jara, S. (2022) Reaccionando al cambio dentro del cambio: Liderazgo adaptativo y la respuesta peruana a la inmigración venezolana. *Int. Migr.* 6 pp. 57–76.
- BBVA (2022). Artículo ¿Sabes cuántas mujeres tienen puestos directivos en Perú? Blog Mi Guía Digital. Consultado en: <https://www.bbva.pe/blog/mi-guia-digital/sabes-cuantas-mujeres-tienen-puestos-directivos-en-peru.html>
- Bruyn, N. & Mestry, R. (2020). Voices of resilience: Female school principals, leadership skills, and decision-making techniques. *South African Journal of Education*, 40(3), 1-9. <https://doi.org/10.15700/saje.v40n3a1757>
- Cabana, S; Rivera, M.; Véliz, R. & Aguilera, M. (2023). Artículo Influencia del liderazgo y otras variables críticas en la competitividad de Mipymes chilenas. *Revista Contaduría y Administración*. Vol. 67 N° 4 - marzo 2023. Consultado en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-10422022000400048
- Del Águila Chávez, M. R. (2023). Factores Sociodemográficos y Resiliencia en Directivos de Instituciones Educativas Públicas de Perú. *Revista EDUCA UMCH*, núm. 21, pp.07–28. <https://doi.org/10.35756/educaumch.202321.255>
- De la Cruz, O. (2023). Artículo El impacto del liderazgo en las empresas: una revisión de la literatura 2018-2022. *Revista Científica Disciplinarias* (2023) vol.2 núm. 3 Editado por la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú.

Forbes Perú (2024). Listado de las 50 mujeres más poderosas de Perú en el 2023 Consultado en: <https://forbes.pe/mujeres-poderosas/2023-08-18/listado-forbes-estas-son-las-50-mujeres-mas-poderosas-de-peru-en-2023>

Forbes Perú (2023). Foro Mujeres Poderosas Perú 2023– El Mentoring como una herramienta para fomentar el desarrollo laboral de las mujeres. Consultado en: <https://forbes.pe/mujeres-poderosas/2023-09-01/foro-mujeres-poderosas-de-peru-2023-el-mentoring-como-una-herramienta-para-fomentar-el-desarrollo-laboral-de-las-mujeres>

Forbes Perú (2023). Foro Mujeres Poderosas Perú 2023– Cómo las mujeres pueden seguir rompiendo paradigmas en industrias supuestamente masculinas. Consultado en: <https://forbes.pe/mujeres-poderosas/2023-08-31/foro-mujeres-poderosas-peru-2023-como-las-mujeres-pueden-seguir-rompiendo-paradigmas-en-industrias-supuestamente-masculinas>

González Marin, Y. O., Canós-Darós, L., y Garcés Giraldo, L. F. (2023). Habilidades directivas: análisis de la relación entre innovación empresarial y negocios internacionales. *Revista Administración & Desarrollo*, vol.53 num.1, pág.1–24. <https://doi.org/10.22431/25005227.vol53n1.8>

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, L., (2014). *Metodología de la Investigación*. México DF: Editorial Mc Graw – Hill

Kremer, M. y Sott, M. (2025). Artículo “El papel del liderazgo adaptativo en tiempos de crisis: una revisión sistemática y un marco conceptual”. *Revista MDPI* Consultado en: <https://doi.org/10.3390/merits5010002>

León, S. & Mostacero, S. (2023). Artículo Habilidades directivas y gestión administrativa en funcionarios de las Municipalidades de la Provincia de Sánchez Carrión. Consultado en: <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/SCIENDO/article/view/5058/5364>

- Mehta, J.; Yurkofsky, M.; Frumin, K. (2023) Vinculando la mejora continua y el liderazgo adaptativo. *Educ. Leadersh*, núm.79, pp. 36–41
- Medina, M.; Rojas, C.; Bustamante, W.; Hoces, R.; Loaiza, C.; Carranza, P.; Castillo, R. (2021) Metodología de la Investigación: Técnicas e instrumentos de investigación. Editorial Instituto Universitario de Innovación, Ciencia y Tecnología Inudi Perú
DOI: <https://doi.org/10.35622/inudi.b.80>. Consultado en:
<https://editorial.inudi.edu.pe/index.php/editorialinudi/catalog/view/90/133/157>
- Mulenga, R., Nzala, S., & Mutale, W. (2018). Establishing common leadership practices and their influence on providers and service delivery in selected hospitals in Lusaka province, Zambia. *Journal of Public Health in Africa*, 9 (3), 200-207.
<https://doi.org/10.4081/jphia.2018.823>
- Salunke, S.; Weerawardena, J.; McColl-Kennedy, J. R. (2019). The central role of knowledge integration capability in service innovation-based competitive strategy. *Industrial Marketing Management*, 76, 144-156.
<https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2018.07.004>
- Santiago Torner, C. (2021). La relación entre liderazgo adaptativo y calidad de vida en una organización del sector eléctrico colombiano bajo el contexto pandemia covid-19. *Revista Colombiana de Ciencias Administrativas*, Vol. 3 núm. 2, pp. 27-52
<https://doi.org/10.52948/rcca.v3i2.432>
- Seibel, M.; Kaufman, EK; Cletzer, DA; Elliott-Engel, J. (2023) Impulsando el liderazgo adaptativo mediante la teoría de la adaptación-innovación: Mejoras en el entorno de contención. *J. Leadersh. Stud.*, núm 17, pp. 23–29
- Thommes, MS; Uitdewilligen, S.; Rico, R.; Waller, MJ. (2024) Cambios de rumbo: Cómo los equipos co-construyen transiciones de estilos de liderazgo adaptativos en contextos dinámicos. *Organ. Psychol. Rev.* núm. 14, pp. 542–570.

Villacorta-Méndez, Jessica Esther, Colina-Ysea, Félix José, Pantigoso-Leython, Nathalí, & Valverde-Alva, Weslyn Erasmo. (2023). Habilidades directivas y comunicación organizacional interna. *Revista Interdisciplinaria Arbitrada Koinonía* vol. 8 núm. 16, pp. 32-54. Consultado en: <https://doi.org/10.35381/rkv8i16.2516>

Women Ceo Perú (2023) II Estudio sobre mujeres en directorio de las empresas del mercado de valores. Consultado en: <https://womenceoperu.org/ii-estudio-sobre-mujeres-en-directorio-de-las-empresas-del-mercado-de-valores/>

Women Ceo Perú (2023) Iniciativa del 30% de participación femenina al 2030. Consultado en: <https://womenceoperu.org/brecha-de-genero-laboral-solo-el-13-de-mujeres-ocupa-cargos-directivos-en-el-peru/>

CAPÍTULO 6

RIESGOS Y DESAFÍOS EN LA PROTECCIÓN DIGITAL DE LA NIÑEZ Y ADOLESCENCIA EN COLOMBIA: UN ANÁLISIS DE CIBERSEGURIDAD FRENTE A DELITOS SEXUALES EN ENTORNOS VIRTUALES⁴⁶

"CYBERSECURITY RISKS AND CHALLENGES IN THE DIGITAL PROTECTION OF CHILDREN AND ADOLESCENTS IN COLOMBIA: AN ANALYSIS OF SEXUAL OFFENSES IN ONLINE ENVIRONMENTS"

Andrea María Duarte Sierra⁴⁷

Jhon Alexander Cárdenas Bueno⁴⁸

Pares evaluadores: Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES.⁴⁹

⁴⁶ Derivado del proyecto de investigación: Semillero investigación ESPRO

⁴⁷ Psicóloga Especialista en Comunicación Organizacional. M.Sc. En E-learning, Asesora Metodológica Escuela de Policía en Protección y Servicios especial Sargento Mayor Luis Alberto Torres Huertas.

⁴⁸ Psicólogo, Universidad Abierta y a Distancia, Especialización Técnica Profesional en estudios de Nivel de Riesgo, DIEPO, Jege Grupo Investigación, Innovación y Tecnología, Escuela de Policía en protección y Servicios Especiales

⁴⁹ Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES. www.rediees.org

RIESGOS Y DESAFÍOS EN LA PROTECCIÓN DIGITAL DE LA NIÑEZ Y ADOLESCENCIA EN COLOMBIA: UN ANÁLISIS DE CIBERSEGURIDAD FRENTE A DELITOS SEXUALES EN ENTORNOS VIRTUALES⁵⁰

Andrea María Duarte Sierra⁵¹, Jhon Alexander Cárdenas Bueno⁵²

RESUMEN

Este artículo examina la problemática de los delitos sexuales contra menores de edad en entornos digitales en Colombia, analizando la evolución de los marcos normativos, las respuestas institucionales y los desafíos que enfrentan las autoridades para combatir estas modalidades delictivas. Mediante una revisión de literatura especializada y datos oficiales, se identifican las principales manifestaciones de ciberviolencia sexual contra niños, niñas y adolescentes, destacando fenómenos como el grooming, la pornografía infantil y la explotación sexual comercial facilitados por medios digitales. Los hallazgos evidencian que, a pesar de avances significativos en materia legislativa y operativa, persisten brechas importantes en la implementación de mecanismos efectivos de prevención, detección y respuesta. Se concluye que es necesario fortalecer la articulación interinstitucional, mejorar las capacidades técnicas de los operadores judiciales y desarrollar estrategias educativas que involucren a la comunidad para contrarrestar el incremento de estos ciberdelitos, especialmente en el contexto de la expansión acelerada del uso de tecnologías digitales tras la pandemia por COVID-19. El estudio realiza un aporte significativo al campo de la ciberseguridad en Colombia al proponer un enfoque multidimensional que integra aspectos jurídicos, tecnológicos, educativos y sociales para la protección integral de la niñez y adolescencia en entornos digitales.

⁵⁰ Derivado del proyecto de investigación: Semillero investigación ESPRO

⁵¹ Psicóloga Especialista en Comunicación Organizacional. M.Sc. En E-learning, Asesora Metodológica Escuela de Policía en Protección y Servicios especial Sargento Mayor Luis Alberto Torres Huertas.

⁵² Psicólogo, Universidad Abierta y a Distancia, Especialización Técnica Profesional en estudios de Nivel de Riesgo, DIEPO, Jege Grupo Investigación, Innovación y Tecnología, Escuela de Policía en protección y Servicios Especiales

ABSTRACT

This article examines the issue of sexual crimes against minors in digital environments in Colombia, analyzing the evolution of legal frameworks, institutional responses, and the challenges faced by authorities in addressing these criminal modalities. Through a review of specialized literature and official data, the study identifies the main forms of online sexual violence targeting children and adolescents, highlighting phenomena such as grooming, child pornography, and commercial sexual exploitation facilitated by digital means. The findings reveal that, despite significant advances in legislation and operational efforts, substantial gaps remain in the implementation of effective mechanisms for prevention, detection, and response. The article concludes that it is essential to strengthen inter-institutional coordination, enhance the technical capacities of judicial operators, and develop educational strategies involving community engagement to curb the rise of these cybercrimes—especially in the context of the accelerated expansion of digital technologies following the COVID-19 pandemic. This study makes a significant contribution to the field of cybersecurity in Colombia by proposing a multidimensional approach that integrates legal, technological, educational, and social components for the comprehensive protection of children and adolescents in digital settings.

PALABRAS CLAVE: ciberseguridad, delitos sexuales, menores de edad, entornos digitales, Colombia, grooming, pornografía infantil, explotación sexual, política criminal, protección integral.

Keywords: Cybersecurity, sexual offenses, minors, digital environments, Colombia, grooming, child pornography, commercial sexual exploitation, criminal policy, comprehensive protection.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo acelerado de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) ha transformado profundamente las dinámicas sociales, educativas y laborales en Colombia. La pandemia generada por la COVID-19 intensificó esta digitalización, incrementando la conectividad y el uso de dispositivos tecnológicos en todos los segmentos poblacionales, incluidos los niños, niñas y adolescentes (Paredes-Chacín et al., 2020). Si bien esta revolución digital ha traído consigo numerosos beneficios, también ha generado escenarios de riesgo, particularmente para los menores de edad, quienes se han visto expuestos a diversas formas de violencia en entornos virtuales.

La creciente preocupación por la seguridad de los menores en el ciberespacio ha sido reconocida como una prioridad global. La Organización de las Naciones Unidas ha instado a los países a implementar "medidas contundentes para proteger a los niños de la violencia en internet" (ONU, 2021), destacando la vulnerabilidad particular de esta población frente a delitos como la pornografía infantil, el grooming y otras formas de explotación sexual facilitadas por medios tecnológicos.

En Colombia, diversas instituciones han documentado un incremento preocupante en los ciberdelitos contra menores. El Centro Cibernético Policial (2023) señala en su informe anual que los incidentes digitales que afectan a niños, niñas y adolescentes han mostrado un aumento sostenido en los últimos años, situación que se agravó durante el confinamiento obligatorio por la pandemia. Aponte (2021) señala que el uso generalizado de las TIC durante este periodo estuvo acompañado de un incremento en los casos de pornografía infantil y otras formas de violencia sexual digital.

El Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026: "Colombia, Potencia Mundial de la Vida" (Departamento Nacional de Planeación, 2023) reconoce la importancia de fortalecer la ciberseguridad como componente fundamental para el desarrollo digital del país, estableciendo como prioridad la protección de poblaciones vulnerables, particularmente la niñez y adolescencia. Asimismo, la modernización del sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, impulsada por la Ley 1978 de 2019, plantea la necesidad

de desarrollar estrategias que garanticen un entorno digital seguro y confiable para todos los colombianos.

En este contexto, el presente artículo busca analizar la situación actual de los delitos sexuales contra menores en entornos digitales en Colombia, examinando los marcos normativos existentes, las respuestas institucionales y los desafíos que enfrentan las autoridades para combatir estas modalidades delictivas. Asimismo, se propone identificar estrategias y recomendaciones para fortalecer los mecanismos de protección de la niñez y adolescencia en el ciberespacio.

La relevancia de esta investigación radica en la necesidad de comprender de manera integral un fenómeno complejo que entrelaza aspectos jurídicos, tecnológicos, educativos y sociales. Solo a partir de un conocimiento profundo de estas dinámicas será posible diseñar e implementar políticas públicas efectivas que garanticen entornos digitales seguros para niños, niñas y adolescentes, contribuyendo así al ejercicio pleno de sus derechos en la era digital.

MARCO TEÓRICO

Delitos sexuales contra menores en entornos digitales

La literatura especializada ha identificado diversas tipologías de delitos sexuales contra menores que se cometen o facilitan mediante el uso de tecnologías digitales. Tirado Acero y Cáceres Tovar (2021) destacan principalmente el grooming, la pornografía infantil y la explotación sexual comercial de niños, niñas y adolescentes (ESCNNA) mediada por entornos virtuales.

Grooming: proceso y fases

El grooming ha sido definido como el conjunto de estrategias que una persona adulta desarrolla para ganarse la confianza de un menor a través de internet con el fin último de obtener concesiones de índole sexual (Martínez Rivera, 2022). Este proceso generalmente inicia con una fase de acercamiento en la que el adulto crea un perfil falso para establecer

contacto con el menor, seguida por una fase de engaño y manipulación emocional que culmina en chantaje o extorsión para obtener material sexual o concertar encuentros físicos.

Martínez Rivera (2022) identifica cuatro fases características del grooming:

1. **Fase de amistad:** El adulto establece contacto con el menor a través de redes sociales, juegos en línea u otras plataformas digitales, presentándose generalmente con una identidad falsa, frecuentemente haciéndose pasar por otro menor o un joven ligeramente mayor que la víctima.
2. **Fase de relación:** Se construye un vínculo de confianza mediante conversaciones regulares, interés aparente en las actividades y problemas del menor, y en ocasiones el envío de pequeños obsequios virtuales o reales.
3. **Fase de valoración de riesgo:** El acosador evalúa el entorno del menor, indagando sobre la supervisión parental, los horarios familiares y la posibilidad de encuentros físicos, además de valorar la disponibilidad de la víctima para compartir material íntimo.
4. **Fase de exclusividad:** Se establece una relación "especial" que debe mantenerse en secreto, aislando progresivamente al menor de su entorno social y familiar, para finalmente realizar solicitudes explícitas de contenido sexual o proponer encuentros presenciales.

Esta caracterización resulta fundamental para comprender la complejidad del fenómeno y desarrollar estrategias preventivas adecuadas, pues como señala Jiménez (2023), "el grooming no es un hecho aislado sino un proceso sistemático que aprovecha vulnerabilidades psicológicas y sociales de los menores" (p. 19).

Pornografía infantil en la era digital

Respecto a la pornografía infantil, Aponte (2021) señala que esta modalidad delictiva ha experimentado un incremento significativo con el uso generalizado de las TIC, facilitando la producción, distribución y consumo de material que sexualiza a menores de edad. Este fenómeno se ha visto amplificado por las posibilidades que ofrecen las plataformas digitales

para el intercambio anónimo de contenidos y la existencia de redes organizadas que operan en la llamada "internet profunda".

El autor identifica tres factores que han contribuido a la expansión de este fenómeno en Colombia durante la pandemia:

1. El incremento del tiempo que niños, niñas y adolescentes pasan conectados a internet sin supervisión adecuada.
2. La precarización económica de muchas familias, que ha llevado en algunos casos a la explotación sexual de menores como fuente de ingresos.
3. El perfeccionamiento de redes criminales dedicadas a la captación de víctimas y distribución de material pornográfico infantil.

Según Jiménez González, los contenidos pornográficos que involucran a menores de edad se clasifican en distintas categorías según su gravedad y características, lo que complica su detección y bloqueo mediante herramientas tecnológicas. El autor señala que los controles de ciberseguridad tradicionales suelen ser insuficientes para identificar material pornográfico infantil que ha sido modificado digitalmente o que circula en redes encriptadas.

Explotación sexual comercial en entornos virtuales

Por su parte, la ESCNNA mediada por entornos virtuales constituye una forma de explotación que utiliza las TIC como medio de contacto, promoción y comercialización de menores con fines sexuales. Ramírez y Gamboa (2023) identifican factores que contribuyen a la normalización de este fenómeno en Colombia, destacando aspectos socioeconómicos, la persistencia de imaginarios culturales que cosifican a niños y adolescentes, y la insuficiencia de controles efectivos en plataformas digitales.

Los autores desarrollan una taxonomía de las modalidades de ESCNNA en entornos virtuales:

1. **Transmisiones en vivo:** Exposición de actos sexuales o eróticos que involucran a menores mediante plataformas de streaming.

2. **Producción coercitiva de contenido:** Elaboración forzada de imágenes o videos de contenido sexual por parte del propio menor para ser comercializados.
3. **Explotación facilitada por aplicaciones:** Utilización de plataformas digitales para contactar y ofrecer servicios sexuales de menores.
4. **Turismo sexual virtual:** Transmisión en tiempo real de actos sexuales con menores para consumidores ubicados en otros países.

Esta tipología evidencia la complejidad del fenómeno y la necesidad de desarrollar respuestas específicas para cada modalidad, considerando sus particularidades técnicas, jurídicas y sociales.

Marco normativo y político-criminal en Colombia

Colombia ha desarrollado un marco normativo que busca responder a los desafíos que plantean los delitos informáticos, incluyendo aquellos que afectan a menores de edad. Mejía-Lobo et al. (2023) analizan la evolución de la legislación colombiana en materia de ciberdelitos, destacando la Ley 1273 de 2009 (que tipifica varios delitos informáticos) y la Ley 1336 de 2009 (orientada a combatir la pornografía infantil). El país también es signatario del Convenio de Budapest, principal instrumento internacional sobre ciberdelincuencia.

Evolución legislativa en materia de ciberdelitos

La normativa colombiana ha experimentado una evolución significativa en materia de ciberdelincuencia, particularmente en lo referente a la protección de menores. Mejía-Lobo et al. (2023) identifican tres etapas principales en este desarrollo legislativo:

1. **Primera etapa (2000-2008):** Caracterizada por una regulación incipiente y fragmentada, con disposiciones dispersas en diversos instrumentos normativos como el Código Penal y la Ley 679 de 2001 (Estatuto para prevenir y contrarrestar la explotación, la pornografía y el turismo sexual con menores).
2. **Segunda etapa (2009-2017):** Marcada por la promulgación de la Ley 1273 de 2009, que introdujo un nuevo título en el Código Penal denominado "De la protección de la información y de los datos", tipificando por primera vez de manera

sistemática diversos delitos informáticos. En esta etapa también se destaca la Ley 1336 de 2009, que fortaleció la legislación contra la pornografía infantil, y la adhesión de Colombia al Convenio de Budapest en 2013.

3. **Tercera etapa (2018-actualidad):** Se caracteriza por el perfeccionamiento y actualización del marco normativo, con la incorporación de nuevas conductas delictivas surgidas de la evolución tecnológica. En este periodo se promulgaron las Leyes 1978 de 2019 (modernización del sector TIC), 2108 de 2021 (internet como servicio público esencial) y 2197 de 2022 (fortalecimiento de la seguridad ciudadana), que incluyen disposiciones relacionadas con la protección digital de menores.

Los autores señalan que, si bien este desarrollo normativo representa un avance significativo, persisten desafíos importantes en la armonización legislativa y en la capacidad del ordenamiento jurídico para adaptarse a la rápida evolución de las tecnologías y las modalidades delictivas.

Tipificación específica de delitos contra menores en entornos digitales

Específicamente en lo relativo a la protección de menores, Peñuela Jiménez (2023) examina el marco jurídico colombiano, señalando que el ordenamiento nacional ha avanzado en la tipificación de conductas como el grooming y la pornografía infantil, aunque persisten desafíos importantes en su aplicación efectiva.

El autor destaca que el Código Penal colombiano ha incorporado progresivamente tipos penales relacionados con los delitos sexuales contra menores en entornos digitales:

- **Artículo 218:** Pornografía con personas menores de 18 años, que incluye la producción, divulgación y posesión de material pornográfico que involucre a menores de edad.
- **Artículo 219A:** Utilización o facilitación de medios de comunicación para ofrecer actividades sexuales con personas menores de 18 años, que tipifica conductas relacionadas con el uso de tecnologías de la información para contactar a menores con fines sexuales (grooming).

- **Artículo 219B:** Omisión de denuncia, que establece la obligación de reportar a las autoridades situaciones de explotación sexual comercial de menores de edad.

Peñuela Jiménez (2023) señala además que, a diferencia de otros países de la región, Colombia no cuenta con una ley específica sobre grooming, sino que esta conducta se encuentra subsumida en tipos penales más generales. El autor argumenta que esta ausencia de tipificación específica puede dificultar la persecución y sanción adecuada de estas conductas, pues los operadores judiciales frecuentemente enfrentan dificultades para encuadrar las acciones de los agresores en los tipos penales existentes.

Desafíos en la implementación de la política criminal

Tirado Acero y Cáceres Tovar (2021) analizan la política criminal colombiana frente al ciberdelito sexual contra menores, identificando que, si bien existe un marco normativo robusto, existen limitaciones significativas en su implementación. Los autores señalan deficiencias en la capacitación de operadores judiciales, restricciones presupuestales y dificultades técnicas para la investigación y judicialización de estas conductas.

Entre los principales desafíos identificados por los autores se encuentran:

1. **Subregistro de casos:** Un porcentaje significativo de ciberdelitos sexuales contra menores no son denunciados debido a factores como el desconocimiento, la normalización de ciertas conductas, el temor a la estigmatización y la desconfianza en las instituciones.
2. **Capacitación insuficiente:** Los operadores judiciales (fiscales, jueces, investigadores) frecuentemente carecen de la formación técnica y jurídica necesaria para abordar adecuadamente estos casos.
3. **Limitaciones probatorias:** La volatilidad de la evidencia digital, las dificultades para acceder a información alojada en servidores internacionales y la complejidad técnica de algunas modalidades delictivas dificultan la construcción de casos sólidos.
4. **Coordinación interinstitucional deficiente:** La multiplicidad de entidades involucradas en la protección de menores frente a ciberdelitos (Fiscalía,

ICBF, Policía Nacional, MinTIC, entre otras) genera en ocasiones duplicación de esfuerzos o vacíos en la atención.

5. **Recursos insuficientes:** Las unidades especializadas en ciberdelincuencia cuentan con recursos humanos, técnicos y financieros limitados frente a la magnitud y complejidad del fenómeno.

Estos desafíos, señalan los autores, conducen a niveles significativos de impunidad que perpetúan ciclos de victimización y debilitan la confianza ciudadana en las instituciones encargadas de la protección de menores.

Perspectivas sobre prevención y educación en ciberseguridad

La literatura reciente enfatiza la importancia de las estrategias preventivas y educativas como componente fundamental para la protección de menores en entornos digitales. Astorga-Aguilar y Schmidt-Fonseca (2019) destacan la necesidad de educar a padres, madres y docentes sobre los peligros de las redes sociales y otros espacios digitales, proporcionándoles herramientas para acompañar adecuadamente a los menores en su interacción con estas tecnologías.

Educación familiar y escolar en ciberseguridad

Astorga-Aguilar y Schmidt-Fonseca (2019) desarrollan un análisis detallado sobre la importancia de la educación en ciberseguridad desde el ámbito familiar y escolar. Los autores argumentan que, si bien los menores contemporáneos son "nativos digitales" con habilidades técnicas avanzadas para el manejo de dispositivos y plataformas, frecuentemente carecen de competencias críticas para identificar riesgos y adoptar comportamientos seguros en entornos virtuales.

El estudio identifica cinco componentes esenciales que deben integrarse en los procesos educativos relacionados con la ciberseguridad:

1. **Alfabetización digital crítica:** Desarrollar no solo habilidades técnicas, sino capacidades para evaluar críticamente contenidos, fuentes y solicitudes en entornos digitales.
2. **Gestión de la privacidad:** Formación sobre la configuración adecuada de perfiles en redes sociales, la protección de datos personales y la comprensión de los alcances de la huella digital.
3. **Reconocimiento de señales de alerta:** Capacidad para identificar comportamientos sospechosos en interacciones virtuales, como solicitudes de información personal, invitaciones a comunicaciones privadas o peticiones de contenido íntimo.
4. **Comunicación abierta:** Fomento de canales de diálogo entre menores y adultos responsables que permitan abordar situaciones de riesgo sin temor a sanciones o estigmatización.
5. **Uso responsable y balanceado:** Promoción de hábitos saludables en el uso de tecnologías, estableciendo límites adecuados y fomentando actividades diversificadas.

Los autores enfatizan la importancia de la colaboración entre familias e instituciones educativas, señalando que "la protección efectiva de los menores en entornos digitales requiere un enfoque coordinado que involucre a todos los actores del proceso formativo" (Astorga-Aguilar & Schmidt-Fonseca, 2019, p. 346).

Estrategias lúdicas para la prevención

Vargas Montoya y Usma Guzmán (2024) proponen la gamificación como estrategia preventiva de ciberseguridad para fenómenos como el sexting y el grooming, argumentando que las metodologías lúdicas pueden ser más efectivas para sensibilizar a la población infantil y adolescente sobre los riesgos en línea.

Los autores desarrollan un marco conceptual para la implementación de estrategias de gamificación en programas de prevención de ciberdelitos sexuales, que incluye:

1. **Elementos motivacionales:** Incorporación de sistemas de puntos, insignias, niveles y recompensas que incentiven el aprendizaje de comportamientos seguros en entornos digitales.
2. **Narrativas inmersivas:** Desarrollo de historias y escenarios que contextualicen los riesgos y permitan a los menores identificar situaciones potencialmente peligrosas.
3. **Simulación de interacciones:** Recreación controlada de situaciones de riesgo que permitan a los menores practicar respuestas adecuadas frente a intentos de grooming o solicitudes de sexting.
4. **Retroalimentación inmediata:** Sistemas que proporcionen información inmediata sobre las consecuencias de las decisiones tomadas en entornos virtuales.
5. **Progresión adaptativa:** Adecuación de contenidos y desafíos según la edad, contexto y nivel de comprensión de los participantes.

El estudio presenta resultados preliminares de la implementación de un prototipo de aplicación gamificada en instituciones educativas de Bogotá, evidenciando "mejoras significativas en la capacidad de los participantes para identificar estrategias de manipulación en entornos digitales y adoptar comportamientos preventivos" (Vargas Montoya & Usma Guzmán, 2024, p. 104).

Controles tecnológicos y supervisión

Por su parte, Jiménez González analiza los controles de ciberseguridad más utilizados para el bloqueo de contenido pornográfico en el ciberespacio, señalando la importancia de implementar mecanismos técnicos que limiten el acceso de menores a este tipo de materiales.

El autor clasifica los controles de ciberseguridad en tres categorías principales:

1. **Filtrado de contenido:** Software y aplicaciones que bloquean el acceso a sitios web con contenido inapropiado para menores, utilizando bases de datos predefinidas o algoritmos de análisis de contenido.

2. **Monitoreo de actividad:** Herramientas que permiten a padres y cuidadores supervisar las actividades en línea de los menores, incluyendo el historial de navegación, las interacciones en redes sociales y el tiempo de uso de dispositivos.

3. **Verificación de edad:** Mecanismos que restringen el acceso a determinados contenidos o plataformas mediante la verificación de la edad del usuario.

Jiménez González destaca que, si bien estas herramientas pueden ser útiles como primera línea de defensa, presentan limitaciones significativas:

- Los filtros de contenido frecuentemente generan falsos positivos (bloquean contenido educativo) o falsos negativos (permiten acceso a material inapropiado).
- Los métodos de verificación de edad suelen ser fácilmente eludibles por usuarios con conocimientos básicos.
- El monitoreo excesivo puede generar problemas de privacidad y deteriorar la confianza entre adultos y menores.

Por tanto, el autor argumenta que los controles tecnológicos deben ser considerados como un complemento, no un sustituto, de estrategias educativas y de acompañamiento adecuado por parte de adultos responsables.

Análisis de la situación actual en Colombia

Incidencia y características de los ciberdelitos sexuales contra menores

Los datos oficiales revelan un panorama preocupante respecto a la incidencia de ciberdelitos sexuales contra menores en Colombia. Según el Informe anual de incidentes digitales contra menores de edad elaborado por el Centro Cibernético Policial (2023), se registró un incremento significativo en los casos reportados entre 2022 y 2023, siendo la pornografía infantil y el grooming las modalidades predominantes.

Evolución cuantitativa del fenómeno

La Dirección de Investigación Criminal e INTERPOL (2023) reporta que los delitos sexuales en entornos virtuales representaron aproximadamente el 23% del total de ciberdelitos registrados en Colombia durante el período 2022-2023, evidenciando una tendencia al alza en comparación con años anteriores.

El informe señala que los ciberdelitos sexuales contra menores han mostrado un incremento sostenido desde 2019, con una aceleración significativa durante los períodos de confinamiento por la pandemia COVID-19. Esta tendencia coincide con lo señalado por Aponte (2021), quien documenta el aumento de casos de pornografía infantil asociado al uso generalizado de las TIC durante la pandemia.

En cuanto a la distribución geográfica, el informe de la Dirección de Investigación Criminal e INTERPOL (2023) identifica una mayor concentración de casos en centros urbanos, particularmente en Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla y Bucaramanga. Sin embargo, también se evidencia un incremento de denuncias en municipios intermedios y zonas rurales, lo que podría estar asociado tanto a la expansión de la conectividad como a mayores esfuerzos de sensibilización y denuncia.

Es importante señalar, como lo hace el Centro Cibernético Policial (2023), que estas cifras representan únicamente los casos que son efectivamente denunciados y registrados por las autoridades, estimándose que el subregistro podría ser significativo debido a factores como el desconocimiento de los canales de denuncia, el temor a la estigmatización y la naturalización de determinadas conductas abusivas.

Caracterización criminológica

Arrieta-Burgos et al. (2020) realizaron una caracterización criminológica de los delitos sexuales contra menores en Colombia, identificando patrones relevantes en el perfil de victimarios y víctimas. Los autores señalan que las niñas entre 12 y 16 años constituyen el grupo más vulnerable, mientras que los agresores suelen ser mayoritariamente hombres adultos con conocimientos intermedios o avanzados en el uso de tecnologías.

El estudio identifica los principales perfiles de victimarios en casos de ciberdelitos sexuales contra menores:

1. **Oportunista:** Individuos que aprovechan circunstancias favorables para establecer contacto con menores, sin una planificación elaborada ni patrones sistemáticos de conducta.
2. **Preferencial:** Personas con una preferencia sexual específica por menores de edad, que utilizan entornos digitales como medio para acceder a víctimas potenciales.
3. **Productor/distribuidor:** Sujetos involucrados en redes organizadas dedicadas a la producción y comercialización de material pornográfico infantil, con motivaciones primordialmente económicas.
4. **Consumidor:** Individuos que adquieren o acceden a material pornográfico infantil sin involucrarse directamente en su producción.

Respecto a las víctimas, el estudio establece una sobrerrepresentación de niñas, con una edad promedio entre 12 y 14 años. Los autores identifican factores de vulnerabilidad recurrentes como la supervisión parental limitada, la baja autoestima, problemas familiares y la búsqueda de aprobación y afecto en entornos virtuales.

Arrieta-Burgos et al. (2020) señalan, además, que los escenarios de captación más frecuentes son plataformas de redes sociales, aplicaciones de mensajería instantánea, videojuegos en línea y foros o comunidades virtuales. Esta diversificación de espacios de riesgo dificulta la implementación de estrategias preventivas y de control, pues requiere abordajes específicos para cada entorno.

Impacto psicosocial y dinámicas de victimización

Respecto a las dinámicas de victimización, Botero (2020) analiza los factores que contribuyen a la impunidad e invisibilidad del abuso sexual infantil, destacando que en los entornos digitales estas problemáticas se acentúan debido a las dificultades para la detección temprana y el seguimiento de los casos.

El autor identifica mecanismos que contribuyen a la invisibilización del abuso sexual en entornos digitales:

1. **Naturalización:** Normalización de determinadas conductas intrusivas o manipulativas en entornos virtuales, que son percibidas como parte del funcionamiento habitual de las plataformas.
2. **Desconocimiento:** Falta de información por parte de menores, cuidadores y educadores sobre las manifestaciones y riesgos de la violencia sexual en entornos digitales.
3. **Culpabilización de la víctima:** Tendencia a responsabilizar a los menores por su exposición a situaciones de riesgo, ignorando las dinámicas de poder y manipulación ejercidas por los agresores.
4. **Temor a la estigmatización:** Miedo de las víctimas a ser juzgadas o rechazadas por sus pares, familia o comunidad al revelar situaciones de abuso.
5. **Complejidad probatoria:** Dificultades para documentar y demostrar judicialmente los abusos cometidos en entornos digitales, lo que incrementa la percepción de impunidad.

Botero (2020) señala que el impacto psicosocial de los ciberdelitos sexuales en las víctimas incluye manifestaciones como trastornos de ansiedad, depresión, aislamiento social, comportamientos autolesivos, dificultades académicas y problemas en el establecimiento de relaciones interpersonales saludables. El autor destaca que la persistencia del material abusivo en entornos digitales genera una "victimización continuada" que agrava el trauma y complica los procesos de recuperación.

Respuestas institucionales y operativas

Las instituciones colombianas han desarrollado diversas estrategias para enfrentar los ciberdelitos contra menores. En esta sección se analizan las principales iniciativas implementadas por entidades como el Centro Cibernético Policial, el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) y el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC).

Iniciativas policiales y de investigación criminal

El Centro Cibernético Policial (2023) ha enfocado sus esfuerzos en la prevención, detección y judicialización de ciberdelitos contra menores. El informe anual de esta entidad destaca la implementación de programas orientados a proporcionar información sobre prácticas seguras en entornos digitales, dirigidos tanto a menores como a padres, madres y educadores.

De acuerdo con la Dirección de Investigación Criminal e INTERPOL (2023), se han fortalecido las unidades especializadas en la investigación de ciberdelitos sexuales contra menores, con énfasis en la capacitación técnica del personal, la adquisición de herramientas forenses avanzadas y el establecimiento de protocolos de actuación específicos para estas modalidades delictivas.

Un aspecto destacado por el informe es el incremento en la cooperación internacional, particularmente a través de proyectos que han permitido la articulación con agencias de otros países para el desmantelamiento de redes transnacionales dedicadas a la explotación sexual de menores. Jiménez y Castillo (2024) analizan específicamente la cooperación internacional policial ante amenazas cibernéticas en Colombia, destacando avances significativos, pero también identificando retos persistentes en términos de armonización legislativa, intercambio de información y tiempos de respuesta.

El Centro Cibernético Policial (2023) reporta la implementación de mecanismos de denuncia más accesibles, como la línea virtual de denuncias y la aplicación móvil "ADenunciar", que han contribuido a facilitar el reporte de ciberdelitos contra menores. Sin embargo, el informe también señala la necesidad de fortalecer la difusión de estos canales, especialmente en zonas rurales y poblaciones con menor acceso a servicios digitales.

Programas de protección y prevención desde el ICBF

El Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) ha implementado diversas iniciativas orientadas a la protección de niños, niñas y adolescentes en entornos digitales. Según lo documentado por el ICBF (2021), la entidad ha desarrollado campañas como

"Actuemos juntos para proteger a niñas, niños y adolescentes en los entornos digitales", promoviendo la sensibilización sobre los riesgos en internet y fomentando prácticas de supervisión parental adecuadas.

El ICBF también ha establecido rutas de atención especializada para víctimas de violencia sexual en entornos digitales, que incluyen apoyo psicosocial, asesoría jurídica y medidas de protección. De acuerdo con la información institucional, estas rutas buscan articular la respuesta de diversas entidades para garantizar una atención integral a las víctimas y sus familias.

Un componente relevante de la estrategia del ICBF ha sido la formación de agentes comunitarios que actúan como multiplicadores de información sobre uso seguro de internet. Esta estrategia busca llegar a comunidades donde el acceso a servicios institucionales es limitado, fortaleciendo las capacidades locales para la protección de menores frente a riesgos digitales.

Políticas ministeriales y articulación interinstitucional

El Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (2024) ha sellado recientemente una alianza con la Policía Nacional para enfrentar todas las modalidades de cibercrimen, incluyendo aquellas que afectan a menores de edad. Esta iniciativa busca fortalecer las capacidades técnicas y operativas de las autoridades para la prevención, detección y judicialización de estos delitos.

El Plan de tratamiento de riesgos de seguridad y privacidad de la información (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2023) establece directrices para la protección de datos sensibles, incluyendo aquellos relacionados con niños, niñas y adolescentes. Este documento técnico proporciona lineamientos para entidades públicas y privadas sobre la implementación de controles de ciberseguridad adecuados.

El Ministerio del Interior (2023) ha desarrollado un instructivo de ciberseguridad para entidades territoriales, que incluye recomendaciones específicas sobre la protección de menores en entornos digitales. Este documento busca fortalecer las capacidades de municipios

y departamentos para implementar estrategias locales de prevención y respuesta frente a ciberdelitos contra niños, niñas y adolescentes.

A nivel normativo, la Ley 2197 de 2022 introdujo disposiciones tendientes al fortalecimiento de la seguridad ciudadana, incluyendo algunas medidas específicas relacionadas con la protección de menores en entornos digitales (Congreso de Colombia, 2022). Esta norma busca fortalecer la respuesta institucional frente a diversas modalidades delictivas, incluyendo aquellas facilitadas por medios tecnológicos.

Desafíos actuales en la protección digital de menores

A pesar de los avances mencionados, persisten desafíos significativos en la protección de menores frente a delitos sexuales en entornos digitales. Gaspar-Santos et al. (2022) identifican tres áreas problemáticas principales: (1) la transnacionalidad de estas conductas, que dificulta su investigación y judicialización; (2) la falta de coordinación interinstitucional; y (3) las limitaciones técnicas y presupuestales de las entidades responsables.

Retos en la investigación y judicialización

Jiménez y Castillo (2024) analizan la cooperación internacional policial ante amenazas cibernéticas en Colombia, señalando que, si bien existen mecanismos de colaboración, estos resultan insuficientes frente a la complejidad y sofisticación creciente de las redes dedicadas a la explotación sexual de menores en entornos virtuales.

Los autores identifican las siguientes problemáticas en materia de investigación y judicialización:

1. **Jurisdicción difusa:** Las plataformas y servidores donde se cometen los delitos suelen estar ubicados en países diferentes a aquellos donde se encuentran víctimas y victimarios, generando conflictos de competencia jurisdiccional.
2. **Retos probatorios:** La volatilidad de la evidencia digital, los mecanismos de anonimización utilizados por los criminales y las dificultades para acceder a datos alojados en servidores internacionales complican la construcción de casos sólidos.

3. **Tiempos de respuesta:** Los procedimientos formales de cooperación internacional suelen ser lentos en comparación con la rapidez con que operan las redes criminales y se diseminan los contenidos ilícitos.

4. **Diversidad de marcos normativos:** Las diferencias en las legislaciones nacionales generan vacíos que son aprovechados por las redes criminales, particularmente en lo relativo a la definición de delitos como el grooming o la posesión de material pornográfico infantil.

Tirado Acero y Cáceres Tovar (2021) complementan este análisis señalando que, a nivel nacional, también existen limitaciones significativas en la capacidad de respuesta institucional. Los autores identifican problemas como la insuficiente formación especializada de operadores judiciales, la sobrecarga de trabajo en unidades de investigación de ciberdelitos y las deficiencias en la aplicación de protocolos de atención a víctimas.

Limitaciones en capacidades técnicas y recursos

Acevedo y Guisado (2024) realizan una revisión del estado actual de la ciberseguridad en Colombia, identificando brechas importantes en materia de prevención, detección y respuesta a incidentes que afectan a poblaciones vulnerables, particularmente menores de edad. Los autores destacan que las zonas rurales presentan mayores vulnerabilidades debido a la limitada alfabetización digital y la escasez de recursos técnicos.

El estudio señala que, si bien Colombia ha avanzado en el desarrollo de capacidades técnicas para la ciberseguridad, persisten limitaciones significativas:

1. **Insuficiencia de personal especializado:** Las entidades encargadas de la investigación y persecución de ciberdelitos contra menores cuentan con equipos reducidos frente a la magnitud del fenómeno.

2. **Obsolescencia tecnológica:** Algunas herramientas utilizadas para la detección y análisis de material pornográfico infantil o para el rastreo de comunicaciones ilícitas han quedado rezagadas frente a la evolución de las técnicas utilizadas por los criminales.

3. **Distribución inequitativa de recursos:** Las capacidades técnicas tienden a concentrarse en grandes centros urbanos, dejando regiones enteras con cobertura limitada o nula.

4. **Restricciones presupuestales:** Los recortes presupuestarios y la priorización de otras áreas de seguridad limitan la inversión en tecnologías especializadas para combatir los ciberdelitos sexuales contra menores.

Estas limitaciones, señalan los autores, comprometen la efectividad de las acciones institucionales y generan brechas de protección que son aprovechadas por las redes criminales.

Desafíos educativos y de concientización

En este sentido, Alvarez-Quiroz y Blanquicett Romero (2015) examinan las percepciones de los docentes rurales sobre las TIC en sus prácticas pedagógicas, evidenciando que muchos de ellos carecen de las competencias necesarias para orientar adecuadamente a sus estudiantes sobre el uso seguro de las tecnologías digitales.

El estudio identifica importantes limitaciones en el ámbito educativo:

1. **Formación insuficiente:** Los docentes, especialmente en zonas rurales, no han recibido capacitación adecuada sobre riesgos digitales y estrategias de protección, lo que limita su capacidad para orientar a los estudiantes.

2. **Infraestructura deficiente:** Muchas instituciones educativas carecen de conectividad estable y equipamiento actualizado, dificultando la implementación de programas de alfabetización digital crítica.

3. **Brechas generacionales:** Existe una distancia significativa entre las prácticas digitales de niños, niñas y adolescentes y el conocimiento que tienen los adultos responsables sobre estas dinámicas.

4. **Ausencia de currículo específico:** Los programas educativos no incluyen de manera sistemática formación sobre ciberseguridad y prevención de riesgos digitales.

Astorga-Aguilar y Schmidt-Fonseca (2019) complementan este análisis señalando la necesidad de involucrar a las familias en los procesos educativos sobre ciberseguridad. Los autores identifican que muchos padres y madres desconocen los riesgos a los que se exponen sus hijos en entornos digitales o carecen de herramientas para establecer pautas de uso seguro y responsable de las tecnologías.

La brecha digital como factor de riesgo

Un aspecto crítico que emerge del análisis de la situación colombiana es la persistencia de brechas digitales que incrementan la vulnerabilidad de determinados grupos poblacionales. El Plan Nacional de Conectividad Rural 2023-2026 (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2024) reconoce las disparidades existentes entre zonas urbanas y rurales en términos de acceso a internet y alfabetización digital.

Acceso desigual a conectividad y tecnologías

La Ley 2108 de 2021, que establece internet como servicio público esencial y universal, representa un avance importante en la democratización del acceso a las TIC (Congreso de Colombia, 2021).

El Índice de Desempeño Digital en Colombia 2022-2023 (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2023) evidencia disparidades significativas en el acceso a tecnologías digitales:

1. **Concentración urbana:** Las principales ciudades presentan niveles de conectividad cercanos al 85%, mientras que en zonas rurales este porcentaje puede reducirse hasta el 20% en algunas regiones.
2. **Brecha socioeconómica:** El acceso a dispositivos y servicios digitales está fuertemente correlacionado con el nivel de ingresos de los hogares, generando exclusión de poblaciones vulnerables.
3. **Limitaciones de infraestructura:** Muchas regiones carecen de la infraestructura básica necesaria para el despliegue de servicios de internet de calidad, como torres de comunicación o tendido de fibra óptica.

4. **Asequibilidad:** Los costos de dispositivos y planes de internet representan una barrera significativa para familias de bajos ingresos, limitando las posibilidades de acceso y supervisión adecuada.

Estas disparidades no solo afectan el acceso a oportunidades educativas y laborales, sino que también inciden en la exposición a riesgos digitales y en las posibilidades de prevención y denuncia de situaciones abusivas.

Brechas en competencias digitales y ciberseguridad

Esta brecha digital no solo se refiere al acceso a la tecnología, sino también a las competencias necesarias para utilizarla de manera segura y responsable. Gutiérrez-Castillo et al. (2017) desarrollaron un instrumento de evaluación de la competencia digital del estudiante universitario, evidenciando la importancia de formar adecuadamente a los jóvenes en el uso crítico y seguro de las tecnologías.

El estudio identifica cinco dimensiones clave de la competencia digital:

1. **Alfabetización tecnológica:** Conocimientos y habilidades para utilizar dispositivos, aplicaciones y plataformas digitales.
2. **Búsqueda y tratamiento de la información:** Capacidad para acceder, evaluar críticamente y gestionar información en entornos digitales.
3. **Pensamiento crítico:** Habilidad para analizar críticamente contenidos y situaciones en espacios virtuales, identificando riesgos potenciales.
4. **Comunicación y colaboración:** Competencias para interactuar de manera segura y ética en entornos digitales.
5. **Ciudadanía digital:** Comprensión de derechos y responsabilidades en el uso de tecnologías, incluyendo aspectos relacionados con la privacidad, seguridad y bienestar digital.

Los autores señalan que estas competencias no se desarrollan de manera espontánea por el mero hecho de utilizar tecnologías, sino que requieren procesos formativos estructurados. La ausencia de estos procesos incrementa la vulnerabilidad frente a riesgos

como el grooming, la exposición a contenidos inapropiados o la participación involuntaria en la producción de material pornográfico.

Impacto en las zonas rurales y comunidades marginadas

En el contexto educativo, la Ley 2170 de 2021 dictó disposiciones frente al uso de herramientas tecnológicas en los establecimientos educativos (Congreso de Colombia, 2021). Sin embargo, su implementación efectiva requiere de recursos y capacitación que aún no llegan a todas las instituciones del país, especialmente aquellas ubicadas en zonas rurales o de difícil acceso.

Alvarez-Quiroz y Blanquicett Romero (2015) profundizan en esta problemática al analizar las percepciones de docentes rurales sobre las TIC. Su estudio revela que:

1. Las escuelas rurales frecuentemente carecen de conectividad estable y equipamiento adecuado, limitando las posibilidades de implementar programas de alfabetización digital crítica.
2. Los docentes rurales reportan una formación insuficiente en materia de TIC, con énfasis en aspectos instrumentales más que en competencias críticas y de ciberseguridad.
3. Existen percepciones ambivalentes sobre las tecnologías digitales, reconociendo su potencial educativo, pero también expresando preocupación por los riesgos a los que pueden exponer a los estudiantes.
4. La articulación con las familias para promover prácticas seguras en el uso de tecnologías es particularmente difícil en contextos rurales, donde los padres pueden tener menor familiaridad con entornos digitales.

Estas condiciones generan escenarios donde los menores acceden a tecnologías digitales sin acompañamiento adecuado ni formación sobre riesgos potenciales, incrementando su vulnerabilidad frente a prácticas como el grooming o la exposición a contenidos inapropiados.

Gamificación como estrategia educativa

Vargas Montoya y Usma Guzmán (2024) profundizan en el uso de la gamificación como estrategia preventiva, argumentando que los métodos lúdicos permiten transmitir mensajes de prevención de manera más efectiva a niños, niñas y adolescentes. Su propuesta integra elementos de juego para educar sobre los riesgos del sexting y el grooming, dos de las problemáticas más prevalentes en el contexto colombiano.

La estrategia de gamificación desarrollada por los autores incluye:

1. **Escenarios simulados:** Recreación de situaciones potencialmente riesgosas en entornos virtuales controlados, donde los participantes pueden practicar respuestas adecuadas.
2. **Sistema de progresión:** Estructura de niveles que introduce gradualmente conceptos y desafíos más complejos, adaptándose a diferentes edades y contextos.
3. **Narrativas inmersivas:** Historias que contextualizan los riesgos y permiten a los participantes identificarse con personajes que enfrentan situaciones similares a las que podrían experimentar en la vida real.
4. **Retroalimentación inmediata:** Respuestas directas que refuerzan comportamientos seguros y corrigen prácticas riesgosas.
5. **Componente social:** Posibilidad de competir o colaborar con pares, fomentando el aprendizaje colectivo y la normalización de conversaciones sobre riesgos digitales.

Los resultados preliminares reportados por los autores indican que esta estrategia resulta particularmente efectiva para grupos de adolescentes, quienes muestran mayor resistencia a formatos educativos tradicionales, pero responden positivamente a aproximaciones lúdicas y participativas.

Enfoque de género en las estrategias de prevención

La perspectiva de género también emerge como un componente fundamental en las estrategias de prevención. Gómez (2023) analiza la ciberviolencia basada en género contra la mujer en Colombia, destacando que las niñas y adolescentes enfrentan formas específicas de victimización en entornos digitales, las cuales requieren abordajes diferenciados.

La autora identifica formas particulares de ciberviolencia que afectan desproporcionadamente a niñas y adolescentes:

1. **Acoso sexual digital:** Solicitudes persistentes de contenido íntimo, comentarios sexualizados y amenazas de connotación sexual.
2. **Difusión no consentida de material íntimo:** Distribución maliciosa de imágenes o videos de carácter sexual obtenidos en contextos de confianza o mediante manipulación.
3. **Cibercontrol:** Vigilancia excesiva de actividades digitales, frecuentemente en el contexto de relaciones sentimentales abusivas.
4. **Sextorsión con componente de género:** Chantaje basado en la amenaza de difundir contenido íntimo, aprovechando estigmas sociales relacionados con la sexualidad femenina.

Frente a estas manifestaciones específicas, Gómez (2023) propone la incorporación del enfoque de género en las estrategias preventivas, incluyendo:

1. Formación específica sobre consentimiento digital y autonomía corporal.
2. Desnaturalización de prácticas de control y vigilancia en relaciones afectivas.
3. Abordaje crítico de estereotipos de género que normalizan la sexualización temprana de niñas y adolescentes.
4. Creación de espacios seguros para la denuncia que eviten la revictimización.

La autora argumenta que ignorar la dimensión de género en las estrategias preventivas limita significativamente su efectividad, pues no aborda factores estructurales que incrementan la vulnerabilidad de niñas y adolescentes frente a ciberdelitos sexuales.

Redefinición de la alfabetización digital

León-Restrepo et al. (2021) plantean la necesidad de redefinir los procesos de alfabetización digital, trascendiendo la formación instrumental para desarrollar competencias críticas que permitan a niños, niñas y adolescentes identificar riesgos y protegerse adecuadamente en entornos virtuales.

Los autores proponen un modelo integral de alfabetización digital que incluye:

1. **Dimensión técnica:** Habilidades para utilizar dispositivos, aplicaciones y plataformas.
2. **Dimensión informacional:** Capacidad para buscar, evaluar y gestionar información en entornos digitales.
3. **Dimensión comunicacional:** Competencias para interactuar de manera segura y ética en espacios virtuales.
4. **Dimensión crítico-reflexiva:** Habilidad para analizar críticamente contenidos, solicitudes e interacciones en entornos digitales, identificando posibles riesgos.
5. **Dimensión socioemocional:** Capacidad para gestionar emociones y presiones sociales en contextos digitales, desarrollando resiliencia frente a situaciones potencialmente manipulativas.

Este enfoque multidimensional, argumentan los autores, permite superar aproximaciones reduccionistas que concentran los esfuerzos en el acceso a tecnologías sin abordar adecuadamente los aspectos sociales, éticos y críticos del uso de medios digitales.

La ciberseguridad como prioridad nacional

Avances en el ecosistema de ciberseguridad colombiano

Acevedo y Guisado (2024) realizan una revisión del estado actual de la ciberseguridad en Colombia, analizando los avances y desafíos en la construcción de un ecosistema nacional de protección digital. Los autores señalan que el país ha experimentado progresos

significativos en términos de desarrollo normativo, fortalecimiento institucional y creación de capacidades técnicas.

Entre los avances destacados se encuentran:

1. **Marco normativo actualizado:** La promulgación de leyes como la 1978 de 2019 (modernización del sector TIC) y la 2197 de 2022 (fortalecimiento de la seguridad ciudadana) ha contribuido a actualizar el ordenamiento jurídico frente a nuevas realidades digitales.
2. **Estrategia nacional de ciberseguridad:** El desarrollo e implementación de políticas coordinadas a nivel nacional ha permitido articular esfuerzos y establecer prioridades claras en materia de protección digital.
3. **Fortalecimiento de capacidades técnicas:** La creación y consolidación de entidades como el Grupo de Respuesta a Emergencias Cibernéticas de Colombia (ColCERT) y el Centro Cibernético Policial ha incrementado las capacidades nacionales para enfrentar amenazas digitales.
4. **Cooperación internacional:** La adhesión a instrumentos como el Convenio de Budapest y la participación en iniciativas regionales e internacionales ha fortalecido la posición de Colombia en el escenario global de la ciberseguridad.

Sin embargo, los autores también identifican desafíos persistentes, particularmente en lo relativo a la protección de poblaciones vulnerables como los menores de edad. Entre estos desafíos señalan la insuficiencia de recursos especializados, las brechas de implementación entre diferentes regiones del país y la necesidad de actualización constante frente a la evolución de las amenazas.

Transformación digital en el contexto educativo

En el ámbito educativo, Paredes-Chacín et al. (2020) analizan la transición acelerada hacia el uso de tecnologías digitales provocada por la pandemia de COVID-19. Los autores documentan cómo las instituciones educativas debieron adaptarse rápidamente a modalidades virtuales sin contar, en muchos casos, con la preparación adecuada en términos de infraestructura, competencias digitales o protocolos de seguridad.

Este proceso de digitalización forzada generó diversos escenarios de riesgo:

1. **Incorporación acelerada de plataformas:** Muchas instituciones adoptaron herramientas digitales sin evaluar adecuadamente sus características de seguridad o políticas de protección de datos.
2. **Exposición prolongada a entornos digitales:** El incremento del tiempo que niños, niñas y adolescentes pasaban conectados amplió las ventanas de oportunidad para posibles agresores.
3. **Supervisión limitada:** Las dificultades económicas y laborales de muchas familias durante la pandemia redujeron las posibilidades de acompañamiento adecuado durante actividades educativas virtuales.
4. **Traslado de dinámicas de socialización a entornos digitales:** Las restricciones a la movilidad y el distanciamiento físico llevaron a que muchas interacciones sociales entre pares se trasladaran exclusivamente a espacios virtuales, algunos de ellos con escasos controles de seguridad.

Frente a esta realidad, los autores argumentan que la transformación digital del sector educativo debe incluir como componente fundamental la formación en ciberseguridad y la implementación de protocolos claros para la protección de menores en entornos virtuales.

Articulación público-privada para la protección digital

Barrios-Rubio y Gutiérrez-García (2017) analizan la reconfiguración de las dinámicas de la industria radiofónica colombiana en el ecosistema digital, identificando lecciones aplicables a otros sectores del ecosistema digital. Los autores destacan la importancia de la articulación entre actores públicos y privados para establecer entornos digitales seguros y confiables.

Esta articulación resulta particularmente relevante en el contexto de la protección de menores, pues las plataformas digitales más utilizadas por niños, niñas y adolescentes suelen ser desarrolladas y gestionadas por empresas privadas, mientras que la responsabilidad de protección recae principalmente en instituciones públicas.

Los autores identifican áreas clave para la colaboración público-privada:

1. **Desarrollo de estándares de seguridad:** Establecimiento conjunto de criterios mínimos que deben cumplir las plataformas utilizadas frecuentemente por menores.
2. **Sistemas de verificación de edad:** Implementación de mecanismos efectivos para restringir el acceso a contenidos inapropiados o peligrosos.
3. **Protocolos de respuesta a incidentes:** Definición de procedimientos claros para la detección, reporte y eliminación de contenidos abusivos o situaciones de riesgo.
4. **Campañas de sensibilización:** Esfuerzos coordinados para informar a usuarios, familias y educadores sobre prácticas seguras en entornos digitales.
5. **Investigación y desarrollo:** Inversión conjunta en el desarrollo de tecnologías orientadas a la protección de menores, como sistemas de detección automática de contenido inapropiado o herramientas de supervisión parental no intrusivas.

Esta articulación, argumentan los autores, permite aprovechar las capacidades técnicas y la agilidad del sector privado, complementándolas con la legitimidad, alcance y facultades regulatorias de las instituciones públicas.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El análisis realizado permite establecer que Colombia enfrenta desafíos significativos en la protección de niños, niñas y adolescentes frente a delitos sexuales en entornos digitales. Si bien el país ha avanzado en el desarrollo de marcos normativos y estrategias institucionales para abordar esta problemática, persisten brechas importantes en su implementación efectiva.

Los datos oficiales evidencian un incremento sostenido en los ciberdelitos sexuales contra menores, particularmente en modalidades como el grooming y la pornografía infantil. Esta tendencia se vio exacerbada durante la pandemia por COVID-19, que aceleró la digitalización de diversas actividades sin que se desarrollaran paralelamente mecanismos robustos de protección.

Entre los principales desafíos identificados se encuentran: (1) las limitaciones técnicas y presupuestales de las entidades responsables; (2) la insuficiente capacitación de operadores

judiciales, docentes y cuidadores; (3) la persistencia de brechas digitales que incrementan la vulnerabilidad de determinados grupos poblacionales; y (4) las dificultades para la investigación y judicialización efectiva de delitos que frecuentemente trascienden fronteras nacionales.

La literatura especializada propone diversas estrategias innovadoras para enfrentar estos desafíos, incluyendo el desarrollo de plataformas seguras específicamente diseñadas para menores, la implementación de metodologías lúdicas como la gamificación para la prevención, y la incorporación del enfoque de género en las estrategias de protección digital.

Asimismo, se evidencia la necesidad de redefinir los procesos de alfabetización digital, trascendiendo la formación meramente instrumental para desarrollar competencias críticas que permitan a niños, niñas y adolescentes identificar riesgos y protegerse adecuadamente en entornos virtuales. Esta alfabetización digital crítica debe implementarse no solo en espacios educativos formales, sino también en ámbitos familiares y comunitarios.

Un aspecto fundamental para avanzar en la protección digital de menores es el fortalecimiento de la articulación interinstitucional y la cooperación público-privada. Las plataformas digitales más utilizadas por niños, niñas y adolescentes suelen ser desarrolladas y gestionadas por empresas privadas, mientras que la responsabilidad de protección recae principalmente en instituciones públicas, lo que hace indispensable establecer mecanismos efectivos de colaboración.

Frente a este panorama, resulta imperativo fortalecer la articulación interinstitucional, mejorar las capacidades técnicas de los operadores judiciales y desarrollar estrategias educativas que involucren a toda la comunidad. Asimismo, es fundamental implementar enfoques diferenciales que consideren las particularidades de distintos contextos y poblaciones, con especial atención a zonas rurales y grupos históricamente marginados.

Las estrategias innovadoras como la gamificación y el desarrollo de plataformas seguras para menores representan alternativas prometedoras que merecen ser exploradas e implementadas a mayor escala. Igualmente, es crucial fortalecer los mecanismos de

cooperación internacional para enfrentar eficazmente redes criminales que operan más allá de las fronteras nacionales.

Finalmente, resulta indispensable promover una cultura de ciberseguridad que involucre activamente a niños, niñas y adolescentes como sujetos de derechos, reconociendo su agencia y fomentando su participación en el diseño e implementación de estrategias de protección. Solo mediante un abordaje integral, diferencial y participativo será posible garantizar entornos digitales seguros para la niñez y adolescencia colombiana.

Recomendaciones para el fortalecimiento de la protección digital de menores

A partir del análisis realizado, se proponen las siguientes recomendaciones orientadas a fortalecer la protección de niños, niñas y adolescentes frente a delitos sexuales en entornos digitales:

A nivel institucional y normativo

1. **Actualización legislativa:** Desarrollar una tipificación específica del grooming en la legislación colombiana, siguiendo las tendencias internacionales en la materia, con el fin de facilitar la investigación y judicialización de esta conducta.
2. **Fortalecimiento de unidades especializadas:** Incrementar los recursos humanos, técnicos y financieros destinados a las unidades de policía judicial especializadas en ciberdelitos contra menores, con énfasis en la formación continua y actualización tecnológica.
3. **Protocolos interinstitucionales:** Establecer rutas de atención claras y articuladas entre las diferentes entidades involucradas en la protección de menores (ICBF, Fiscalía, Policía Nacional, Ministerio de Educación, MinTIC), con responsabilidades definidas y mecanismos de seguimiento efectivos.
4. **Sistemas de información unificados:** Implementar plataformas que permitan el intercambio seguro de información entre instituciones, respetando la confidencialidad de las víctimas, pero facilitando la coordinación de acciones de prevención, atención y judicialización.
5. **Revisión de tratados internacionales:** Fortalecer la participación de Colombia en instrumentos internacionales especializados en la protección de menores en entornos

digitales, como el Protocolo Facultativo de la Convención sobre los Derechos del Niño relativo a la venta de niños, la prostitución infantil y la utilización de niños en la pornografía.

En el ámbito educativo y comunitario

1. **Formación docente especializada:** Desarrollar programas de capacitación para docentes en todos los niveles educativos sobre identificación de riesgos digitales, estrategias preventivas y protocolos de actuación frente a casos sospechosos de ciberdelitos sexuales.

2. **Incorporación curricular:** Integrar de manera transversal en el currículo escolar contenidos relacionados con ciudadanía digital, uso seguro de internet y prevención de riesgos en entornos virtuales, adaptados a las diferentes etapas de desarrollo de los estudiantes.

3. **Redes de protección comunitaria:** Fomentar la creación de redes locales que involucren a instituciones educativas, familias, organizaciones comunitarias y autoridades en la prevención y detección temprana de situaciones de riesgo digital para menores.

4. **Espacios seguros de denuncia:** Establecer mecanismos accesibles y confidenciales para que niños, niñas y adolescentes puedan reportar situaciones incómodas o abusivas en entornos digitales, con garantías de no revictimización y respuesta oportuna.

5. **Programas de alfabetización digital para familias:** Desarrollar iniciativas que fortalezcan las competencias digitales de padres, madres y cuidadores, con énfasis en estrategias de supervisión no intrusiva y comunicación abierta sobre riesgos en línea.

Para la reducción de brechas digitales

1. **Conectividad con seguridad:** Implementar el Plan Nacional de Conectividad Rural con componentes específicos de ciberseguridad y protección de menores, asegurando que la expansión del acceso a internet esté acompañada de mecanismos adecuados de protección.

2. **Centros comunitarios digitales seguros:** Establecer espacios en bibliotecas públicas, casas de la cultura y otros entornos comunitarios donde niños, niñas y adolescentes puedan acceder a internet con acompañamiento adecuado y controles de seguridad.

3. **Dispositivos con protección integrada:** Promover, mediante incentivos fiscales o regulatorios, que los dispositivos digitales comercializados en el país, especialmente aquellos destinados a menores, incorporen de fábrica controles parentales y mecanismos de navegación segura.

4. **Tarifas sociales seguras:** Fomentar que los proveedores de servicios de internet ofrezcan planes asequibles para poblaciones vulnerables que incluyan, como valor agregado, herramientas de control parental y filtrado de contenidos inapropiados.

5. **Programas de reciclaje tecnológico con seguridad:** Implementar iniciativas para la reutilización de dispositivos electrónicos en instituciones educativas y comunidades vulnerables, asegurando que sean configurados con parámetros adecuados de ciberseguridad.

En relación con el sector privado

1. **Estándares mínimos obligatorios:** Establecer, mediante regulación, requisitos de seguridad mínimos que deben cumplir las plataformas digitales utilizadas frecuentemente por menores de edad, incluyendo mecanismos efectivos de verificación de edad y detección de contenidos inapropiados.

2. **Responsabilidad extendida:** Implementar esquemas normativos que extiendan la responsabilidad de las empresas tecnológicas en la protección de datos personales de menores y en la prevención de delitos sexuales en sus plataformas.

3. **Alianzas para la innovación:** Fomentar la colaboración entre instituciones académicas, empresas tecnológicas y entidades públicas para el desarrollo de soluciones innovadoras orientadas a la protección de menores en entornos digitales.

4. **Certificaciones de seguridad digital:** Crear un sistema de certificación para aplicaciones, plataformas y servicios digitales que cumplan con estándares rigurosos de protección de menores, incentivando la adopción de buenas prácticas por parte de la industria.

5. **Transparencia algorítmica:** Exigir a las plataformas digitales mayor transparencia sobre cómo sus algoritmos pueden impactar en la seguridad de menores, particularmente en lo relativo a la exposición a contenidos inapropiados o a contactos con potenciales agresores.

Para la investigación y desarrollo

1. **Observatorio nacional:** Establecer un observatorio especializado en ciberdelitos contra menores que recopile y analice datos, identifique tendencias emergentes y evalúe la efectividad de las políticas implementadas, generando recomendaciones basadas en evidencia.
2. **Investigación interdisciplinaria:** Fomentar estudios que integren perspectivas jurídicas, tecnológicas, pedagógicas y psicosociales para comprender mejor las dinámicas de victimización en entornos digitales y desarrollar estrategias preventivas más efectivas.
3. **Cooperación académica internacional:** Fortalecer los vínculos con redes internacionales de investigación sobre ciberseguridad y protección de menores, facilitando el intercambio de conocimientos, metodologías y buenas prácticas.
4. **Desarrollo de herramientas autóctonas:** Promover la creación de aplicaciones, plataformas y recursos digitales adaptados al contexto colombiano, que respondan a las necesidades específicas de protección de la niñez y adolescencia en el país.
5. **Evaluación de impacto:** Implementar metodologías rigurosas para evaluar la efectividad de los programas y estrategias de prevención de ciberdelitos contra menores, identificando factores de éxito y oportunidades de mejora.

Consideraciones finales

La protección de niños, niñas y adolescentes en entornos digitales constituye un desafío complejo que requiere aproximaciones innovadoras, intersectoriales y basadas en evidencia. La experiencia colombiana evidencia que, si bien se han logrado avances significativos en términos de desarrollo normativo e institucional, persisten importantes brechas en la implementación efectiva de mecanismos de protección, particularmente en zonas rurales y comunidades marginadas.

Es fundamental reconocer que la seguridad digital de menores no puede abordarse exclusivamente desde perspectivas restrictivas o punitivas. Por el contrario, debe promoverse un equilibrio entre protección y habilitación, fomentando competencias que permitan a niños,

niñas y adolescentes aprovechar las oportunidades que ofrecen las tecnologías digitales mientras desarrollan capacidades para identificar y gestionar riesgos potenciales.

Asimismo, resulta indispensable superar aproximaciones fragmentadas que abordan los ciberdelitos sexuales contra menores como fenómenos aislados, sin considerar los factores estructurales que los facilitan o potencian. Estos incluyen desigualdades socioeconómicas, estereotipos de género, normalización de la violencia y deficiencias en los sistemas de protección de la niñez y adolescencia.

El contexto actual, marcado por la acelerada digitalización, presenta tanto riesgos como oportunidades para la protección de menores en entornos virtuales. Por una parte, la expansión de tecnologías digitales ha incrementado los escenarios potenciales de victimización; por otra, estas mismas tecnologías ofrecen posibilidades inéditas para la prevención, detección temprana y respuesta efectiva frente a situaciones abusivas.

En última instancia, garantizar la seguridad digital de niños, niñas y adolescentes constituye no solo una responsabilidad institucional, sino un compromiso colectivo que involucra a familias, instituciones educativas, sector privado, comunidades y a los propios menores como agentes activos en la construcción de entornos digitales seguros y enriquecedores.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Acevedo, M. D., & Guisado, Á. C. (2024). Revisión del estado actual de la ciberseguridad en Colombia. *Estudios en Seguridad y Defensa*, 19(38), 179–203. <https://esdegrevistas.edu.co/index.php/resd/article/view/1999/5308>

Álvarez-Calderón, C. E. (Ed.). (2018). *Escenarios y desafíos de la seguridad multidimensional en Colombia*. Sello Editorial ESDEG. <https://doi.org/10.25062/9789585652835>

Alvarez-Quiroz, G. B., & Blanquicett Romero, J. C. (2015). Percepciones de los docentes rurales sobre las TIC en sus prácticas pedagógicas. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, (51), 371–394. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-17162015000200015&lng=es&tlng=es

Aponte, P. A. (2021). El incremento de la pornografía infantil por el uso generalizado de las TIC en Colombia con ocasión de la pandemia generada por la COVID-19 [Tesis de pregrado, Universidad Pontificia Bolivariana]. <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/8923/El%20incremento%20de%20la%20pornograf%C3%ADa%20infantil%20por%20el%20uso%20generalizado%20de%20las.pdf?sequence=1>

Arrieta-Burgos, E., Duque-Pedroza, A., & Diez-Rúgeles, M. (2020). Delitos sexuales en contra de menores de edad en Colombia: Caracterización criminológica y político-criminal. *Revista Criminalidad*, 62(2), 247–274. <http://www.scielo.org.co/pdf/crim/v62n2/1794-3108-crim-62-02-247.pdf>

Astorga-Aguilar, C., & Schmidt-Fonseca, I. (2019). Peligros de las redes sociales: Cómo educar a nuestros hijos e hijas en ciberseguridad. *Revista Electrónica Educare*, 23(3), 339–362. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-42582019000300339

Barrios-Rubio, A., & Gutiérrez-García, M. (2017). Reconfiguración de las dinámicas de la industria radiofónica colombiana en el ecosistema digital. Cuadernos.info, (41), 227–243. <https://www.scielo.cl/pdf/cinfo/n41/0719-367X-cinfo-41-00227.pdf>

Botero, H. (2020). Impunidad e invisibilidad: El drama del abuso sexual infantil. Psicopatología y Salud Mental. Disponible en: <https://www.fundacioorienta.com/wp-content/uploads/2020/02/Botero-H-M4.pdf>

Centro Cibernético Policial. (2021). Balance Ciberseguridad 2022. Policía Nacional de Colombia. Disponible en: https://caivirtual.policia.gov.co/sites/default/files/tendencias_ciberdelictivas_colombia_2020-2021.pdf

Centro Cibernético Policial. (2022). Guía de prevención de riesgos digitales para menores. Policía Nacional de Colombia. <https://caivirtual.policia.gov.co/observatorio/guias-ciberseguridad>

Centro Cibernético Policial. (2023). Informe anual de incidentes digitales contra menores de edad en Colombia 2022-2023. Policía Nacional de Colombia. Disponible en: https://www.policia.gov.co/sites/default/files/descargables/informe_de_gestion_2023_0.pdf

Congreso de Colombia. (2019). Ley 1978 de 2019, Por la cual se moderniza el sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC). Diario Oficial No. 51.025. http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1978_2019.html

Congreso de Colombia. (2021). Ley 2108 de 2021, Ley de Internet como servicio público esencial y universal. Diario Oficial No. 51.750. http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_2108_2021.html

Congreso de Colombia. (2021). Ley 2170 de 2021, Por medio de la cual se dictan disposiciones frente al uso de herramientas tecnológicas en los establecimientos educativos. Diario Oficial No. 51.896. http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_2170_2021.html

Congreso de Colombia. (2022). Ley 2197 de 2022, Por medio de la cual se dictan normas tendientes al fortalecimiento de la seguridad ciudadana y se dictan otras

disposiciones. Diario Oficial No. 51.928.

http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_2197_2022.html

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2023). Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026: Colombia, Potencia Mundial de la Vida. <https://www.dnp.gov.co/plan-nacional-desarrollo/pnd-2022-2026>

Dirección de Investigación Criminal e INTERPOL. (2023). Informe estadístico de ciberdelitos en Colombia 2022-2023. Policía Nacional de Colombia. https://caivirtual.policia.gov.co/sites/default/files/observatorio/Balance%20anual%202023_0.pdf

Frangež, D., González-Álvarez, J. L., Huston, J. M., & Seigfried-Spellar, K. C. (2022). Criminal investigation of child sexual abuse and exploitation in the digital society: Recent developments. *WIREs Forensic Science*, 4(5), e1461. <https://doi.org/10.1002/wfs2.1461>

Gaspar-Santos, M. E., Robles-Zambrano, G. C., Moreno-Arvelo, P., & Rivera-Velasco, L. A. (2022). Delitos sexuales en entornos virtuales contra niños, niñas y adolescentes. *Fondo Editorial Fundación Koinonía*, 8(1), 112. <https://www.fondoeditorialfk.org/index.php/fondoeditorial/article/view/27>

Gómez, J. M. (2023). La ciberviolencia basada en género contra la mujer en Colombia y los desafíos en su regulación nacional. *Letras Jurídicas*, 35(35), 1–16. <https://revistaletrasjuridicas.com/index.php/lj/article/view/95>

Gutiérrez-Castillo, J. J., Cabero-Almenara, J., & Estrada-Vidal, L. I. (2017). Diseño y validación de un instrumento de evaluación de la competencia digital del estudiante universitario. *Revista Espacios*, 38(10), 1–27. <http://www.revistaespacios.com/a17v38n10/17381018.html>

Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF). (2021, febrero 5). En el Día del Internet Seguro, actuemos juntos para proteger a niñas, niños y adolescentes en los entornos digitales. <https://www.icbf.gov.co/mis-manos-te-ensenan/internet-un-lugar-mas-seguro-para-todos>

Jiménez, J. F., & Castillo, L. E. (2024). Cooperación internacional policial ante amenazas cibernéticas en Colombia: Modalidad Business Email Compromise. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 16(1). Disponible en:

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2422-42002024000100083

Jiménez González, L. J. (s.f.). Controles de ciberseguridad más utilizados para el bloqueo de diferentes tipos de contenido pornográfico en el ciberespacio que afecta principalmente a niños y adolescentes de la región.

<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/58067>

Jiménez, L. C. P. (2023). Ciberseguridad: el peligro al acecho de los niños, niñas y adolescentes. *Informática y Derecho. Revista Iberoamericana de Derecho Informático* (2.^a época), (13), 15–27.

<https://revistas.fcu.edu.uy/index.php/informaticayderecho/article/view/3995>

León-Restrepo, A. M., Vallejo-Valencia, B., & Parra-Bernal, L. R. (2021). Visibilidad científica de los procesos formativos en Latinoamérica: tendencias, retos y oportunidades. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*.

<https://www.redalyc.org/pdf/819/81931771008.pdf>

Martellozzo, E., & Monaghan, A. (2021). Policing online child sexual abuse—the British experience. *European Journal on Criminal Policy and Research*, 27(3), 455-475.

<https://doi.org/10.1007/s10610-021-09482-7>

Martínez Rivera, J. E. (2022). Grooming como ciberdelito sexual en la normatividad penal colombiana. <https://repository.ugc.edu.co/server/api/core/bitstreams/10141c2f-c064-40e6-b75f-d8a6a7bee729/content>

Mejía-Lobo, M., Hurtado-Gil, S. V., & Grisales-Aguirre, A. M. (2023). Ley de delitos informáticos colombiana, el convenio de Budapest y otras legislaciones: Estudio comparativo. *Revista De Ciencias Sociales*, 29(2), 356–372.

<https://doi.org/10.31876/rcs.v29i2.39981>

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2023). Índice de Desempeño Digital en Colombia 2022–2023. MinTIC.
https://colombiatic.mintic.gov.co/679/articles-333029_presentacion.pdf

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2023). Plan de tratamiento de riesgos de seguridad y privacidad de la información (Versión 5).
https://mintic.gov.co/portal/715/articles-135830_plan_tratamiento_riesgos_seguridad_privacidad_informacion_vigencia_2023_v20230124.pdf

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2024). Ministerio TIC y Policía Nacional sellan alianza para enfrentar todas las modalidades de cibercrimen. <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/Noticias/338159:Ministerio-TIC-y-Policia-Nacional-sellan-alianza-para-enfrentar-todas-las-modalidades-de-cibercrimen>

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2024). Plan Nacional de Conectividad Rural 2023–2026. MinTIC.
https://www.mintic.gov.co/portal/715/articles-125867_PDF.pdf

Ministerio del Interior. (2023). Instructivo de ciberseguridad para entidades territoriales 2023–2024. <https://www.mininterior.gov.co/wp-content/uploads/2023/09/instructivo-ciberseguridad-entidades-territoriales-2023.pdf>

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2021). Expertos piden medidas contundentes para proteger a los niños de la violencia en internet.
<https://news.un.org/es/story/2021/03/1489942>

Paredes-Chacín, A. J., Inciarte González, A., & Walles-Peñaloza, D. (2020). Educación superior e investigación en Latinoamérica: Transición al uso de tecnologías digitales por Covid-19. *Revista de Ciencias Sociales*, 26(3), 98–117.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7565470>

Peñuela Jiménez, L. C. (2023). Ciberdelitos contra niños, niñas y adolescentes: Una mirada desde el derecho colombiano. *Revista Iberoamericana de Derecho Informático* (2.^a época), 14, 25–38. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9870482.pdf>

Quayle, E. (2020). Prevention, disruption and deterrence of online child sexual exploitation and abuse. *ERA Forum*, 21(3), 429-447. <https://doi.org/10.1007/s12027-020-00625-7>

Ramírez, G., & Gamboa, J. (2023). Factores que influyen en la normalización de la Explotación Sexual, Comercial de Niños, Niñas y Adolescentes (ESCNNA) en Colombia. <https://repository.universidadean.edu.co/items/82c32989-b6f3-4b69-8575-fbdc5d1b4eda/full>

Sandoval-Almazán, R. (2011). Mentes en peligro: El daño de internet en nuestro cerebro. *Convergencia*, 18(56), 241–248. <https://www.redalyc.org/pdf/819/81931771008.pdf>

Tirado Acero, M., & Cáceres Tovar, V. M. (2021). La política criminal frente al ciberdelito sexual contra niños, niñas y adolescentes en Colombia. *Revista Científica General José María Córdova*, 19(36), 1011–1033. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1900-65862021000401011&script=sci_arttext

Unión Internacional de Telecomunicaciones, Banco Mundial, Secretaría de la Commonwealth, Organización de Telecomunicaciones de la Commonwealth, & Centro de Excelencia de Ciberdefensa Cooperativa de la OTAN. (2018). Guía para la elaboración de una estrategia nacional de ciberseguridad. Participación estratégica en la ciberseguridad. https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/str/D-STR-CYB_GUIDE.01-2018-PDF-S.pdf

Vargas Montoya, H. F., & Usma Guzmán, F. A. (2024). Gamificación: Estrategia preventiva de ciberseguridad para sexting y grooming. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 16(2), 95–117. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S2422-42002024000200095&script=sci_arttext

Wurtele, S. K., & Kenny, M. C. (2023). Technology-Facilitated Child Sexual Abuse: Prevention, Investigation, and Treatment. *Journal of Child Sexual Abuse*, 32(4), 493-504. <https://doi.org/10.1080/10538712.2023.2186667>

CAPÍTULO 7

EL ESPACIO COMO CATEGORIA DE ANÁLISIS DE ORGANIZACIONES DESDE UNA MIRADA TRANSDISCIPLINAR⁵³ SPACE AS A CATEGORY FOR ANALYZING ORGANIZATIONS FROM A TRANSDISCIPLINARY PERSPECTIVE

Augusto Renato Pérez Mayo⁵⁴

Nohemí Roque Nieto⁵⁵

Pablo Guerrero Sánchez⁵⁶

Pares evaluadores: Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES.⁵⁷

⁵³ Derivado del proyecto de investigación: Organización y Espacio

⁵⁴ Dr. en Estudios Organizacionales, Universidad Autónoma Metropolitana (UAM). Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Profesor Investigador, Universidad Autónoma del Estado de Morelos,

⁵⁵ Dra. en Educación, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Profesora Investigadora, Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

⁵⁶ Dr. en Estudios Organizacionales, Universidad Autónoma Metropolitana, Profesor Investigador, Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

⁵⁷ Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES. www.rediees.org

UNA MIRADA TRANSDISCIPLINAR DEL ESPACIO ORGANIZACIONAL ⁵⁸

Augusto Renato Pérez Mayo⁵⁹, Nohemí Roque Nieto⁶⁰, Pablo Guerrero Sánchez⁶¹

RESUMEN

El presente trabajo analiza el espacio real como una categoría de los objetos físicos, de las organizaciones y de los recursos humanos. El espacio es una configuración en dónde el recurso humano, mobiliario, materiales, cosas, culturas, que se convierten en uno solo, denominadas espaciales. La espacialidad, es dónde se configuran las medidas, los contenidos, los tiempos, las relaciones de poder, relaciones laborales, dónde se juegan los liderazgos, y se determina el futuro de la organización. La dimensión espacial constituye un espacio privilegiado para la construcción articulación de las diferentes relaciones subjetivas e intersubjetivas que permiten el desarrollo positivo de los recursos humanos o la generación de conflictos que afectan a la organización como tal; por ello en este capítulo se muestra la importancia del espacio como elemento estratégico para el análisis de las organizaciones desde una perspectiva ajena a la administración y a la teoría de las organizaciones. Los espacios físicos y organizacionales se interrelacionan y se convierten en uno y esto hace que influyan en la dinámica y en el recurso humano de una organización. La configuración, diseño o rediseño de una oficina pudiera o no reflejar muchas cosas como la cultura organizacional adecuadas, su clima organizacional positivo, sus posibilidades de felicidad, de fidelización, hasta de bienestar, mientras que un espacio físico mal diseñado puede generar frustración y reducir la moral. Esa relación entre la cultura organizacional y el espacio físico puede ser transformada mediante modificaciones en el diseño de sus estructuras: oficinas, por ejemplo.

⁵⁸ Derivado del proyecto de investigación: Organización y Espacio

⁵⁹ Dr. en Estudios Organizacionales, Universidad Autónoma Metropolitana (UAM). Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Profesor Investigador, Universidad Autónoma del Estado de Morelos,

⁶⁰ Dra. en Educación, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Profesora Investigadora, Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

⁶¹ Dr. en Estudios Organizacionales, Universidad Autónoma Metropolitana, Profesor Investigador, Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

ABSTRACT

This work analyzes real space as a category encompassing physical objects, organizational structures, and human resources. Space is understood as a configuration where human resources, furniture, materials, objects, and cultures converge into a unified entity referred to as spatial. Spatiality is the domain where measurements, contents, timeframes, power relations, labor dynamics, leadership practices, and the future of the organization are shaped. The spatial dimension constitutes a privileged arena for constructing and articulating subjective and intersubjective relationships that either foster the positive development of human resources or generate conflicts that affect the organization. Accordingly, this chapter highlights the strategic importance of space for organizational analysis from a perspective that lies outside traditional management and organizational theory. Physical and organizational spaces are interrelated and become one, influencing both the dynamics and the human resources of an organization. The configuration, design, or redesign of an office may—or may not—reflect key aspects such as organizational culture, a positive work climate, potential for happiness, employee loyalty, and overall well-being. Conversely, poorly designed physical spaces can lead to frustration and diminished morale. This relationship between organizational culture and physical space can be transformed through structural design modifications: offices, for example.

PALABRAS CLAVE: Espacios físicos, espacio organizacional, mirada transdisciplinar, organizaciones.

Keywords: Physical spaces, organizational space, transdisciplinary perspective, organizations.

INTRODUCCIÓN

Se aborda la cuestión del concepto de espacio utilizado en sus inicios por el paradigma de las Ciencias duras y posteriormente rescatado por las Ciencias Sociales.

Se precisa sobre la utilización del concepto de espacio en las organizaciones, como una estrategia para analizar y estudiar los espacios organizacionales, como forma de crecimiento y desarrollo de sus recursos humanos y sus propios ambientes donde se interactúa y construye cultura y demás. Ese concepto de espacialidad en donde dependiendo de cómo está diseñado es propicio o no a que el recurso humano desarrolle toda su potencialidad en favor de las organizaciones y de ellos mismos, pero también encontramos espacialidades diseñadas para el desorden, para el conflicto, para el chisme, para la toxicidad, para la no creación intelectual ni manual, como suele suceder, y como ejemplo se plasma el caso de los cubículos de investigadores que no permiten crear ni concentrarse, en donde interactúan en esa misma espacialidad recursos humanos que deberían estar en otras espacialidades relacionadas con lo que hacen, ruidos y demás conflictos, ajenos al desempeño y equilibrio de la organización. Espacialidades que definen y accionan el acoso psicológico, generan estrés laboral, acoso laboral en contra del recurso humano.

Mencionar este último tema, implica hablar necesariamente de que a veces estas espacialidades se configuran en relación con el interés o ignorancia de los liderazgos en turno. Espacialidades que abonan a su cuota de poder político en las organizaciones, que normalmente se da en las organizaciones públicas. Demos inicio entonces a la reflexión.

DESARROLLO

El concepto de espacio fue desarrollado primeramente por las Ciencias Duras.

I. Sobre la idea de espacio desde las Ciencias Nomotéticas

El concepto de espacio, con los problemas filosóficos que implica, ha dado lugar a tres órdenes de problemas: a) su naturaleza, b) su realidad, y c) su estructura y su métrica: esto ha sido esencial para sustentar a la física desde el tiempo de los griegos. De hecho, la

teoría de la relatividad, descansa en un profundo cambio filosófico sobre esta idea plasmada en el libro *Crítica de la Razón Pura* gestada sobre Kant, para él, el **Espacio** era la intuición pura, lo que garantizaba que la geometría fuera una ciencia independiente de la experiencia, ya que determinaba *a priori* las propiedades del **Espacio**, el descubrimiento de las geometrías no euclidianas y las implicaciones que su descubrimiento tuvo sobre la noción de **curvatura del espacio** de Riemann y Gauss, ideas cuya síntesis realizó Albert Einstein (1993) .

En el prefacio que hiciera al libro “Concepts of Space” de Max Jammer, Einstein (1954), distinguió dos tipos de **teorías fundamentales del espacio**:

II. Las del **espacio relativo** que toman a éste como una cualidad posicional de los objetos materiales en el mundo –línea de pensamiento a la que se adhirió Leibnitz– en donde sostiene que:

*... Si **el espacio** es una propiedad o un atributo, debe ser la propiedad de alguna substancia. El vacío limitado, que sus sostenedores suponen entre dos cuerpos: ¿de qué substancia sería propiedad o afección?”. Polemizando contra Newton y los newtonianos, sostenía: “Yo considero **al espacio** como algo puramente relativo, del mismo modo que el tiempo o sea como un orden de las coexistencias. Tal como el tiempo es un orden de las sucesiones. (Leibniz, 1715/2002, p.70)*

De acuerdo con esta idea C. Maxwell (en Leibniz, 1715/2002) afirmo: “*todo nuestro conocimiento tanto en el tiempo como el **espacio** es esencialmente relativo.*” (p.70)

Como podemos ver, para Leibnitz el espacio era solo la manifestación del orden de las cosas.

I. Las del **espacio absoluto** como el continente de todos los objetos materiales, sostenida por Aristóteles, Descartes y posteriormente por Newton. Precizando lo anterior:

Aristóteles definió al **espacio** como “... *el límite inmóvil que abraza un cuerpo*”, Newton sostuvo “... *El **espacio absoluto**, por su propia naturaleza, sin relación a algo*

externo, es siempre igual e inmóvil. El **espacio relativo** es la dimensión móvil o la medida del **espacio absoluto** y nuestros sentidos lo determinan mediante su posición respecto a los cuerpos y a menudo es intercambiado por el espacio inmóvil...”

“El **espacio absoluto y relativo** son idénticos en figura y tamaño, pero no siempre numéricamente los mismos...” dice Newton en su documento *Philosophiae naturalis: principia mathematica*.

Y agregó una tercera forma de entenderlo cuya comprensión nos ayuda a seguir su pensamiento:

II. El espacio como campo

En la teoría de la relatividad general no tiene sentido hablar del espacio prescindiendo del campo, que es utilizado para representar los fenómenos físicos de inercia y gravitación, éstos se explican como cambios en la estructura métrica del campo y no como cambios en un sistema de referencia rígido. El cálculo no euclidiano de diferentes partes del campo como un todo, según las variaciones en la densidad de la materia y de la energía, hace que si prescindimos del campo no existe nada, ni siquiera el espacio vacío. (Einstein y Infeld, 2005, p. 186)

Esta nueva concepción del espacio como campo, que representa no sólo la renuncia a toda noción absoluta de espacio, sino la substitución de este concepto, por otros más manejables y más aptos para dar explicación a los resultados que dieron origen a la teoría de la relatividad; el descubrimiento de que la curvatura del espacio se apegaba a la geometría no euclidiana de Riemann y la formalización algebraica de las propiedades geométricas del espacio, le permitieron la conceptualización del **continuo espacio-tiempo**.

Para Henri Poincaré (1892), la matemática era “*el arte de llamar cosas distintas con un mismo nombre*” y en su definición reside el secreto de que las estructuras matemáticas se apliquen extensamente a los diversos fenómenos de la **naturaleza**. Tal es el caso de la palabra espacio, que empleada como sustantivo en física y matemáticas es sinónimo de espacio euclidiano. Aunque de hecho es utilizada en numerosas expresiones que designan **conjuntos de objetos matemáticos abstractos provistos de una estructura algebraica**. Así tenemos: espacio vectorial, espacio topológico, espacio de hilbert, etc.

Pero no solo eso, sino que este concepto ha sido llevado al terreno de las Ciencias Sociales.

II. Algo más en torno a la idea de espacio

En 1908 el ruso Herman Minkowski en la 80ª asamblea de naturalistas y médicos alemanes, en Gotinga, inició su conferencia titulada “Espacio y tiempo”, en la que propuso una interpretación geométrica de la teoría especial de la relatividad, de la siguiente forma:

“Los criterios que sobre el espacio y el tiempo quiero desarrollar ante ustedes surgieron sobre una base físico-experimental. En eso consiste su fuerza. Su tendencia es radical. Desde ahora el espacio de por sí, y el tiempo de por sí deben convertirse en ficciones y sólo cierto tipo de conjunciones de ambos deben conservar aún su independencia.”(Minkowski, 1908; Nolte, 2021)

La comprensión de esta **teoría geométrica de la relatividad** es difícil a causa de que su descripción matemática contradice las representaciones del espacio y del tiempo de nuestros sentidos que parecen en cambio coincidir con los conceptos de la física clásica. La geometría de Minkowski es una abstracción de difícil acceso, que abarca: **las ideas del espacio lineal, de espacio pseudoeuclídeo** y su variedad **espacio euclídeo propio**; requiere de saber distinguir las propiedades lineales y métricas del espacio. Y depende de la relación de los números complejos con el plano pseudoeuclídeo y sus propiedades.

Hasta aquí, hemos visto las perspectivas de la Física y de la Matemática en torno al concepto de Espacio. Veamos ahora el espacio global visto desde la perspectiva de la economía.

III. El diseño de las espacialidades en las organizaciones. La mirada de Taylor y mayo

Taylor (1911), Gracias a su experiencia en la transformación de los métodos de gestión de talleres, producto del estrecho contacto durante años con la organización de

establecimientos manufactureros e industriales de su época, que abarcaban una gran variedad de productos y empleaban a trabajadores con muchos de los oficios más importantes.

Desde una perspectiva amplia del campo de la administración, los dos hechos que parecen más destacables plasmado en el libro *Shop management* son:

- a) La gran desigualdad, o falta de uniformidad, que se observa, incluso en nuestras obras mejor dirigidas, en el desarrollo de los diversos elementos que, en conjunto, constituyen la denominada administración.
- b) La falta de relación aparente entre la buena gestión de una tienda y el pago de dividendos.
- c) Trabajadores con capacidades muy altas en relación con los demás, pero que no daban su máximo de esfuerzos a causa del diseño no científico de los espacios de trabajo y organizacionales.

Al examinar la organización de obras de esta clase, se encontraban con frecuencia que la gestión del departamento (de la espacialidad) en el que este espíritu maestro se ha desarrollado alcanza un alto nivel de excelencia, debido a su éxito gracias a un profundo conocimiento de todos los requisitos más pequeños de su sección, obtenido mediante el contacto personal y la capacitación gradual de los hombres bajo su mando hasta alcanzar su máxima eficiencia.

Sin duda el equilibrio entre no solo el proceso de selección de un recurso humano de alto nivel, sino también el estudio sistemático científico de los espacios de trabajo.

Elton Mayo en libro *The Human Problems of an Industrial Civilization* 1968, en el capítulo 3, inicia los estudios donde descubriría esa lógica de las emociones y sus repercusiones en el recurso humano, pero también las formas de organizar las espacialidades y sus repercusiones en la salud. Este estudio no solo era determinar las condiciones del experimento biológico que junto a L. J. Henderson y el Laboratorio de Fatiga de Harvard, y algunos funcionarios de la Western Electric Company involucrados por su experiencia en estos temas. No se pretende afirmar que, en ese estudio, que las condiciones de organización de los espacios eran determinantes en 1926 su afectación biológica, química o físico. Durante cierto periodo histórico, se alcanzó un descubrimiento empírico significativo: la espacialidad podía ser organizada y estudiada sistemáticamente dentro del marco de una investigación científica.

Este hallazgo abrió nuevas posibilidades para abordar, desde una perspectiva aparentemente objetiva, problemáticas complejas relacionadas con el entorno laboral humano. Sin embargo, también reveló las limitaciones inherentes a estos enfoques. A pesar de los métodos cuidadosamente estructurados, dichas investigaciones no lograban, en muchos casos, esclarecer completamente los problemas que pretendían resolver. (Merlí, 2004, p. 45.)

Siguiendo a Roethlisberger y Dickson (1939, p. 12) en Merlí (2004, p.45), un caso paradigmático de esta situación es el estudio sobre los efectos de la iluminación en el espacio de trabajo, llevado a cabo durante tres años. A lo largo de este extenso periodo, los investigadores se dedicaron a observar cómo las condiciones lumínicas influían en el desempeño y la experiencia del trabajador. Sin embargo, pese al rigor metodológico, los resultados obtenidos no permitieron una comprensión concluyente del fenómeno, evidenciando que la relación entre espacio, percepción y productividad humana es más compleja de lo que una investigación técnica puede abarcar por sí sola.

En el mismo tenor, los estudios sobre la fatiga, la monotonía y sus efectos en el rendimiento laboral y el bienestar del trabajador se convirtieron en temas centrales del debate contemporáneo, particularmente en relación con los espacios donde estos fenómenos se manifestaban. Surgía entonces una pregunta clave: ¿era posible demostrar de manera concluyente el papel que dichas condiciones desempeñaban en el funcionamiento de las organizaciones industriales? En paralelo, se observaba que toda empresa que administra a miles de trabajadores tiende, de forma natural, a desarrollar sus propios métodos o “políticas” de gestión. Sin embargo, estas prácticas organizativas, aunque operativas, suelen carecer de un criterio verdaderamente satisfactorio para evaluar el valor real de su impacto sobre las personas a las que van dirigidas (Roethlisberger y Dickson, 1939, p. 12).

T. N. Whitehead, mediante un uso afortunado de las matemáticas, ha emprendido un análisis de los registros de producción que promete ser de sumo interés. Por ejemplo, se inclina a la opinión de que el aprendizaje y la habilidad no son capacidades que un individuo determinado adquiere de una vez por todas. Por el contrario, la habilidad del individuo se adquiere a diario y, en consecuencia, depende en cierta medida de las condiciones externas de ese día, del equilibrio interno y de su espacialidad. Esto es lo que Taylor comenta (1911), que de nada sirve elegir científicamente al recurso humano de primera clase a través del método científico, sino construyes de la misma forma su espacio, su espacialidad.

Esto tiene un efecto tanto en la producción como en los accidentes, ya que ambos son producto de la relación entre la velocidad y la destreza de los movimientos musculares gruesos y de manipulación.

El diseño de las espacialidades organizacionales se refiere a la planificación y configuración de la estructura interna de una organización. Un diseño organizacional efectivo optimiza la eficiencia y efectividad de la organización, mejorando todo

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La administración todavía se considera una cuestión de hombres, y la vieja idea es que, si se cuenta con el hombre adecuado, los métodos pueden dejarse en sus manos con seguridad. El rescate y aplicación de estas ideas han impactado de manera positiva a las organizaciones, en sus ingresos.

En muchos casos, si no en la mayoría, no existe una relación aparente entre una buena gestión de taller y el éxito o el fracaso de la empresa. Muchas empresas fracasadas cuentan con una buena gestión de taller, mientras que ocurre lo contrario con muchas que pagan grandes dividendos. Sin embargo, quienes les interesa principalmente el taller, suelen olvidar que el éxito, en lugar de depender de la gestión del taller, depende en muchos casos principalmente de otros elementos, es decir, la ubicación de la empresa, su solidez y capacidad financiera, la eficiencia de sus departamentos comerciales y de ventas, su capacidad de ingeniería, la superioridad de su planta y equipo, o la protección que ofrece mediante patentes, combinación, ubicación u otro monopolio parcial. Pero todo ello aplicando el método científico tanto a la selección del recurso humano y la organización científica de sus espacios de trabajo.

Incluso en aquellos casos en los que la eficiencia de la gestión de organización pueda desempeñar un papel importante, debe recordarse que para tener éxito ninguna empresa necesita estar mejor organizada que sus competidores. La prueba más severa a la que puede verse sometido cualquier sistema es la de una empresa que compite para ampliar su mercado, y en la que el coste de la mano de obra de producción constituye una parte importante del gasto, y es en tales establecimientos donde uno esperaría naturalmente encontrar el mejor tipo de gestión.

Sin embargo, es interesante saber que todavía hoy en las pymes de México, las prácticas de taller aún están entre veinte y treinta años por detrás de lo que podría llamarse la gestión moderna. No solo no se intenta trabajar por tonelaje ni a destajo, sino que el más antiguo sistema de trabajo por día, en el que una especie de capataz con exceso de trabajo dirige a los trabajadores, sigue vigente. Los trabajadores de estos talleres siguen agrupados en clases, y todos reciben el mismo salario, independientemente de su eficiencia.

Y dentro de estos espacios se nacen y se desarrollan elementos o factores a lo que es ser el ser - **dice Maturana** - es constitutivamente social. Lo genético no determina lo humano, sólo funda lo humanizable, y en **el espacio** se determina lo humano y su sentido de acción y ubicación. Para ser humano hay que crecer humano entre humanos. Aunque esto parece obvio, se olvida al olvidar que se es humano sólo de las maneras de ser humano de las sociedades a que se pertenece y al espacio que ocupan. La forma en que una sociedad estructura sus valores y los encarna en la conducta cotidiana de sus miembros influye profundamente en la constitución del sujeto humano. Si se pertenece a un entorno social donde se valoran y practican, de manera sostenida, el respeto hacia los mayores, la honestidad personal, la seriedad en las acciones y la veracidad en el lenguaje, tales principios no solo configuran la ética individual, sino también el horizonte moral de las generaciones futuras. En contraste, cuando las prácticas sociales validan la hipocresía, el abuso, la mentira y el autoengaño como comportamientos aceptables o incluso funcionales en los espacios de convivencia, estos mismos rasgos tienden a reproducirse como norma cultural, moldeando negativamente tanto la identidad colectiva como la de los individuos que en ella se forman (Maturana, 1994, p. 36).

La construcción de los espacios humanos tiene su fundamento esencial en el lenguaje, entendido no solo como un medio de comunicación, sino como la condición de posibilidad de la reflexión y la autoconciencia. Es en el lenguaje donde el ser humano se constituye como tal, al emerger un mundo simbólico que le permite pensarse, narrarse y proyectarse. Desde una perspectiva antropológica, el lenguaje puede considerarse simultáneamente como el origen del ser humano en sentido pleno, pero también como el lugar de su caída —al permitir formas de alienación— y de su liberación, al abrir la posibilidad de transformar su mundo y a sí mismo. El lenguaje constituye un punto de inflexión en la condición humana, al trascender los límites de la biología puramente material para integrar al ser humano en una dimensión conceptual.

A través del lenguaje, se configura un mundo de descripciones que permite al individuo no solo representar la realidad, sino también conservar su organización, adaptarse y situarse en un espacio simbólico que media su relación con el entorno. No obstante, esta misma capacidad del lenguaje para construir sentido encierra también una paradoja: al posibilitar la formulación de ideologías normativas sobre lo que el ser humano "debe ser", puede generar formas de ceguera frente a su propia naturaleza biológica. En este sentido, el lenguaje no solo habilita la posibilidad de la reflexión y la cultura, sino que también introduce la posibilidad de la alienación respecto a lo viviente (Maturana, 1994, p. 37-38).

Lo expuesto hasta aquí permite afirmar que, desde una perspectiva biológica, no existe una contradicción inherente entre lo individual y lo social. Por el contrario, ambas dimensiones son constitutivamente inseparables: lo social está inscrito en lo individual, y viceversa. Sin embargo, la humanidad ha llegado a experimentar una aparente contradicción entre estos ámbitos, cuya raíz no es biológica, sino cultural. Esta tensión es el resultado de al menos dos procesos fundamentales.

En primer lugar, está la sobrecarga ecológica generada por el crecimiento constante de la población humana a lo largo de la historia. Este fenómeno ha conducido a dinámicas de competencia por la subsistencia, cuya legitimación descansa en construcciones ideológicas que tienden a invisibilizar su origen estructural y ecológico. La competencia, entonces, no es una necesidad natural, sino una respuesta culturalmente elaborada ante condiciones creadas por los propios seres humanos.

En segundo lugar, se encuentra el mecanismo de exclusión social, mediante el cual cada sociedad establece criterios específicos de pertenencia y legitimidad. Aquellos que no cumplen con tales condiciones son marginados o desvalorizados, y esta exclusión se justifica a través de discursos ideológicos que contradicen una convicción fundamental: que todos los seres humanos, por el solo hecho de serlo, compartimos una igualdad esencial. Esta tensión revela una fractura entre los valores universales proclamados y las prácticas concretas de convivencia.

Ante los desafíos globales contemporáneos, parece vislumbrarse una única salida viable: la estabilización —y, eventualmente, la reducción— de la población mundial, acompañada de la inclusión efectiva de todos los seres humanos dentro de una misma

comunidad social y un espacio común de convivencia. Solo a través de una reorganización equitativa de la vida colectiva será posible garantizar la sostenibilidad del planeta y la dignidad compartida entre los pueblos. Se busca el equilibrio y la estabilidad entre **el espacio y la espacialidad**.

Los problemas organizacionales y sociales son, en esencia, problemas de carácter cultural, ya que están profundamente ligados a los mundos simbólicos y prácticos que construimos a través de la convivencia. En gran medida, estos conflictos emergen y se manifiestan en la espacialidad misma, es decir, en la forma en que habitamos, distribuimos y experimentamos los espacios compartidos. La cultura, en este sentido, no es un trasfondo abstracto, sino una dimensión constitutiva de las relaciones organizativas y sociales que configuran nuestro modo de estar juntos en el mundo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Einstein, A. (1993). La teoría de la relatividad. Altaya.

<https://bibliotecamunicipal.vicentelopez.gov.ar/meran/opac-detail.pl?id1=2191>

Einstein, A., & Infeld, L. (2005). *La evolución de la física* (J. Babini, Trad., 2.ª ed., p. 186).

Editorial Planeta. (Obra original publicada en 1938)

Jammer, M. (1954). Concepts of Space. The history of theories of space in physics. Max

Jammer. Harvard Univ. Press, Cambridge, Mass., 1954. Xvi + 196 pp. \$3.75. |

Science. Harvard Univ. Press.

<https://www.science.org/doi/10.1126/science.121.3146.551.b>

Leibniz, G. W. (1715/2002). *Correspondencia con Clarke sobre la metafísica y la religión*.

(J. Muguerza, Trad.). Alianza Editorial.

Maturana, H. (1994). *El sentido humano*. Editorial Dolmen.

Merlí, A. (2004). *Sociología del trabajo*. Editorial Ariel.

Minkowski, H. (1908). Espacio y Tiempo (Raum und Zeit). 20.

https://www.academia.edu/104278721/Espacio_y_Tiempo_Raum_und_Zeit_Edici%C3%B3n_Especial_Hermann_Minkowski_1908_

Nolte, D. D. (2021, abril 24). Hermann Minkowski's Spacetime: The Theory that Einstein

Overlooked. Galileo Unbound. <https://galileo-unbound.blog/2021/04/24/hermann-minkowskis-spacetime-the-theory-that-einstein-overlooked/>

Poincaré, H. (with Boston Public Library). (1892). Les méthodes nouvelles de la mécanique céleste. Paris: Gauthier-Villars et fils.

<http://archive.org/details/lesmethodesnouv001poin>

Roethlisberger, F. J., & Dickson, W. J. (1939). *Management and the Worker: An Account of a Research Program Conducted by the Western Electric Company, Hawthorne Works, Chicago*. Harvard University Press.

Taylor, F. W. (1911). Shop management. Harper & brothers.

CAPÍTULO 8

MODELAMIENTO DE COSTOS EN PERFORACIÓN Y VOLADURA MEDIANTE ALGORITMOS DE APRENDIZAJE Y CLUSTERING NO SUPERVISADO EN UNA MINA SUBTERRANEA⁶²

DRILLING AND BLASTING COST MODELING USING UNSUPERVISED LEARNING ALGORITHMS AND CLUSTERING IN AN UNDERGROUND MINE

Américo Arizaca Avalos⁶³

Eloy Roque Jara Pari⁶⁴

Fidel Huisa Mamani⁶⁵

Emmanuel Hernán Tumy Gómez⁶⁶

Raúl Ponce Medina⁶⁷

Every Daysi Choque Quispe⁶⁸

Pares evaluadores: Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES⁶⁹

⁶²Derivado del proyecto de investigación: Modelamiento de costos en perforación y voladura mediante algoritmos de aprendizaje y clustering no supervisado en una mina subterránea.

⁶³ Ingeniero de Minas, Universidad Nacional del Altiplano, Doctor en Ciencia Tecnología y Medio Ambiente, UNA Puno, Docente, UNA Puno.

⁶⁴Ingeniero de Minas, Universidad Nacional del Altiplano, Empresa Minera Stracon SA

⁶⁵Ingeniero de Minas, Universidad Nacional del Altiplano, Ingeniero de Minas, Doctor en Ciencia y tecnología, Docente.

⁶⁶Ingeniero de Minas, Universidad Nacional del Altiplano, Maestro en Seguridad y Salud Ocupacional, Docente UNA Puno

⁶⁷Ingeniero de Minas, Universidad Nacional del Altiplano, Maestro en Seguridad y salud ocupacional, Docente UNA Puno

⁶⁸Ingeniero de Minas, Universidad Nacional del Altiplano, Maestro en Geotecnia y Geomecánica Minera, Docente UNA Puno

⁶⁹ Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES. www.rediees.org

MODELAMIENTO DE COSTOS EN PERFORACIÓN Y VOLADURA MEDIANTE ALGORITMOS DE APRENDIZAJE Y CLUSTERING NO SUPERVISADO EN UNA MINA SUBTERRANEA⁷⁰

Américo Arizaca Avalos⁷¹, Eloy Roque Jara Pari⁷², Fidel Huisa Mamani⁷³, Emmanuel Hernán Tumy Gómez⁷⁴, Raúl Ponce Medina⁷⁵, Every Daysi Choque Quispe⁷⁶

RESUMEN

La necesidad de optimizar los costos operativos asociados a la perforación y voladura en minas subterráneas es una necesidad permanente, debido a que estos procesos inciden directamente en la eficiencia del ciclo de minado y en la estabilidad de las excavaciones. El objetivo principal fue desarrollar un modelo predictivo basado en aprendizaje automático para estimar el costo total de perforación y voladura, integrando parámetros técnicos relevantes y escenarios de diseño simulados. Para ello, se aplicó el algoritmo Random Forest, acompañado de análisis de sensibilidad y representaciones tridimensionales de superficies de predicción, a fin de explorar relaciones no lineales entre variables operativas. Los resultados mostraron que el costo de perforación por metro significa el 43%, mientras que el número de taladros cargados es el 21% y la longitud del barrenos representa el 13% siendo las variables más significativas. Asimismo, se demostró que la malla de 14 pies presenta un menor costo unitario en comparación con la malla de 12 pies, con mejor distribución energética y menor sobreexcavación. Las superficies de predicción permitieron identificar zonas críticas de eficiencia operativa, fortaleciendo la toma de decisiones basada en datos. Se concluye que el uso de modelos inteligentes, como Random Forest, constituye una herramienta robusta para el análisis técnico-económico en minería subterránea, permitiendo avanzar hacia una gestión más eficiente, sostenible y adaptada a condiciones geomecánicas variables.

⁷⁰Derivado del proyecto de investigación: Modelamiento de costos en perforación y voladura mediante algoritmos de aprendizaje y clustering no supervisado en una mina subterránea.

⁷¹Ingeniero de Minas, Universidad Nacional del Altiplano, Doctor en Ciencia Tecnología y Medio Ambiente, UNA Puno, Docente, UNA Puno.

⁷²Ingeniero de Minas, Universidad Nacional del Altiplano, Empresa Minera Stracon SA

⁷³Ingeniero de Minas, Universidad Nacional del Altiplano, Ingeniero de Minas, Doctor en Ciencia y tecnología, Docente.

⁷⁴Ingeniero de Minas, Universidad Nacional del Altiplano, Maestro en Seguridad y Salud Ocupacional, Docente UNA Puno

⁷⁵Ingeniero de Minas, Universidad Nacional del Altiplano, Maestro en Seguridad y salud ocupacional, Docente UNA Puno

⁷⁶Ingeniero de Minas, Universidad Nacional del Altiplano, Maestro en Geotecnia y Geomecánica Minera, Docente UNA Puno

ABSTRACT

This manuscript addresses the need to optimize operational costs associated with drilling and blasting in underground mining—processes that directly influence the efficiency of the mining cycle and the stability of excavations. The main objective was to develop a predictive model based on machine learning to estimate the total cost of drilling and blasting, integrating relevant technical parameters and simulated design scenarios. To this end, the Random Forest algorithm was applied, accompanied by sensitivity analysis and three-dimensional representations of prediction surfaces, in order to explore nonlinear relationships between operational variables. The results revealed that drilling cost per meter (43%), the number of charged blast holes (21%), and borehole length (13%) are the most influential variables. Furthermore, it was demonstrated that the 14-foot blast pattern results in a lower unit cost compared to the 12-foot pattern, with better energy distribution and reduced overbreak. The prediction surfaces allowed the identification of critical zones of operational efficiency, enhancing data-driven decision-making. It is concluded that the use of intelligent models such as Random Forest constitutes a robust tool for techno-economic analysis in underground mining, enabling progress toward more efficient, sustainable management adapted to variable geomechanical conditions.

PALABRAS CLAVE: Aprendizaje automático, Costos de producción, modelamiento, optimización.

Keywords: Machine learning, production costs, modeling, optimization.

INTRODUCCIÓN

La perforación y voladura son métodos primordiales en el avance de labores subterráneas en minería, más aún en macizos rocosos poco competentes, donde un buen diseño de voladura reduce hasta en un 70% la sobreexcavación, mejora la estabilidad estructural; mientras que las simulaciones y correcciones así como el uso de software en los patrones de perforación, la carga de explosivos y la secuencia de detonación permiten reducir los costos operativos con simulaciones más reales (Abbaspour et al., 2018; Pomasoncco-Najarro et al., 2022). De allí que las aplicaciones del aprendizaje automático en perforación y voladura destacan por su capacidad para predecir parámetros operativos, optimizar patrones de diseño y reducir costos (Anticono-Cueva et al., 2024; Munagala et al., 2024). Del mismo modo, la optimización del diseño de mallas de perforación se ha convertido en un área de investigación prioritaria, mientras que los diseños de ingeniería y modelos dinámicos 3D están mejorando la eficiencia y precisión predictiva con la validación de datos de campo e información experimental (Hao et al., 2024; Zhao et al., 2024).

Recientes investigaciones proporcionan un marco metodológico robusto para aplicar modelos de regresión Random Forest a datos complejos, demostrándose su capacidad para hacer predicciones precisas con bajos niveles de incertidumbre, superando incluso a los modelos lineales (Allen Akselrud, 2024). Así se evaluó la eficacia de tres modelos; la regresión logística, CART y Random Forest para predecir las fallas en los taludes producto de las voladuras, de los tres modelos Random Forest mostro el mejor desempeño por su robustez y mejor desempeño (Kumar Bhagat et al., 2022). Estas herramientas como el análisis envolvente de datos (AED) la toma de decisiones multicriterio reducen la sobre fragmentación y una voladura optima (Khademian, 2024). Por su parte Jin et al. (2025) muestra un método semi supervisado en la predicción de voladuras de túneles utilizando clustering por entropía (CE) y un algoritmos de clasificación, identificándose atributos como eficiencia de perforación, carga específica, velocidad de detonación sobre excavación y fragmentación.

La literatura especializada señala que un modelo inteligente BO-XGboost destaca para predecir la sobre excavación en voladuras subterráneas superando a los modelos clásicos mostrando su utilidad en el diseño y control de las labores subterráneas (Hong et al., 2023). De manera que es necesario incorporar enfoques integrados que consideren simultáneamente la eficiencia energética, la fragmentación, el uso racional de explosivos y la estabilidad del

frente (Bao et al., 2022; Wei et al., 2023). Por ejemplo, Fattahi et al. (2024) propone un algoritmo predictivo para optimizar los costos de voladura con un modelo lineal de alta precisión, donde el parámetro *stemming* tiene gran importancia en la sensibilidad de los costos optimizando el diseño de la malla. Asimismo, la simulación utilizando modelos numéricos 4D-LSM ha facilitado la evaluación del comportamiento dinámico del macizo rocoso bajo esquemas diferentes de carga y detonación, sumando mayor precisión a la predicción del daño inducido (Hao et al., 2024).

Últimamente se ha incorporado aspectos como la inteligencia artificial con el análisis de sensibilidad proporcionando soluciones en el control de la sobreexcavación en minas subterráneas permitiendo mejorar la eficiencia operativa como la seguridad y la sostenibilidad de las excavaciones (Mabe et al., 2023). Por su parte Diaz-Martinez et al. (2012), mediante algoritmos automáticos se permitieron diseñar la perforación y la voladura sin requerimiento de fórmulas y conocimientos previos haciendo más eficiente y ordenado las operaciones y principalmente reduciendo los costos. De allí que cobra importancia los resultados de la perforación y voladura controlada permitiendo obtener excavaciones mucho más estables y con una buena fragmentación (Berrospi, 2019)

En consecuencia, se plantea un enfoque integral para optimizar la perforación y voladura de una labor subterránea a partir de un análisis de las operaciones y los costos mediante una simulación de los datos de campo, donde están considerados las variables críticas como es la longitud del barreno y los costos de avance por disparo. Se implementan los modelos predictivos de Random Forest con la finalidad de estimar en costo por metro lineal. Por otro lado, se ha incorporado representaciones tridimensionales de superficies de predicción para establecer las relaciones no lineales entre parámetros; mientras que al final se realiza un análisis comparativo del diseño de mallas con 12 y 14 pies analizando los patrones de consumo de explosivos relacionados con la geomecánica del macizo rocoso.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló mediante una estrategia metodológica basada en simulación computacional, modelamiento predictivo y análisis descriptivo comparativo, con el objetivo de evaluar el comportamiento técnico-económico del proceso de perforación y voladura en minas subterráneas (Anticona-Cueva et al., 2024). Considerando dos configuraciones operativas: mallas de perforación de 12 y 14 pies. Se construyó un conjunto de datos a partir de parámetros operativos recolectados de campo y literatura técnica. Las variables simuladas incluyeron:

- Longitud del barreno (ft): 12 y 14 pies
- Número de taladros cargados
- Avance por disparo (m)
- Costo de perforación por metro (US\$/m)
- Costo total estimado por metro (US\$/m)

La simulación consideró las características geomecánicas representativas del macizo intensamente fracturado (RMR: 30–32; GSI: 13), en concordancia con entornos de minería subterránea de roca débil. Para estimar el costo total por metro lineal de avance, se implementó un modelo de regresión no lineal utilizando el algoritmo Random Forest Regressor (Breiman, 2001; Genuer et al., 2020), dada su robustez ante datos con ruido y su capacidad de interpretar la importancia relativa de las variables. El modelo de Random Forest para regresión se construye como un ensamble de BBB árboles de decisión independientes, entrenados sobre subconjuntos aleatorios del conjunto de datos. La predicción final del modelo es el promedio de las predicciones individuales de cada árbol.

Dado un conjunto de entrada de características:

$$X = (X_1, X_2, \dots, X_p) \in R^p$$

donde X_j representa la j -ésima variable operativa (por ejemplo: longitud de barreno, número de taladros cargados, costo de perforación, etc.), y una respuesta continua $y \in R$ (en este caso, el costo total por metro),

el modelo de predicción de Random Forest se expresa como:

$$f(x) = \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B T_b(x)$$

donde:

- B: número total de árboles en el bosque.
- $T_b(x)$: predicción del árbol b-ésimo entrenado sobre una muestra bootstrap del conjunto original.
- $f^{\wedge}(x)$: predicción final del modelo Random Forest.

El modelo se entrenó mediante validación cruzada y los resultados fueron evaluados mediante métricas como:

- Coeficiente de determinación R^2
- Raíz del error cuadrático medio (RMSE)

Posteriormente, se calculó la importancia relativa de cada variable en el modelo predictivo para identificar los parámetros más influyentes en la eficiencia operativa.

Se generaron superficies de predicción tridimensionales a partir del modelo Random Forest, evaluando el comportamiento del costo total en función de combinaciones de variables críticas (longitud del barreno y número de taladros cargados), mientras se mantenían constantes las variables secundarias. Estas representaciones facilitaron la identificación de zonas de eficiencia y sensibilidad en el diseño de mallas.

Por otro lado, se realizó un análisis descriptivo y gráfico de la distribución de explosivos por tipo de emulsión (Emulnor 5000, 3000, 1000, 500) y por zona funcional (arranque, ayudas, corona, arrastre, hastial), considerando ambas mallas. Para ello se utilizaron gráficos de barras agrupadas para la comparación global del consumo por tipo de explosivo y mapas de calor para representar visualmente la distribución zonal del patrón de carga y su adecuación geotécnica. Esta metodología permitió correlacionar el patrón de consumo con la naturaleza del macizo y evaluar la eficiencia operativa del diseño bajo criterios técnicos y económicos.

RESULTADOS

Análisis comparativo del uso de explosivos en mallas de perforación de 12 y 14 pies.

La evaluación comparativa del diseño de voladura y consumo de explosivo entre las mallas de perforación de 12 y 14 pies se muestran en las Tablas 1 y 2 respectivamente. Con el objetivo de evaluar el comportamiento operativo y la racionalidad energética del diseño de voladura, se analizó la distribución de los diferentes tipos de explosivos utilizados en las dos configuraciones de malla; donde se reporta el tipo de emulsión empleada en función de la

posición de los taladros dentro del frente de perforación. En la malla de 12 pies, se evidencia una matriz energética dominada por Emulnor 3000 (116 unidades) y un uso considerable de Emulnor 5000 (43 unidades), que representa una configuración de alta densidad energética, adecuada para roca de competencia intermedia a alta. Por el contrario, la malla de 14 pies prescinde completamente del uso de Emulnor 5000, priorizando el empleo de Emulnor 1000 (142 unidades) y Emulnor 500 (72 unidades), con un incremento proporcional también en el uso de Emulnor 3000 (142 unidades).

Tabla 1. Distribución de explosivos para la malla de 12 pies

Tipo	Cantidad Taladros	Emulnor 5000 1 1/4x24	Emulnor 3000 1 1/4x24	Emulnor 1000 1 1/4x16	Emulnor 500 1 1/4x12	Emulnor Otro
Rimado	4	0	0	0	0	0
Arranque	5	25	0	0	0	0
1° Ayuda	4	4	4	16	0	0
2da ayuda	4	4	4	16	0	0
3ra ayuda	4	4	4	16	0	0
4ta ayuda	3	0	0	15	0	0
Ayuda de corona	2	0	0	10	0	0
Ayuda de hastial	3	0	0	15	0	0
Hastial	4	0	0	4	20	0
Corona	5	0	0	0	5	20
Arrastre	5	5	5	20	0	0
Cuneta	1	1	1	4	0	0
Taladros de alivio	10	0	0	0	0	0
Total	54	43	18	116	25	20

Esta redistribución sugiere un cambio estratégico hacia una detonación más controlada, mejor distribuida y adaptada a la condición geomecánica del macizo fracturado ($GSI = 13$; $RMR = 30-32$). En términos zonales, se observa que, en la malla de 12 pies, las áreas de arranque, ayudas secuenciales (1° a 4°) y arrastre concentran una carga combinada de emulsiones de alta y media potencia, buscando generar una fragmentación primaria agresiva. En cambio, en la malla de 14 pies, esas mismas zonas fueron recargadas con emulsiones de potencia intermedia (Emulnor 1000), manteniendo un diseño más homogéneo y conservador, con la ventaja de reducir la probabilidad de sobreexcavación y disminuir el estrés inducido en la periferia.

Asimismo, en zonas de control como corona, hastial y ayudas periféricas, la malla de 14 pies muestra una estrategia de contención más eficaz, empleando ampliamente el Emulnor 500, lo que proporciona un mejor confinamiento del frente sin comprometer la geometría del disparo. Esto contrasta con la malla de 12 pies, donde dichas zonas recibieron cantidades mínimas de carga o no fueron consideradas activamente en el diseño explosivo. Un aspecto destacable es que ambas configuraciones excluyen la carga de taladros de alivio, lo cual es técnicamente apropiado para facilitar el desplazamiento libre del material fragmentado y garantizar una buena ventilación de los gases generados.

Tabla 2. Distribución de explosivos para la malla de 14 pies

Tipo	Cantidad Taladros	Emulnor 5000 1 1/4x24	Emulnor 3000 1 1/4x24	Emulnor 1000 1 1/4x16	Emulnor 500 1 1/4x12	Emulnor Otro
Rimado	4	0	0	0	0	0
Arranque	5	0	0	30	0	0
1° Ayuda	4	0	0	24	0	0
2da ayuda	4	0	0	24	0	0
3ra ayuda	2	0	0	12	0	0
4ta ayuda	1	0	0	5	0	0
Ayuda de corona	3	0	0	0	36	0
Ayuda de hastial	4	0	0	12	24	0
Hastial	4	0	0	0	12	20
Corona	5	0	0	0	0	30
Arrastre	5	0	0	30	0	0
Cuneta	1	0	0	5	0	0
Taladros de alivio	10	0	0	0	0	0
Total	52	0	0	142	72	50

En conjunto, los resultados evidencian que la malla de 14 pies representa un diseño técnico más equilibrado, en el que se distribuye la energía de manera más eficiente sobre una mayor cantidad de puntos de detonación, utilizando explosivos de menor potencia por unidad, lo cual no solo se adapta mejor a la baja resistencia del macizo, sino que también puede mejorar el control del perfil y reducir los costos indirectos asociados al sostenimiento y la sobreexcavación. En este sentido, el patrón observado en la malla de 14 pies, que disminuye el uso de Emulnor 5000 —un explosivo de alta potencia diseñado para rocas muy duras— y

privilegia el uso intensivo de Emulnor 3000 (142 unidades), Emulnor 1000 (72 unidades) y Emulnor 500 (50 unidades), se alinea adecuadamente con las recomendaciones del fabricante para rocas intermedias a blandas.

Este diseño optimiza la entrega energética y reduce el riesgo de sobrevoladura en zonas debilitadas del macizo. En contraste, la malla de 12 pies incluye un uso considerable de Emulnor 5000 (43 unidades), lo cual podría estar asociado a una configuración operativa previa menos adaptada a las condiciones geomecánicas reales, o a requerimientos locales específicos como zonas más competentes o con menor fracturamiento.

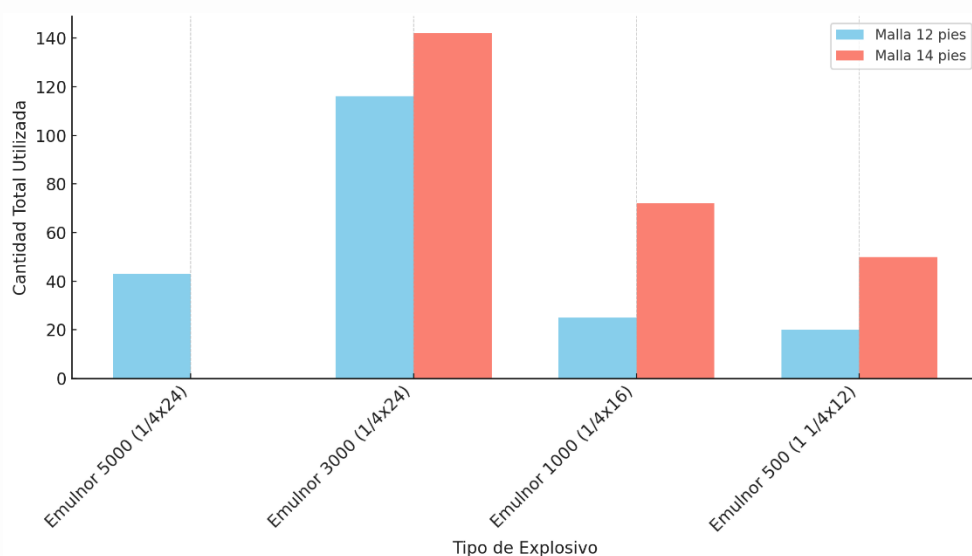


Figura 1. Comparación del uso de explosivos entre las mallas de 12 y 14 pies

Por otro lado, la adopción posterior de un esquema más distribuido en la malla de 14 pies muestra una evolución hacia un diseño más compatible con la naturaleza fracturada del entorno geológico, empleando explosivos de menor densidad energética pero mayor cobertura volumétrica, como el Emulnor 1000 y 500, particularmente en posiciones de control como en los hastiales, corona y ayuda de hastial. Desde una perspectiva técnica, este ajuste en la matriz energética no solo mejora la uniformidad de la fragmentación, sino que minimiza los daños inducidos por voladura secundaria, favorece la estabilidad post-disparo y reduce la necesidad de sostenimiento correctivo. Asimismo, se mejora la eficiencia operativa en términos de

avance por ciclo, reducción de sobreexcavación y consumo específico de explosivo por metro lineal de desarrollo. El análisis comparativo se muestra en la Figura 1.

Análisis comparativo del costo por metro lineal de avance en mallas de 12 y 14 pies

La evaluación económica del sistema de perforación en mallas de 12 y 14 pies evidenció diferencias sustanciales en la estructura de costos por metro lineal de avance. Para la malla de 12 pies, que se muestra en la Tabla 3 el costo total alcanzó US\$ 81,16/m, mientras que en la malla de 14 pies se redujo a US\$ 74,24/m, lo que representa una disminución del 8,5%. Este comportamiento se atribuye a una mayor eficiencia operativa y mejor aprovechamiento de los elementos de desgaste por cada metro perforado, favorecido por el mayor alcance del barreno. En ambos casos, el componente de mayor incidencia en el costo fue la broca botón de 45 mm, representando el 59,2% y 59,1% del costo total en las mallas de 12 y 14 pies, respectivamente.

Tabla 3. Evaluación económica para una malla de 12 pies

Descripción	Unidad	P.P./disp	Vida útil P.P.	Pza/disp	Precio U.S.\$/pza	U.S.\$/mt
Barra 12"	p.p.	602.36	2500	0.24	249.94	19.68
Broca botón 45 mm	p.p.	602.36	300	2.01	73.19	48.02
Broca rimadora 102 mm	p.p.	44.62	2000	0.02	267.93	1.95
Adaptador piloto R32	p.p.	44.62	2000	0.02	119.83	0.87
Shank adapter 1838	p.p.	602.36	7000	0.09	220.44	6.2
Coupling R38-R32	p.p.	602.36	8000	0.08	78.39	1.93
Afilador de broca	p.p.	602.36	10000	0.01	1271.97	2.5
Total						81.16

Sin embargo, en la malla de 14 pies de la Tabla 4, la reducción relativa del uso de la barra de perforación (US\$ 19,68/m en 12 pies frente a US\$ 17,98/m en 14 pies) y del adaptador de vástago (US\$ 6,20/m frente a US\$ 5,66/m) contribuyeron significativamente a la optimización de costos. Asimismo, se observó una ligera disminución en los costos por el uso del afilador de broca y otros componentes auxiliares, lo cual sugiere un menor desgaste relativo en la configuración de barreno más larga. Desde una perspectiva geomecánica, estas diferencias operativas y económicas resultan coherentes con las características del macizo

rocoso, clasificado como intensamente fracturado y de resistencia baja a intermedia (RMR: 30–32; GSI: 13).

Tabla 4. Evaluación económica para una malla de 14 pies

Descripción	Unid ad	P.P./disp	Vida útil P.P.	Pza/disp	Precio U.S.\$/pza	U.S.\$/mt
Barra 12"	p.p.	665.35	2500	0.27	249.94	17.98
Broca botón 45 mm	p.p.	665.35	300	2.22	73.19	43.87
Broca rimadora 102 mm	p.p.	51.18	2000	0.03	267.93	1.85
Adaptador piloto R32	p.p.	51.18	2000	0.03	119.83	0.83
Shank adapter 1838	p.p.	665.35	7000	0.1	220.44	5.66
Coupling R38-R32	p.p.	665.35	8000	0.08	78.39	1.76
Afilador de broca	p.p.	665.35	10000	0.01	1271.97	2.29
Total						74.24

En tales condiciones, el uso de componentes más durables y menos agresivos permite mantener la eficiencia sin comprometer la estabilidad estructural. Adicionalmente, esta configuración se integra de manera sinérgica con el patrón de carga explosiva optimizado previamente, donde la malla de 14 pies emplea explosivos de menor potencia (Emulnor 1000 y 500), adaptados al entorno geotécnico, minimizando el daño inducido y mejorando la fragmentación.

En conjunto, los resultados sugieren que el uso de barrenos de 14 pies no solo optimiza el rendimiento energético de los equipos y reduce el desgaste de los componentes críticos, sino que también permite una distribución de costos más eficiente por metro lineal, particularmente en macizos rocosos de baja competencia. Esta evidencia respalda la implementación de configuraciones más profundas como una estrategia válida para mejorar la sostenibilidad económica y técnica en operaciones de desarrollo subterráneo.

Comportamiento operativo y económico del proceso de perforación y voladura mediante simulación de datos representativos, incorporando variables críticas

El análisis del comportamiento técnico y económico del proceso de perforación y voladura se realizó a partir de un conjunto de datos simulados que incluye las variables

operativas críticas: longitud del barreno de 12 como de 14 pies, el número de taladros cargados, avance por disparo y costo de perforación por metro lineal. Estas variables fueron seleccionadas por su influencia directa en la eficiencia del ciclo de minado subterráneo y su vinculación con el diseño de mallas. Los resultados, sintetizados en la Tabla 5, muestran que la malla de 14 pies permite una mayor eficiencia operativa en términos económicos. Específicamente, se obtuvo un costo total promedio de 294.52 US\$/m, frente a 302.44 US\$/m en la malla de 12 pies, lo que representa una reducción relativa del 2.62%. Este comportamiento se explica por un mejor aprovechamiento del avance lineal en la malla más larga, a pesar de implicar un incremento en la cantidad de taladros cargados (promedio de 40.27 frente a 38.13 en 12 pies).

En términos de rendimiento físico, la malla de 14 pies también mostró un ligero incremento en el avance por disparo (3.66 m frente a 3.61 m), aunque esta diferencia fue marginal. En cambio, el costo de perforación por metro fue más bajo para la malla de 14 pies (76.39 US\$/m) en comparación con 12 pies (77.96 US\$/m), reforzando el hallazgo de mayor eficiencia de costos con diseños más extensos. La Figura 1 complementa este análisis al mostrar la dispersión del costo total en función del avance por disparo, diferenciando los escenarios según la longitud del barreno. Se observa una mayor concentración de valores eficientes (costos bajos con altos avances) en los diseños de 14 pies, lo cual confirma su mejor desempeño operacional en la simulación.

Estos resultados permiten concluir que, bajo las condiciones simuladas, las configuraciones de mayor longitud de barreno ofrecen ventajas operativas y económicas al reducir el costo total unitario sin comprometer el rendimiento físico del avance. La simulación de datos operativos constituye así una herramienta válida para el diseño técnico y económico de patrones de perforación en minería subterránea.

Tabla 5. Eficiencia operativa en términos económicos de las mallas de perforación.

Longitud barreno ft	Prom Taladros	Desv Taladros	Prom Avance	Desv Avance	Prom Costo Perf	Desv Costo Perf	Prom Costo Total	Desv Costo Total
12	39.41	2.87	3.61	0.19	76.32	3.57	321.42	5.84
14	40.16	3.26	3.65	0.19	78.12	2.34	328.07	6.67

En la misma Figura 2, se sintetizan los resultados del análisis operativo y económico a través de distintos enfoques visuales. El modelo Random Forest (Figura 2A) destaca al costo de perforación como la variable más influyente. La distribución del costo total (Figura 2B) muestra una concentración en el rango de 320–330 US\$/m. El boxplot por longitud (Figura 2C) evidencia una mediana más baja en la malla de 14 pies, mientras que la Figura 2D confirma una relación positiva entre el costo específico de perforación y el costo total unitario.

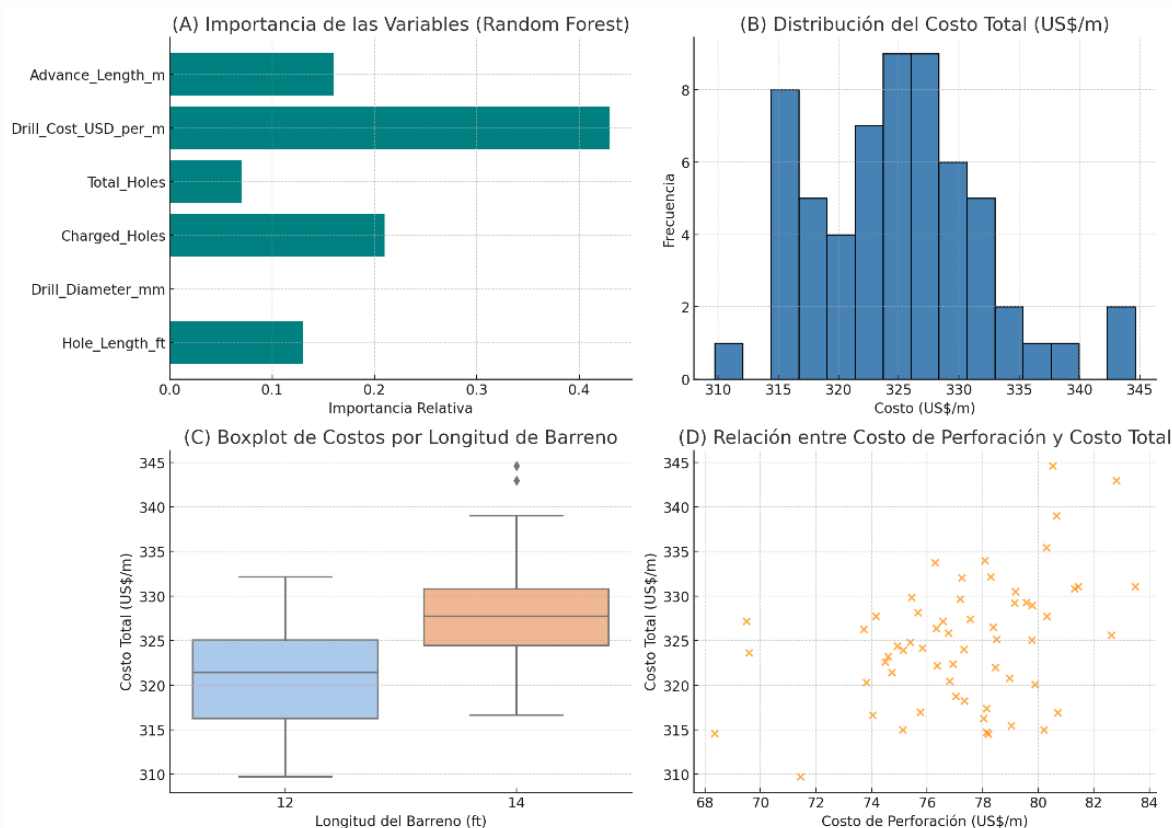


Figura 2. Análisis de costos por componentes

Implementación de modelos predictivos para la estimación del costo total y análisis de sensibilidad de variables operativas

Con el objetivo de cuantificar la influencia de parámetros operacionales en el comportamiento económico del proceso de desarrollo subterráneo, se implementó un modelo predictivo basado en el algoritmo Random Forest Regressor, reconocido por su capacidad para

manejar relaciones no lineales y mitigar el sobreajuste en entornos de alta variabilidad. Este modelo se utilizó para predecir el costo total por metro lineal de avance (US\$/m) a partir de un conjunto de variables técnicas representativas del ciclo de perforación y voladura.

El conjunto de predictores considerado incluyó:

- Longitud del barreno (Hole_Length_ft)
- Diámetro de perforación (Drill_Diameter_mm)
- Número de taladros cargados (Charged_Holes) y total (Total_Holes)
- Costo de perforación por metro (Drill_Cost_USD_per_m)
- Longitud de avance por disparo (Advance_Length_m)

El modelo se entrenó utilizando validación cruzada y optimización de hiperparámetros, alcanzando un coeficiente de determinación $R^2=0.25$ y un RMSE de 5.87, lo que indica una capacidad predictiva razonable considerando la naturaleza simulada y la dispersión de los datos. Aunque el ajuste no es alto, los resultados son interpretables y consistentes con el comportamiento físico del sistema, lo que valida su uso como herramienta de apoyo al análisis de sensibilidad.

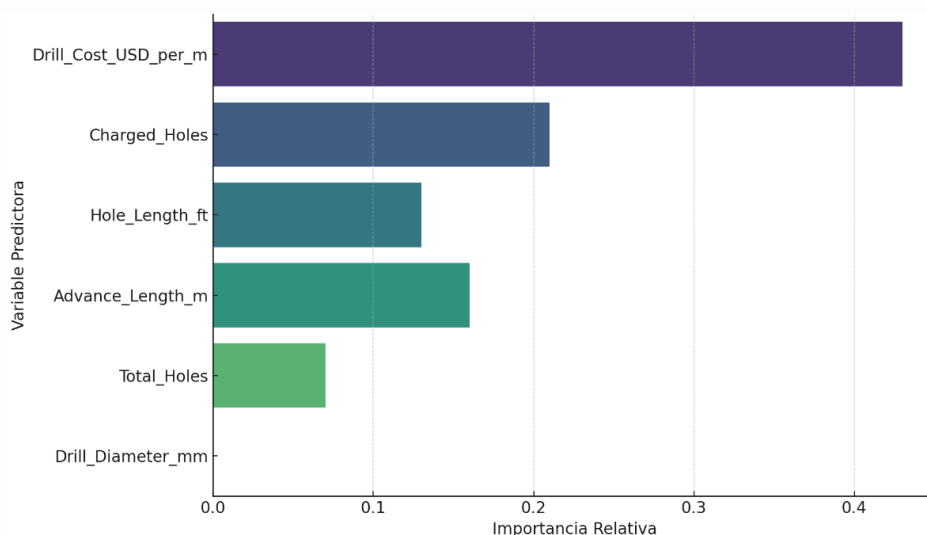


Figura 3. Importancia relativa de las variables en el modelo Random Fores

La Figura 3 muestra el análisis de importancia relativa de variables; se observa que la variable más influyente es el costo de perforación por metro, con un peso explicativo de 43%, lo cual es coherente con el hecho de que esta variable refleja costos directos acumulativos asociados a la etapa de perforación. Le siguen en importancia el número de taladros cargados (21%), la longitud del barreno (13%), y la longitud de avance (16%), todas ellas directamente asociadas al diseño de la malla y la eficiencia del uso de explosivos. En contraste, el número total de taladros y el diámetro de perforación mostraron escasa contribución al modelo, posiblemente por su baja variabilidad relativa dentro del conjunto de datos.

Visualización tridimensional de relaciones no lineales mediante superficies de predicción.

Con la finalidad de facilitar la interpretación operativa de las interacciones complejas entre variables técnicas involucradas en el proceso de perforación y voladura, se desarrolló una visualización tridimensional de superficie de predicción basada en el modelo Random Forest previamente entrenado. El propósito de esta herramienta es identificar relaciones no lineales y zonas de sensibilidad operativa que no son fácilmente detectables mediante análisis bidimensionales convencionales. La representación se construyó a partir de combinaciones simuladas de dos variables operativas críticas:

- Longitud del barreno (ft)
- Número de taladros cargados.

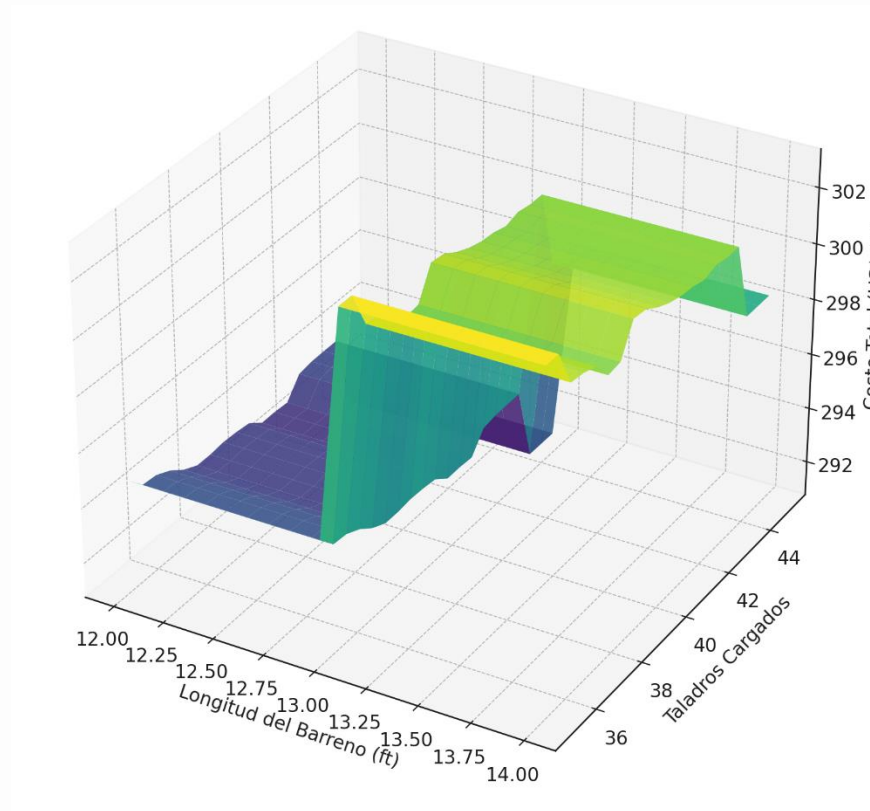


Figura 4. Superficie de predicción del costo total (modelo Random Forest)

Mientras que las demás variables predictoras, como el avance por disparo y el costo específico de perforación, se mantuvieron constantes en su valor medio para aislar el efecto del conjunto de las variables seleccionadas sobre el costo total estimado (US\$/m). La Figura 4 muestra la superficie de predicción generada, donde se observa un patrón curvilíneo y continuo con regiones suavemente estratificadas. El modelo predice que las configuraciones más eficientes (menor costo total) se concentran en la zona intermedia del espacio de diseño, correspondiente a longitudes de barreno entre 12.5 y 13.5 pies y número de taladros cargados entre 38 y 41. Esta zona representa una condición óptima donde la energía aplicada es suficiente para generar avance sin incurrir en costos excesivos por sobrecarga o sobreexcavación.

La superficie de predicción tridimensional del costo total por metro de avance (US\$/m), en función de la longitud del barreno y el número de taladros cargados, generada a partir del modelo Random Forest, muestra las zonas más oscuras que representan configuraciones operativas con menor costo proyectado. Las variables de avance y costo

específico de perforación se mantuvieron constantes en sus valores medios para aislar el efecto de los parámetros estructurales del diseño de malla. Asimismo, se identifican zonas de mayor pendiente en la superficie, lo que indica alta sensibilidad del modelo frente a variaciones pequeñas en los parámetros de entrada, especialmente cuando se superan los 14 pies de longitud o se reduce el número de taladros por debajo de 36. Estas regiones representan puntos críticos donde decisiones de diseño subóptimas pueden impactar de forma significativa en los costos operativos.

Este tipo de representación tridimensional se constituye en una herramienta robusta para la optimizar el diseño de mallas, ya que permite visualizar en un único espacio las relaciones de causa-efecto entre parámetros clave, contribuyendo a la toma de decisiones basada en evidencia cuantitativa.

Comparación del patrón de consumo de explosivos entre mallas de 12 y 14 pies y su relación con la geomecánica y la eficiencia operativa.

El análisis comparativo entre las configuraciones de malla de perforación de 12 y 14 pies se centró en evaluar la distribución y selección de explosivos tipo Emulnor, considerando su nivel energético y adecuación al entorno geomecánico, caracterizado por un macizo muy fracturado ($GSI = 13$; $RMR = 30-32$). Para ello, se elaboró un mapa de calor por zona funcional del frente de voladura (arranque, ayudas, arrastre, corona y hastial), el cual permite visualizar cuantitativamente el patrón de carga de cada tipo de emulsión por configuración de malla. Los resultados se presentan en la Figura 5.

La malla de 12 pies muestra un perfil energético más concentrado, con alto uso de Emulnor 3000 en zonas de arranque y arrastre, así como presencia puntual de Emulnor 5000 (alta potencia) en taladros de carga directa. Este enfoque favorece la fragmentación agresiva, pero puede inducir sobrecarga energética y daños colaterales en macizos débiles.

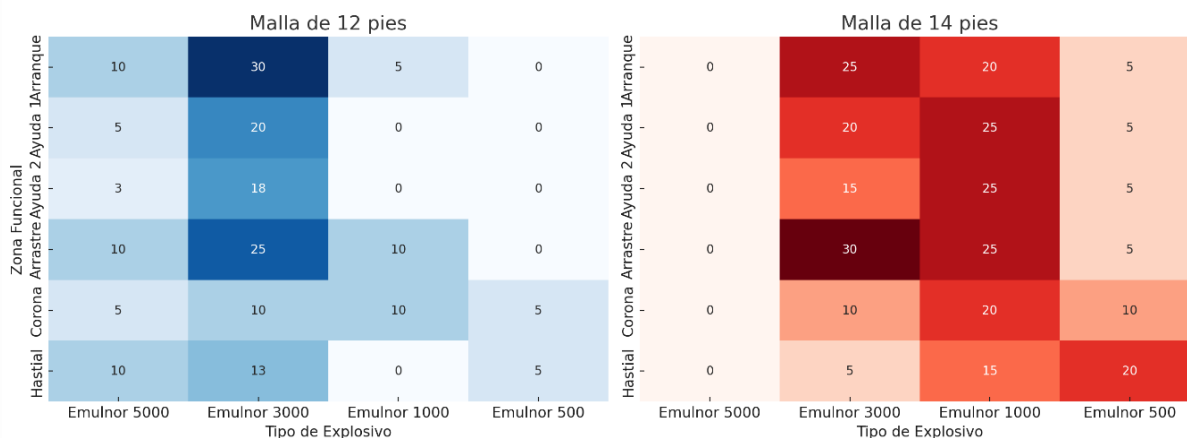


Figura 5. Mapa de calor del uso de explosivos por zona funcional.

Por el contrario, la malla de 14 pies evidencia una redistribución estratégica de la energía; aquí se elimina completamente el uso de Emulnor 5000, más bien se amplía el uso de Emulnor 1000 y Emulnor 500, y se incrementa la cobertura energética en zonas de control geométrico como la corona y el hastial. Este patrón es consistente con una estrategia de voladura optimizada, que prioriza el avance controlado y la estabilidad del contorno sobre la agresividad de la fragmentación. La elección de emulsiones de menor energía específica se traduce en una reducción de los riesgos de sobreexcavación, mejora del perfil post-disparo y una reducción de los costos indirectos asociados al sostenimiento.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los hallazgos obtenidos en el estudio aportan evidencia relevante sobre la relación de parámetros operativos y costos de perforación y voladura subterránea, en particular cuando se trata de macizos rocosos fracturados. La aplicación del modelo de regresión Random Forest permitió identificar que el costo de perforación por metro es la variable más influyente (43%), seguido del número de taladros cargados (21%) y la longitud del barrenos (13%). Estos resultados coinciden con investigaciones previas que destacan el impacto económico directo del diseño de malla sobre la eficiencia operativa (Fattahi et al., 2024; Anticono-Cueva et al., 2024).

La visualización tridimensional de relaciones no lineales a través de superficies de predicción reveló regiones críticas donde pequeñas variaciones en los parámetros de entrada generan

grandes impactos en los costos totales. Este hallazgo resalta el valor de los modelos no paramétricos en minería subterránea, superando en capacidad predictiva y robustez a métodos tradicionales lineales. Estudios como los de Allen Akselrud (2024) y Kumar Bhagat et al. (2022) corroboran la efectividad del Random Forest para captar complejidades inherentes a sistemas con alta variabilidad y ruido. Mientras que, desde una perspectiva técnica-operativa, el análisis comparativo entre mallas de 12 y 14 pies evidenció que una longitud mayor de barreno se traduce en un menor costo total unitario y una distribución energética más equilibrada.

Por otro lado, el patrón de uso de emulsiones en la malla de 14 pies, dominado por Emulnor 1000 y 500, favoreció la reducción de sobreexcavación y daños inducidos, alineándose con propuestas de voladura controlada como las sugeridas por Pomasoncco-Najarro et al. (2022). Contrariamente, configuraciones de alta densidad energética como en la malla de 12 pies mostraron menor compatibilidad con rocas más débiles, lo cual es coherente con estudios que evalúan la sobreexcavación en túneles mediante aprendizaje automático (Jin et al., 2025; Hong et al., 2023). Entre las principales aportaciones de este trabajo se destacan: (i) el uso combinado de simulación de datos y aprendizaje automático para evaluar escenarios de diseño; (ii) la representación tridimensional de zonas de eficiencia y sensibilidad operativa; y (iii) la validación del modelo con variables críticas del proceso de perforación y voladura considerando algunas limitaciones.

El modelo predictivo alcanzó un R^2 de 0.25, lo que indica una capacidad explicativa moderada. Esto puede deberse a la naturaleza de los datos y a la falta de incorporación de variables geotécnicas continuas como el índice RQD o la resistencia uniaxial, las cuales podrían mejorar la precisión del modelo. Futuras investigaciones deberían considerar integrar una mayor cantidad de datos recolectados mediante monitoreo en tiempo real y sensores MWD (Measurement While Drilling), así como explorar métodos de optimización multicriterio que incluyan factores ambientales y de seguridad operacional. Asimismo, se sugiere evaluar la aplicabilidad de modelos híbridos como XGBoost y redes neuronales profundas, tal como lo indican trabajos recientes en predicción de sobreexcavación y fragmentación (Hong et al., 2023; He et al., 2023).

En síntesis, el estudio permite el desarrollo de herramientas analíticas para el diseño racional de patrones de perforación y voladura, consolidando la utilidad del aprendizaje

automático como soporte en la toma de decisiones en minas subterráneas. Se propone un enfoque integral basado en algoritmos de aprendizaje automático y simulación para modelar y optimizar los costos de perforación y voladura, permitiendo una mejor comprensión de los factores que inciden en la eficiencia técnica y económica del proceso. Se identificó que el costo de perforación por metro, el número de taladros cargados y la longitud del barreno son las variables con mayor impacto en el costo total, representando conjuntamente más del 75% de la importancia relativa en el modelo.

La implementación del algoritmo Random Forest, complementado con superficies de predicción en 3D, permitió detectar relaciones no lineales entre variables operativas y costos, facilitando la identificación de zonas óptimas de diseño bajo condiciones simuladas. Por otro lado, el análisis entre mallas de 12 y 14 pies evidenció que configuraciones con mayor espaciamiento pueden ser más eficientes en costos, siempre que se adapten a las características del macizo rocoso. La malla de 14 pies presentó menores costos unitarios y un mejor desempeño en términos de distribución energética. Así mismo se ha demostrado la viabilidad de aplicar técnicas de inteligencia artificial en procesos tradicionales como la perforación y voladura, abriendo oportunidades para su integración en sistemas de planificación y control en tiempo real.

Si bien se ha demostrado la utilidad del modelo, la limitación en la cantidad de datos tomados y la ausencia de variables geotécnicas continuas limitaron la capacidad explicativa ($R^2 = 0.25$). Se recomienda ampliar el modelo con datos empíricos y técnicas de minería de datos en tiempo real para incrementar su aplicabilidad práctica. En conjunto, los resultados respaldan el potencial del modelamiento inteligente como herramienta de soporte para el diseño técnico-económico de operaciones de perforación y voladura, contribuyendo a una minería subterránea más eficiente, segura y sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Abbaspour, H., Drebenstedt, C., Badroddin, M., & Maghaminik, A. (2018). Optimized design of drilling and blasting operations in open pit mines under technical and economic uncertainties by system dynamic modelling. *International Journal of Mining Science and Technology*, 28(6), 839-848. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2018.06.009>
- Allen Akselrud, C. I. (2024). Random forest regression models in ecology: Accounting for messy biological data and producing predictions with uncertainty. *Fisheries Research*, 280, 107161. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fishres.2024.107161>
- Anticona-Cueva, J. Y., Noriega-Vidal, E. M., Cotrina-Teatino, M. A., & Arango-Retamozo, M. S. M. (2024). Evaluation of Predictive Models for the Optimization of the Cost of Unit Operations in Artisanal Underground Mining. *Mathematical Modelling of Engineering Problems*, 11(11). <https://doi.org/https://doi.org/10.18280/mmep.111103>
- Berrosapi, E. V. R. (2019). Optimización de la perforación y voladura para mejorar la zona de profundización en la mina Andaychagua de la Cía. minera Volcan SAA.
- Breiman, L. (2001). Statistics department university of california berkeley, ca 94720. 2001. *Random Forests*.
- Diaz-Martinez, J. C., Guarin-Aragon, M. A., & Jimenez-Builes, J. A. (2012). Análisis y diseño de la operación de perforación y voladuras en minería de superficie empleando el enfoque de la programación estructurada. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, 15-22. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-36302012000200002&nrm=iso
- Fattahi, H., Ghaedi, H., & Armaghani, D. J. (2024). Enhancing blasting efficiency: A smart predictive model for cost optimization and risk reduction. *Resources Policy*, 97, 105261. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.105261>
- Genuer, R., Poggi, J.-M., Genuer, R., & Poggi, J.-M. (2020). Introduction to random forests with R. *Random Forests with R*, 1-8.
- Hao, Y.-M., Wei, X.-D., Li, Q., & Zhao, G.-F. (2024). A feasible approach for engineering-scale 3D blasting numerical modelling incorporating explosive charges and layout design. *Computers and Geotechnics*, 170, 106253. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2024.106253>
- Hong, Z., Tao, M., Liu, L., Zhao, M., & Wu, C. (2023). An intelligent approach for predicting overbreak in underground blasting operation based on an optimized XGBoost model.

- Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 126, 107097.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.107097>
- Jin, H., Fang, Q., Wang, J., Chen, J., Wang, G., & Zheng, G. (2025). Semi-supervised method for tunnel blasting quality prediction using measurement while drilling data. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 17(5), 2633-2649.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2024.11.041>
- Khademian, A. (2024). Optimization of blasting patterns in Esfordi phosphate mine using hybrid analysis of data envelopment analysis and multi-criteria decision making. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 133, 108061.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.engappai.2024.108061>
- Kumar Bhagat, N., Mishra, A. K., Singh, R. K., Sawmliana, C., & Singh, P. K. (2022). Application of logistic regression, CART and random forest techniques in prediction of blast-induced slope failure during reconstruction of railway rock-cut slopes. *Engineering Failure Analysis*, 137, 106230. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2022.106230>
- Mabe, F. N., Dauda, A., & Owusu-Sekyere, E. (2023). Artisanal small-scale mining, farm labour attraction and household welfare in Ghana. *Resources Policy*, 86, 104208.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104208>
- Munagala, V., Thudumu, S., Logothetis, I., Bhandari, S., Vasa, R., & Mouzakis, K. (2024). A comprehensive survey on machine learning applications for drilling and blasting in surface mining. *Machine Learning with Applications*, 15, 100517.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.mlwa.2023.100517>
- Pomasoncco-Najarro, A., Trujillo-Valerio, C., Arauzo-Gallardo, L., Raymundo, C., Quispe, G., & Dominguez, F. (2022). Pre-split blasting design to reduce costs and improve safety in underground mining. *Energy Reports*, 8, 1208-1225.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.07.109>
- Zhao, Y., Feng, S., Zhang, X., Zheng, Q., & Cao, B. (2024). Numerical analysis of the impact of drill-and-blast tunneling on an overlying landfill. *Computers and Geotechnics*, 170, 106296.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2024.106296>

CAPÍTULO 9

APLICACIÓN DE SIG PARA EL ANÁLISIS MORFOMÉTRICO Y LA DELIMITACIÓN DE LA SUBCUENCA CCORIPACCOCHA EN LA CUENCA PARINACOCHAS, PERÚ⁷⁷

APPLICATION OF GIS FOR THE MORPHOMETRIC ANALYSIS AND DELIMITATION OF THE CCORIPACCOCHA SUB-BASIN IN THE PARINACOCHAS BASIN, PERU

Emmanuel Hernán Tummy Gómez⁷⁸

Américo Arizaca Avalos⁷⁹

Fidel Huisa Maman⁸⁰

German Quille Calizaya⁸¹

Maikol Jhordan Huisa Valdivia⁸²

Carlos Paul Hanco Ramos⁸³

Pares evaluadores: Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES.⁸⁴

⁷⁷ Derivado del proyecto de investigación: Aplicación de Sig para el análisis morfométrico y la delimitación de la subcuenca ccoripacchocha en la cuenca Parinacochas, Perú

⁷⁸ Ingeniero de Minas, Universidad Nacional del Altiplano, Maestro de Seguridad y Salud Ocupacional, UNA Puno, Docente, UNA Puno.

⁷⁹ Ingeniero de Minas, Universidad Nacional del Altiplano, Doctor en Ciencia Tecnología y Medio Ambiente, UNA Puno, Docente, UNA Puno.

⁸⁰ Ingeniero de Minas, Universidad Nacional del Altiplano, Empresa Minera Stracon SA

⁸¹ Ingeniero Químico, Universidad Nacional del Altiplano, Doctor en Ciencia y tecnología UNA Puno, Docente UNA Puno

⁸² Ingeniero Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú, Docente Pontificia Universidad Católica del Perú

⁸³ Ingeniero de Minas, Universidad Nacional del Altiplano, Maestro en Seguridad y Salud Ocupacional UNA Puno, Docente UNA Puno

⁸⁴ Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES. www.rediees.org

APLICACIÓN DE SIG PARA EL ANÁLISIS MORFOMÉTRICO Y LA DELIMITACIÓN DE LA SUBCUENCA CCORIPACCOCHA EN LA CUENCA PARINACOCHAS, PERÚ⁸⁵

Emmanuel Hernán Tummy Gómez⁸⁶, Américo Arizaca Avalos⁸⁷, Fidel Huisa Maman⁸⁸, German Quille Calizaya⁸⁹, Maikol Jhordan Huisa Valdivia⁹⁰, Carlos Paul Hanco Ramos⁹¹

RESUMEN

El presente estudio se tiene como objetivo la delimitación y caracterización morfométrica de la subcuenca Ccoripacocha, ubicada en la cuenca Parinacochas, región Ayacucho, Perú, mediante la aplicación de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Modelos Digitales de Elevación (DEM). Se utilizó el entorno ArcGIS para realizar el procesamiento hidrológico de datos topográficos, que incluyó la corrección de sumideros, el análisis de dirección y acumulación de flujo, la delimitación de la subcuenca y la conversión de redes de drenaje a formato vectorial. La subcuenca delimitada tiene un área total de 10,499.57 hectáreas y presenta un marcado gradiente altitudinal de aproximadamente 850 metros, con cotas entre los 4,050 y 4,900 m.s.n.m. El análisis morfométrico permitió identificar una red de drenaje jerarquizada, una morfología alargada y una pendiente media moderada, características que inciden directamente en el comportamiento hidrológico y los tiempos de concentración. Además, se identificaron un total de 4,658 unidades hidrográficas dentro de la cuenca general, reflejando una alta fragmentación del paisaje. Los resultados fueron integrados mediante productos cartográficos, gráficos de barras, lo cual permitió una evaluación geomorfológica integral. Este trabajo evidencia el valor del uso combinado de SIG y percepción remota en la caracterización de cuencas altoandinas y plantea, como línea futura, la incorporación de

⁸⁵Derivado del proyecto de investigación: Aplicación de Sig para el análisis morfométrico y la delimitación de la subcuenca ccoripacocha en la cuenca Parinacochas, Perú

⁸⁶Ingeniero de Minas, Universidad Nacional del Altiplano, Maestro de Seguridad y Salud Ocupacional, UNA Puno, Docente, UNA Puno.

⁸⁷Ingeniero de Minas, Universidad Nacional del Altiplano, Doctor en Ciencia Tecnología y Medio Ambiente, UNA Puno, Docente, UNA Puno.

⁸⁸Ingeniero de Minas, Universidad Nacional del Altiplano, Empresa Minera Stracon S

⁸⁹Ingeniero Químico, Universidad Nacional del Altiplano, Doctor en Ciencia y tecnología UNA Puno, Docente UNA Puno

⁹⁰Ingeniero Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú, Docente Pontificia Universidad Católica del Perú

⁹¹Ingeniero de Minas, Universidad Nacional del Altiplano, Maestro en Seguridad y Salud Ocupacional UNA Puno, Docente UNA Puno

modelos de aprendizaje automático para la predicción de variables hidrológicas en escenarios de cambio climático y de poca accesibilidad.

ABSTRACT

This study focused on the delineation and morphometric characterization of the Ccoripaccocha sub-basin, located within the Parinacochas basin in the Ayacucho region of Peru, through the application of Geographic Information Systems (GIS) and Digital Elevation Models (DEM). The ArcGIS environment was used to conduct hydrological processing of topographic data, including sink filling, flow direction and accumulation analysis, watershed delineation, and the conversion of drainage networks into vector format. The delineated sub-basin covers a total area of 10,499.57 hectares and exhibits a marked altitudinal gradient of approximately 850 meters, with elevations ranging from 4,050 to 4,900 meters above sea level. The morphometric analysis identified a hierarchical drainage network, an elongated morphology, and moderate average slope, characteristics that directly influence the basin's hydrological behavior and concentration times. Additionally, a total of 4,658 hydrological units were identified within the main basin, reflecting high landscape fragmentation. The results were integrated through cartographic products, bar graphs, and hypsometric curves, enabling a comprehensive geomorphological assessment. This work highlights the value of combining GIS and remote sensing techniques in the characterization of high Andean basins, and proposes, as a future research line, the incorporation of machine learning models to improve the prediction of hydrological variables under scenarios of climate change and anthropogenic pressure.

PALABRAS CLAVE: Cuencas altoandinas, Sistemas de Información Geográfica (SIG), Morfometría de cuencas, Modelos de Elevación Digital (DEM).

Keywords: High Andean basins, Geographic Information Systems (GIS), Watershed morphometry, Digital Elevation Models (DEM).

INTRODUCCIÓN

El análisis morfométrico de cuencas hidrográficas, apoyado en sistemas de información geográfica (SIG) y modelos digitales de elevación (DEM), se ha consolidado como una herramienta eficaz para caracterizar cuantitativamente los sistemas de drenaje y evaluar su comportamiento hidrológico y geomorfológico (Krishnan & Arjun, 2024; Krupavathi et al., 2024). Este enfoque permite identificar parámetros clave como la densidad de drenaje, la razón de bifurcación, la forma de la cuenca, y el índice hipsométrico, los cuales son fundamentales para el manejo de recursos hídricos, la mitigación de riesgos hidrológicos y el diseño de medidas de conservación (Huang & Lee, 2021; Krupavathi et al., 2024). Juegan un rol importante los Sistemas de Información Geográfica (SIG); para la determinaron de los parámetros lineales, areales y de relieve, lo que permite caracterizar la red de drenaje, la forma de la cuenca y su pendiente media (Cruz et al., 2015; Piégay & Schumm, 2003).

En regiones de geodinámica activa como los Andes y otras zonas montañosas del mundo, la comprensión de la estructura topográfica y la red de drenaje permite inferir umbrales geomorfológicos para procesos como escorrentías y avenidas (Oñate-Valdivieso et al., 2021). Estudios recientes en la cuenca del Amazonas y en otras cuencas sudamericanas han destacado la diversidad morfológica y su influencia en los regímenes hidrológicos (Oñate-Valdivieso et al., 2021). Por su parte Mabe et al. (2023) precisa que en la cuenca de el Salto se presenta una morfología alargada, con pendientes moderadas y baja densidad de drenaje, lo que influye en el comportamiento hidrológico, el uso de SIG permitió una caracterización eficiente, evidenciando la utilidad de los análisis morfométricos para la planificación territorial, la gestión del recurso hídrico y la evaluación de riesgos ambientales.

La integración de imágenes satelitales, sensores remotos y SIG ha sido aplicada exitosamente en diversas regiones para la interpretación de unidades litológicas, estructuras lineales y parámetros morfométricos (Bishta & Qudsi, 2023). Estas tecnologías facilitan el análisis detallado del relieve y la red de drenaje, incluso en áreas remotas o de difícil acceso (Krishnan & Arjun, 2024). Por ejemplo, estudios en Arabia Saudita, India y Canadá han utilizado Landsat, SRTM y otros productos derivados para evaluar la evolución geomorfológica y la respuesta hidrológica de diversas cuencas (Aryal et al., 2024; Bishta & Qudsi, 2023; Krupavathi et al., 2024). Los modelos de elevación digital y el uso de sensores remotos, específicamente modelos digitales de elevación (DEM), como insumo principal para

el análisis morfométrico de las cuencas, permiten extraer con precisión parámetros geomorfológicos relevantes mediante técnicas SIG, destacando el valor del remoto en la caracterización física de cuencas hidrográficas de difícil acceso (Bustos & Georgieff, 2020).

A nivel metodológico, el uso de modelos de aprendizaje automático ha comenzado a integrarse en la predicción espacial y temporal de variables hidrológicas, sustentado en factores geomorfológicos y topográficos derivados del análisis SIG (Huang & Lee, 2021). Este enfoque permite superar limitaciones de los modelos hidrodinámicos tradicionales y lograr estimaciones más robustas en cuencas con datos limitados. El empleo de modelos de aprendizaje automático en la gestión de cuencas permite integrar grandes volúmenes de datos hidroclimáticos y morfométricos para predecir con mayor precisión la disponibilidad hídrica y apoyar la toma de decisiones; demostrándose la eficacia de algoritmos supervisados en la clasificación y evaluación de variables hidrológicas clave, destacando su potencial como herramienta de soporte para la planificación territorial y la adaptación al cambio climático (Rodriguez et al., 2021).

En este contexto, el presente estudio se enfoca en la caracterización física básica y el análisis morfométrico de la subcuenca Ccoripacocha (cuenca Parinacochas, Perú), con el objetivo de identificar patrones de drenaje, evaluar índices morfológicos e interpretar la evolución geomorfológica de la cuenca a través de la curva hipsométrica. La investigación se sustenta en una base metodológica ampliamente validada en diversas cuencas montañosas del mundo, con el propósito de aportar a la gestión integral de los recursos hídricos en el contexto andino.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

La subcuenca de Ccoripacocha, ubicada en el distrito de coronel Castañeda (provincia de Parinacochas, región Ayacucho, Perú), se encuentra en el altiplano surandino y se distingue por su topografía abrupta, con altitudes que oscilan entre los 3,000 y 5,000 metros sobre el nivel del mar. El paisaje incluye altiplanicies desgastadas, colinas estructurales y laderas empinadas, donde en muchos lugares las pendientes superan el 50 %, creando un entorno muy dinámico.

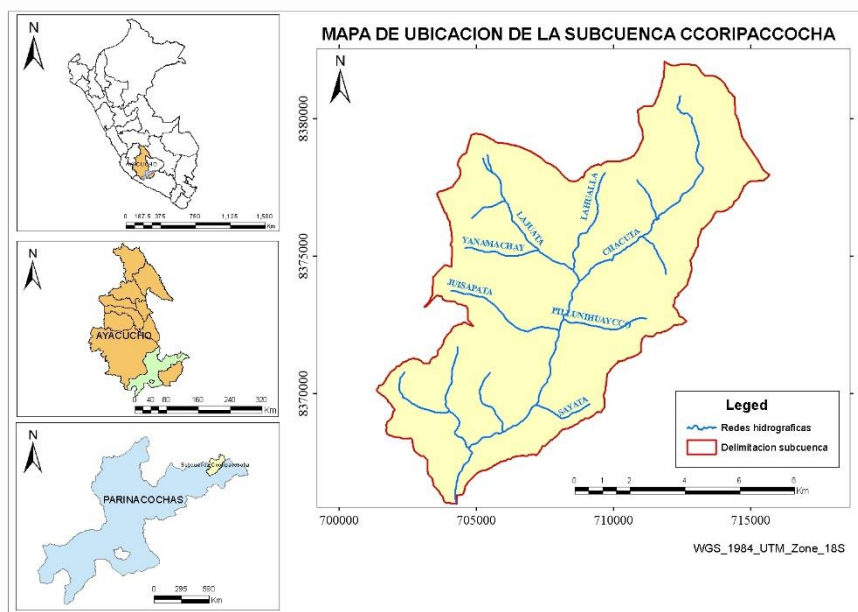


Figura 1. Subcuenca de Ccoripacocha en la Región Ayacucho

Desde el punto de vista fisiográfico, forma parte de un sistema montañoso que está influenciado por la tectónica activa de la deflexión de Abancay. En términos geomorfológicos, la subcuenca muestra signos de procesos glaciares y periglaciares del cuaternario, con depósitos morrénicos, coluviales y terrazas fluvio-volcánicas que han sido erosionadas. La red hidrográfica está compuesta por ríos temporales y permanentes, organizados en microcuencas que se unen al eje principal de drenaje de Ccoripacocha. Estas corrientes tienen un régimen estacional, aumentando su caudal durante la temporada de lluvias, y juegan un papel fundamental en la erosión y el transporte de sedimentos.

1. Recolección de datos

Para la recolección de datos geoespaciales, se utilizó un Modelo Digital de Elevación (DEM) con resolución espacial de 30 metros, obtenido del Geoservidor del Ministerio del Ambiente (MINAM) de Perú. Esta plataforma digital proporciona acceso gratuito a datos raster, incluyendo el ASTER GDEM, los cuales son fundamentales para realizar análisis espaciales precisos. El Geoservidor del MINAM es una herramienta clave para especialistas en hidrología y geomorfología, permitiendo la descarga de información útil para la delimitación de cuencas hidrográficas y la modelación de redes de drenaje. La disponibilidad y calidad de estos datos garantizan una base confiable para el cálculo de parámetros

morfométricos y la clasificación cuantitativa de las cuencas. El acceso a los datos se realizó a través del siguiente enlace:

http://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor/download_raster.aspx.

2. Preparación del modelo digital de elevación (MDE)

El Modelo Digital de Elevación (MDE) del Geoservidor del MINAM, específicamente datos ASTER GDEM con resolución de 30 m, se cargó en ArcGIS para una inspección visual de anomalías y valores nulos. Se corrigieron sumideros artificiales mediante la herramienta Fill, siguiendo la ruta: *ArcTool Box_Spatial Analyst Tools_Hydrology_Fill*. Luego, se reproyectó al sistema métrico Transverse Mercator para asegurar cálculos precisos. Finalmente, se verificó la cobertura total del área de estudio, siguiendo metodologías similares propuestas por (Pérez-López et al., 2022a).

3. Preparación del modelo digital de elevación (MDE)

El Modelo Digital de Elevación (MDE) del Geoservidor del MINAM, específicamente datos ASTER GDEM con resolución de 30 m, se cargó en ArcGIS para una inspección visual de anomalías y valores nulos. Se corrigieron sumideros artificiales mediante la herramienta Fill, siguiendo la ruta: *ArcTool Box_Spatial Analyst Tools_Hydrology_Fill*. Luego, se reproyectó al sistema métrico Transverse Mercator para asegurar cálculos precisos. Finalmente, se verificó la cobertura total del área de estudio, siguiendo metodologías similares propuestas por (Pérez-López et al., 2022b).

4. Dirección de flujo

La dirección de flujo es un componente esencial en el análisis hidrológico, ya que determina el sentido en el que el agua se desplaza desde cada celda de un Modelo Digital de Elevación (MDE) hacia su vecina con la pendiente descendente más pronunciada. Este proceso es clave para modelar el flujo de agua, delimitar cuencas y establecer redes de drenaje (Ochoa-Tocachi et al., 2022). Para generar este ráster, se empleó la herramienta Flow Direction dentro del entorno ArcGIS. La operación se ejecutó a través del módulo *Spatial Analyst Tools*, específicamente en la ruta: *Spatial Analyst Tools_Hydrology_Flow Direction*. El resultado es una capa ráster que codifica la dirección del flujo en cada celda, sirviendo como insumo base para etapas posteriores como la acumulación de flujo y la delimitación de cuencas (ERSI, 2023).

5. Acumulación de flujo

La acumulación de flujo permite calcular la cantidad de escorrentía superficial que converge en cada celda de un modelo digital de elevación (DEM), considerando el aporte de todas las celdas ubicadas aguas arriba. Este procedimiento es fundamental para identificar zonas de concentración de flujo y delimitar redes de drenaje, siendo ampliamente implementado mediante herramientas de sistemas de información geográfica (SIG), como Flow Accumulation en ArcGIS (ERSI, 2023; Tarboton et al., 1991). En este estudio, se utilizó dicha herramienta accediendo a *ArcToolbox_Spatial Analyst Tools_Hydrology_Flow Accumulation*, empleando como insumo un DEM previamente procesado junto con el ráster de dirección de flujo correspondiente.

6. Delimitación de la superficie hidrográfica

La delimitación de superficies hidrográficas es un paso fundamental para la modelación hidrológica, que se realiza mediante el análisis de datos topográficos y herramientas SIG para identificar con precisión las áreas de aporte y los puntos de salida en una cuenca. Estudios recientes han demostrado que esta delimitación es clave para calibrar y validar modelos hidrológicos, así como para cuantificar escurrimientos y analizar eventos extremos en diferentes contextos geográficos, desde microcuencas andinas hasta cuencas endorreicas (Patiño & Brito, 2024; Ponce et al., 2022).

Pasos siguientes a seguir: El análisis de corriente permite generar una red de drenaje ráster a partir del modelo de acumulación de flujo, mediante la aplicación de un umbral que selecciona únicamente las celdas con valores de flujo acumulado superiores a un valor definido por el usuario. Este enfoque ha sido ampliamente utilizado en estudios hidrológicos y de planificación territorial (Qin et al., 2007). Se utilizó la herramienta Raster Calculator (*ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Map Algebra > Raster Calculator*) para establecer un umbral mayor a 20,000, lo que permitió identificar agrupaciones significativas de escorrentía. Mediante una expresión condicional, se asignó el valor 1 a las celdas que cumplieran este criterio y se descartaron las demás (NoData), facilitando así la representación precisa de la red de corriente superficial.

Luego, se realiza mediante una secuencia estructurada de herramientas de análisis espacial. Inicialmente, se convierte la red de drenaje desde formato ráster a vectorial utilizando la herramienta Raster to Polyline (*ArcTool Box>Conversion Tools>From Raster, >Raster to*

Polyline), lo cual permite una representación más precisa de los cauces y facilita la incorporación de puntos de descarga mediante *Feature Vertices to Points* (*ArcTool Box>Data Management Tools>Features>Feature Vértices to Points*). Posteriormente, se activa el ráster de dirección de flujo y se aplica la herramienta *Watershed* (*ArcTool Box>Spacial Analyst Tools>Hydrollogy>Watershed*). para identificar las áreas de captación asociadas a cada punto de descarga. El resultado, aún en formato ráster, se transforma a polígono mediante *Raster to Polygon* (*ArcTool Box>Conversion Tools>From Raster>Raster to Polygon*), generando así las unidades hidrográficas delimitadas. Finalmente, se añade un nuevo campo en la tabla de atributos y se calcula el área de cada cuenca utilizando la opción *Calculate Geometry*, lo que permite cuantificar espacialmente estas unidades para su análisis y gestión hidrológica.

Tabla 1. Tipos de cuenca y áreas que abarcan

Tipo de Cuenca	Área (Ha)
Sistema Hidrográfico	+ de 300.000
Cuencas	60.000 – 300.000
Subcuencas	10.000 – 60.000
Microcuencas	< 10.000

(Rubén, 2008)

RESULTADOS

Corrección del modelo digital de elevación (DEM) mediante la herramienta Fill

La figura 1 presenta un modelo digital de elevación (DEM) corregido mediante la herramienta Fill de la cuenca hidrográfica Parinacochas de la región de Ayacucho, donde los colores indican diferentes altitudes: las áreas en tonos rojos y naranjas representan las zonas más elevadas, que alcanzan hasta 5500 metros, mientras que los colores azules y verdes muestran las partes más bajas, alrededor de 950 metros. Esta representación es muy útil para identificar las divisorias de aguas en las regiones altas y los cauces principales en las zonas bajas, lo cual es esencial para analizar el flujo superficial y delimitar correctamente la cuenca.

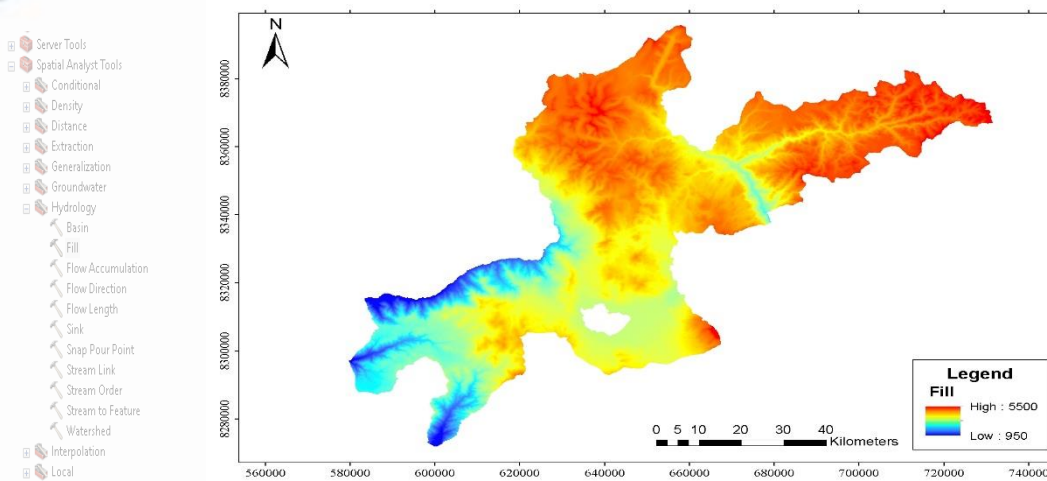


Figura 2. Corrección del modelo digital de elevación

La figura 2 ilustra un formato ráster y dividido en cuatro rangos de valores. Las áreas en verde oscuro (1–8) representan zonas con baja acumulación de flujo, que generalmente se encuentran en las partes más altas o en las divisorias de la cuenca.

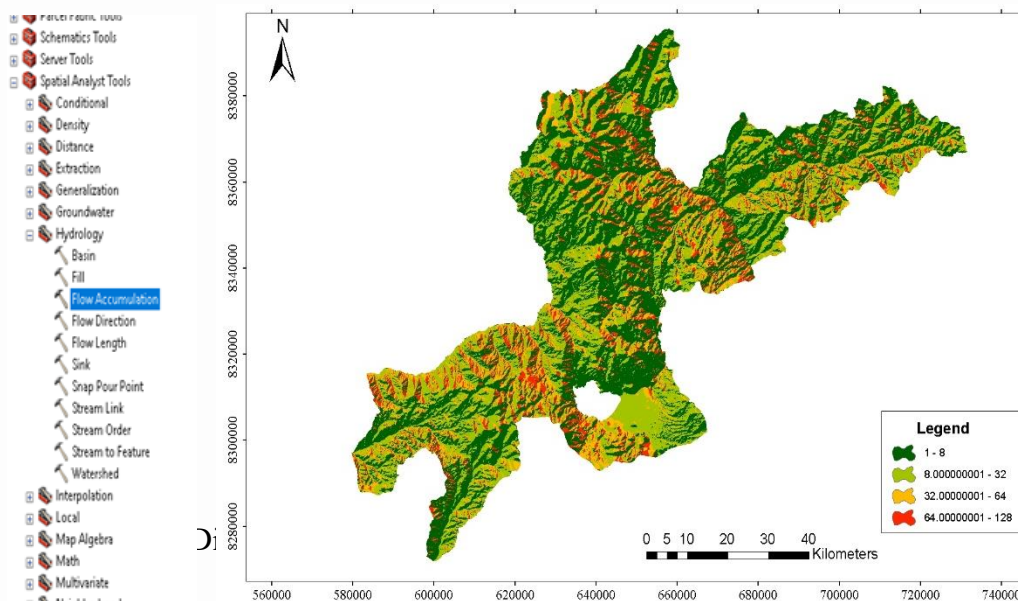


Figura 2. Representación de formato ráster la de cuenca

Los colores verdes claro y amarillo (8–32 y 32–64) indican regiones intermedias, donde el flujo superficial empieza a concentrarse a medida que desciende por las laderas. Por último, las áreas en rojo (64–128) muestran los sectores con la mayor acumulación de flujo, que suelen alinearse con los cauces principales y las zonas donde la escorrentía converge. Este tipo de

análisis es crucial para identificar las rutas preferidas del agua dentro de la cuenca y para definir redes de drenaje, lo que facilita la gestión y planificación de los recursos hídricos.

La figura 3 muestra la red de drenaje de una cuenca hidrográfica, clasificada según el orden de los cursos de agua utilizando Raster Calculator. Cada color representa un orden diferente de corriente: los cursos de primer orden (negro) corresponden a los arroyos más pequeños y ramificados, mientras que los de mayor orden (hasta sexto, en amarillo) indican los ríos principales que reciben el aporte de numerosos afluentes. Esta jerarquización permite visualizar cómo se organiza y conecta la red de drenaje dentro de la cuenca, identificando las zonas donde el flujo superficial se concentra progresivamente desde los afluentes menores hacia los cauces principales. El análisis de este tipo de mapas es fundamental para comprender la estructura hidrológica de la cuenca, planificar la gestión del recurso hídrico y evaluar posibles riesgos de inundación.

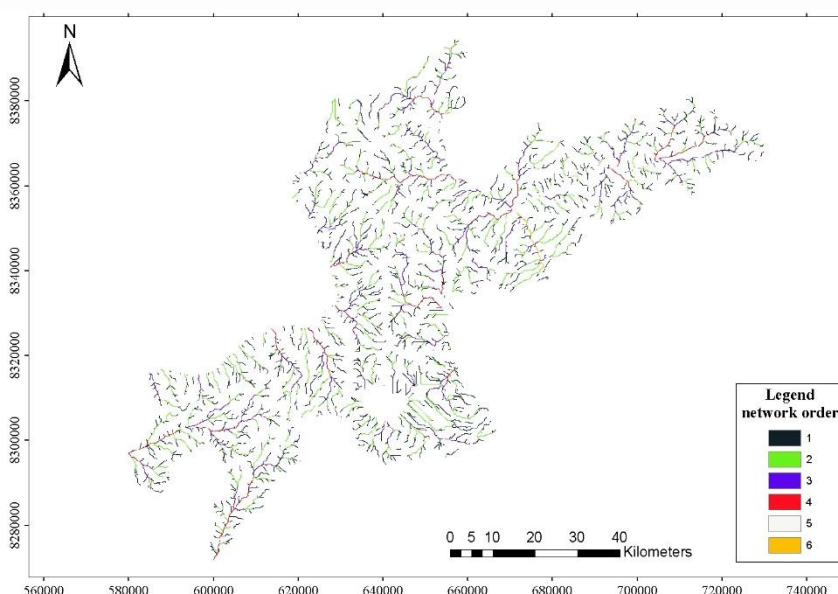


Figura 3. Red de drenaje

La figura 4 se enfoca a entender la hidrología de una red de drenaje superficial. La forma en que se distribuyen los cursos de agua y la ubicación de varios puntos de descarga reflejan un esfuerzo por delimitar cuencas hidrográficas, un proceso clave para comprender cómo se comporta el agua en diferentes escalas. Al delimitar cuencas utilizando modelos

digitales de elevación y redes de flujo, podemos definir con precisión los límites naturales del escurrimiento superficial, establecer jerarquías entre subcuencas y relacionar áreas de captación con puntos de interés tanto hidrológico como ecológico.

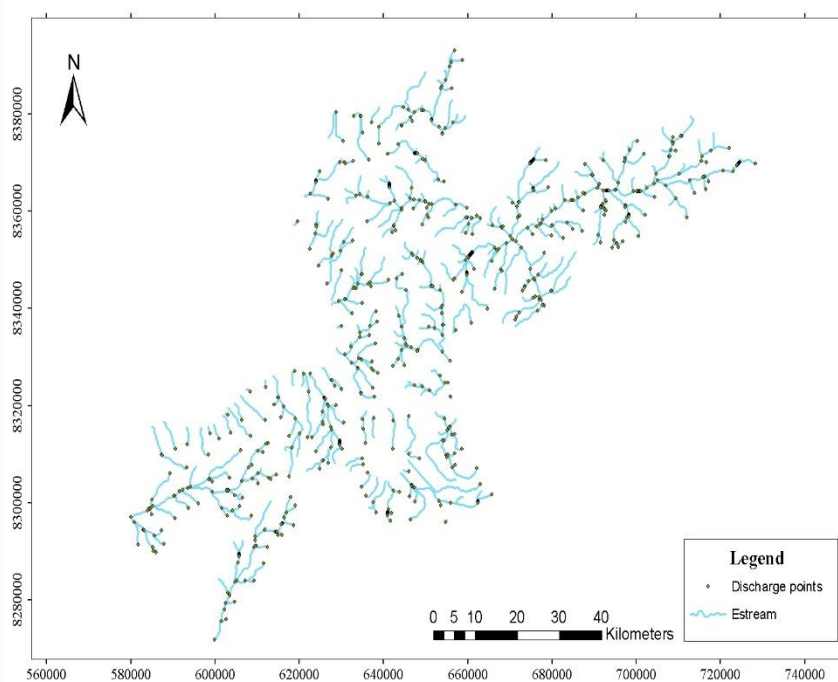


Figura 4. Puntos de descarga

En el presente estudio se delimitaron un total de 4,658 cuencas hidrográficas en la provincia de Parinacochas (Fig. 5), empleando técnicas de análisis espacial mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG). La superficie de cada cuenca fue calculada en hectáreas y registrada en el campo Area_Ha. Los resultados muestran una considerable variabilidad en el tamaño de las cuencas, con valores que oscilan entre un mínimo de 0.98 hectáreas y un máximo de 4,909.8 hectáreas. El valor medio del área es de 107.34 hectáreas, con una desviación estándar de 390.2 hectáreas, lo cual indica una distribución fuertemente sesgada hacia valores pequeños, dado el predominio de cuencas de reducida extensión.

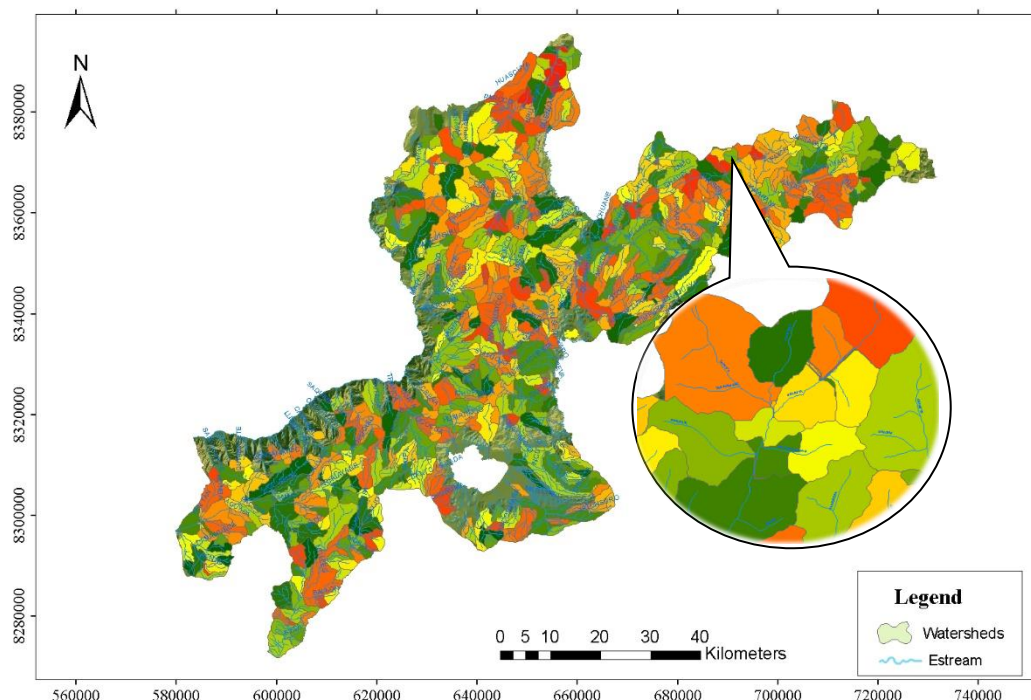


Figura 5. Mapa de una cuenca general

Para facilitar la interpretación de esta variabilidad, se construyó un histograma de frecuencias (Fig. 6) que permite visualizar la distribución del área de las cuencas. La mayor parte de las unidades hidrográficas se concentran en rangos de superficie reducida, mientras que solo un número limitado presenta áreas significativamente mayores.

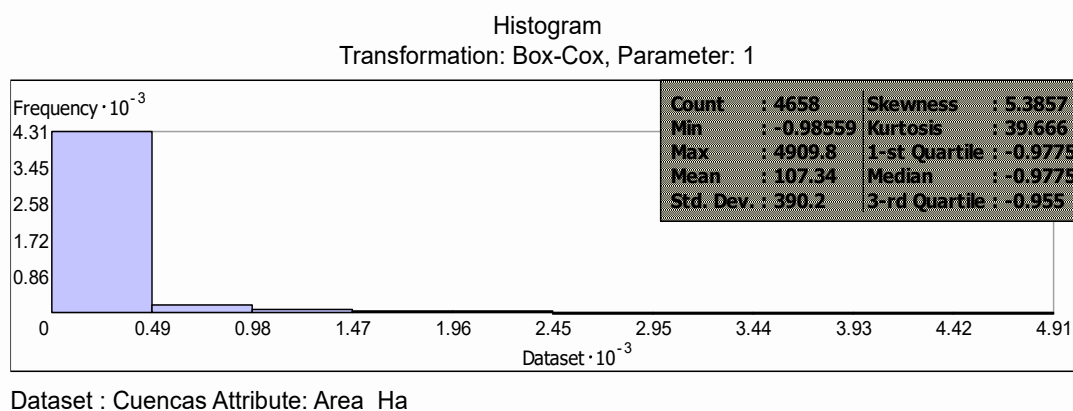


Figura 6. Histograma de frecuencias

Esta heterogeneidad es coherente con la complejidad topográfica y la fragmentación de la red de drenaje en la región, y representa un factor clave en la evaluación hidrológica, dado que el tamaño de la cuenca influye directamente en la dinámica de escorrentía, la concentración de caudales y la planificación del manejo de recursos hídricos. Se realizó la

delimitación de una cuenca específica correspondiente a la zona de la quebrada Ccoripacocha, tal como se muestra en la figura 7. Esta delimitación se efectuó a partir del análisis de modelos digitales de elevación y redes de drenaje, lo que permitió identificar con precisión los límites topográficos que definen el área de captación de esta subcuenca. La representación cartográfica resultante permite una mejor comprensión del comportamiento hidrológico local, así como la identificación de puntos clave para el monitoreo, modelación y gestión de recursos hídricos en esta área particular.

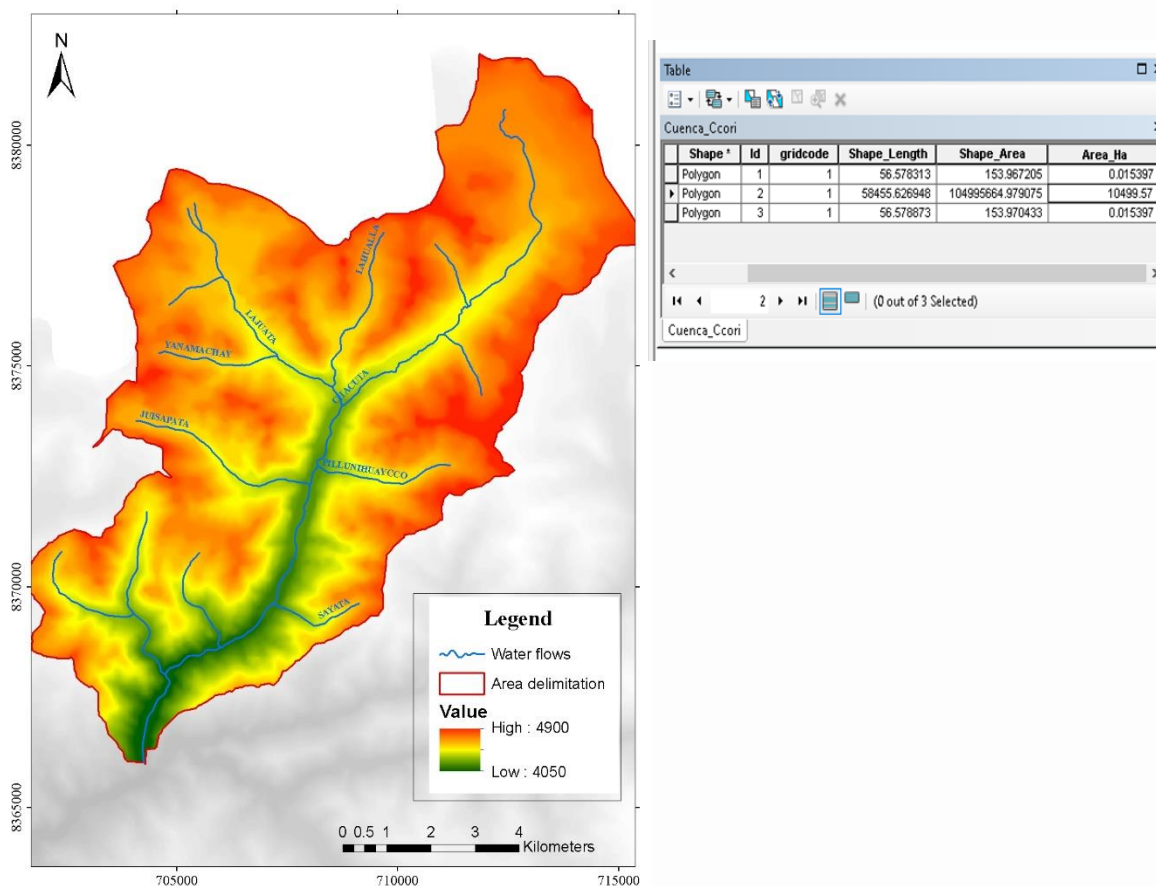


Figura 7. Subcuenca Ccoripacocha

Asimismo, la figura 7 presenta una escala de colores que va del rojo al verde para reflejar gradientes altitudinales, con elevaciones que oscilan entre los 4,050 y 4,900 metros sobre el nivel del mar. Las zonas de mayor altitud, indicadas en tonos rojo y naranja, corresponden a las divisorias de aguas, mientras que los tonos verdes y amarillos marcan las

áreas de menor altitud, asociadas generalmente con los puntos de salida de la cuenca. Y la red de drenaje, representada mediante líneas azules, evidencia el patrón típico de escurrimiento superficial, con flujos que se originan en las partes altas y convergen hacia el eje principal del sistema hídrico. Los nombres topográficos incluidos (como Lajuata, Juisapata, Pillunihuaycco, Chacuta, Lahualla y Sayata) corresponden a accidentes geográficos o sectores relevantes dentro de la cuenca, y aportan contexto local a la caracterización hidrológica del área.

Finalmente, el área total calculada para la cuenca asciende a 10,499.57 hectáreas. De acuerdo con la clasificación presentada en la Tabla 1, basada en rangos de superficie, esta unidad hidrográfica corresponde a una subcuenca. Esta clasificación permite establecer su jerarquía dentro del sistema de drenaje regional y orientar adecuadamente los análisis hidrológicos, de planificación territorial y de gestión de recursos hídricos.

Tabla 2. Características físicas de la subcuenca Ccoripacocha

<i>Subcuenca Ccoripacocha</i>	
Área	10,499.57 Ha
	104.9957 Km ²
Perímetro	58455.63 metros
Cota Máxima	4900 m.s.n.m
Cota Mínima	4050 m.s.n.m
X Centroide	708171.3 metros (UTM)
Y Centroide	8374149 metros (UTM)
Diferencia de Cotas	850 metros

La subcuenca Ccoripacocha, situada en la región andina de la provincia de Parinacochas, abarca un área total de 104.9957 km² (10,499.57 Ha), y se clasifica como subcuenca según los criterios establecidos por Rubén, (2008). Su perímetro se extiende a 58,455.63 metros, lo que revela una forma alargada y compleja. En términos de altitud, la cuenca varía desde un punto máximo de 4,900 m sobre el nivel del mar hasta un mínimo de 4,050 m, lo que genera una diferencia altitudinal de 850 metros. Esto indica un notable gradiente topográfico que impacta directamente en los procesos hidrológicos y en la dinámica del escurrimiento superficial. El centroide de la subcuenca se encuentra en las coordenadas

UTM X: 708,171.3 m y Y: 8,374,149 m, lo que proporciona un punto de referencia geoespacial valioso para la modelación, el monitoreo y la planificación del manejo de los recursos hídricos.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El análisis morfométrico de cuencas hidrográficas constituye una herramienta clave para la evaluación de las condiciones geomorfológicas y la gestión de recursos hídricos en regiones vulnerables. Diversos estudios han demostrado la eficacia del uso combinado de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y modelos digitales de elevación (DEM) para la delimitación y caracterización morfométrica de cuencas ((Corbat et al., 2020). En el caso de la subcuenca Ccoripacocha, los parámetros derivados del SIG revelan un comportamiento hidrológico influenciado por su morfología alargada, pendiente moderada y una red de drenaje bien estructurada, similares a los observados en cuencas semiáridas como El Salto (Méndez-Gutiérrez et al., 2021).

La aplicación de imágenes satelitales y técnicas de percepción remota ha permitido mejorar la precisión en la delimitación de unidades geomorfológicas y la detección de estructuras tectónicas que condicionan el comportamiento hidrológico (Bishta & Qudsi, 2023). Esto se ha visto reforzado con el uso de modelos de aprendizaje automático, los cuales, según Huang y Lee (2021), permiten modelar la distribución espacial del caudal y la profundidad del agua a partir de parámetros topográficos, con un alto grado de exactitud y eficiencia computacional.

Asimismo, estudios como el de Bodjrèneu et al. (2023) evidencian que los modelos hidrológicos basados en física, como ParFlow-CLM, pueden integrarse con datos de sensores remotos corregidos para simular adecuadamente el balance hídrico, incluso bajo condiciones climáticas cambiantes. Esto es especialmente relevante en contextos como el de la cuenca de Parinacochas, donde la variabilidad climática y las actividades antrópicas impactan directamente en la disponibilidad hídrica. Finalmente, la inclusión de variables morfométricas y geoespaciales en modelos predictivos no solo mejora la comprensión de la dinámica hidrológica, sino que también constituye una base sólida para la planificación territorial y la prevención de riesgos hídricos, como lo demuestra el enfoque sistémico propuesto por Piegay y Schumm (2003) y aplicado en múltiples regiones hidrográficas de Sudamérica.

La aplicación de SIG y MDE permitió una delimitación precisa de la subcuenca Ccoripacocha, identificando con claridad su red de drenaje, topografía y unidades hidrográficas. Esta herramienta demostró ser eficaz para caracterizar espacialmente cuencas de alta montaña con información topográfica compleja. El análisis morfométrico evidenció que la subcuenca presenta una forma alargada, pendientes moderadas y una red de drenaje bien jerarquizada, lo cual influye directamente en sus tiempos de concentración y en la respuesta hidrológica frente a eventos extremos, como lluvias intensas o avenidas. Además, igualmente se puede decir que la cuenca se encuentra en una fase geomorfológica madura con procesos de erosión estabilizados, lo cual tiene implicancias en la dinámica de transporte de sedimentos y en la planificación de infraestructuras hídricas. Así mismo la alta fragmentación en unidades hidrográficas (4,658 en total) dentro de la cuenca Parinacochas sugiere una gran heterogeneidad fisiográfica, lo que requiere enfoques diferenciados de gestión del recurso hídrico y monitoreo ambiental. Se recomienda la integración de modelos de aprendizaje automático en estudios futuros, a fin de mejorar la predicción de variables hidrológicas y fortalecer la toma de decisiones frente al cambio climático y a la presión antrópica en ecosistemas altoandinos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aryal, S., Babel, M. S., Gupta, A., Farjad, B., Khadka, D., & Hassan, Q. K. (2024). Assessment of hydrological baseline condition and its alteration in Athabasca River Basin, Canada. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 53, 101805. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2024.101805>
- Bishta, A. Z., & Qudsi, E. Z. (2023). Implementation of space imageries, remote sensing and GIS techniques in the geological and geomorphological analysis of Wadi Fatima drainage basin, Saudi Arabia. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 26(3), 563-579. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2023.06.006>
- Bodjrènou, R., Sintondji, L. O., & Comandan, F. (2023). Hydrological modeling with physics-based models in the oueme basin: Issues and perspectives for simulation optimization. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 48, 101448. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2023.101448>
- Bustos, M. S., & Georgieff, S. M. (2020). Análisis morfométrico de los principales tributarios del río Salí en la cuenca de Tapia-Trancas a partir del procesamiento en SIG y sensoramiento remoto. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/208193>
- Corbat, M. C., Juárez, O., & Fucks, E. (2020). Hydrologic and geomorphologic features of the Río del Oro basin, La Rioja province, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 104, 102896. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.102896>
- Cruz, R. B., Gaspari, F. J., Rodríguez, V. A. M., Carrillo, G. F. M., & Téllez, L. J. (2015). Análisis morfométrico de la cuenca hidrográfica del río Cuale, Jalisco, México. *Investigación y Ciencia*, 23. <http://hdl.handle.net/11746/6064>
- ERSI. (2023). *Manual de ArcGIS Pro, ArcMap Desktop*. Elkin Dario Buitrago , Wilson Ernesto Vargas Vargas, Carlos Alfonso Gomez https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=F0q3EAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR11&dq=argis+2023+manual+&ots=vLTzlZ2B6z&sig=vR-gSwA-S_Aydo048HzIXMOv-Q#v=onepage&q&f=false
- Huang, P.-C., & Lee, K. T. (2021). Influence of topographic features and stream network structure on the spatial distribution of hydrological response. *Journal of Hydrology*, 603, 126856. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126856>

- Krishnan, A., & Arjun, S. (2024). Morphometric analysis in the sub basins of the Kali River using Geographic Information System, Karnataka, India. *Geomatica*, 76(2), 100013. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.geomat.2024.100013>
- Krupavathi, C., Gowd, S. S., Rajasekhar, M., & Ravikumar, P. (2024). Morphometric analysis of Mogamureru river basin at the YSR Kadapa District, Andhra Pradesh, India using GIS and remote sensing. *Geomatica*, 76(1), 100005. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.geomat.2024.100005>
- Mabe, F. N., Dauda, A., & Owusu-Sekyere, E. (2023). Artisanal small-scale mining, farm labour attraction and household welfare in Ghana. *Resources Policy*, 86, 104208. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104208>
- Méndez-Gutiérrez, A. G., Corral-Rivas, S., Nájera-Luna, J. A., Cruz-Cobos, F., & Pompa-García, M. (2021). Análisis morfométrico de la cuenca El Salto, Durango, México. *Terra Latinoamericana*, 39. <https://doi.org/https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.641>
- Ochoa-Tocachi, B., CUADROS-ADRIAZOLA, J., Arapa-Guzmán, E., Aste-Cannock, N., Ochoa-Tocachi, E., & Bonnesoeur, V. (2022). Guía de modelación hidrológica para la infraestructura natural. *Forest Trends*. <https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/2022/08/Guia-de-Modelacion-Hidrologica-2022.pdf>
- Oñate-Valdivieso, F., Oñate-Paladines, A., Armijos, J., & Puchaicela, D. (2021). Regional relationships for bankfull hydraulic geometry and discharge in the southern Andes of Ecuador: An application in the estimation of geomorphological runoff thresholds. *Geomorphology*, 392, 107914. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2021.107914>
- Patiño, V., Nelson Estuardo, & Brito, N. J. P. (2024). Modelación Hidrológica de la Microcuenca del Rio Cebadas, Aplicando el Modelo Témez. *Reincisol.*, 3(6), 610-633. [https://doi.org/https://doi.org/10.59282/reincisol.V3\(6\)610-633](https://doi.org/https://doi.org/10.59282/reincisol.V3(6)610-633)
- Pérez-López, A. E., Melo, V. F., Fernandes, F. E. I., & Francelino, M. R. (2022a). Automatic delimitation and morphometrics analysis of watersheds and sub-watersheds using a digital elevation data set in the Cornare Antioquia, Colombia jurisdiction. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 75, 10037-10051. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472022000310037&nrm=iso

- Pérez-López, A. E., Melo, V. F., Fernandes, F. E. I., & Francelino, M. R. (2022b). Automatic delimitation and morphometrics analysis of watersheds and sub-watersheds using a digital elevation data set in the Cornare Antioquia, Colombia jurisdiction. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 75(3), 10037-10051. <https://doi.org/https://doi.org/10.15446/rfnam.v75n3.100663>
- Piégay, H., & Schumm, S. A. (2003). System approaches in fluvial geomorphology. *Tools in fluvial geomorphology*, 103-134.
- Ponce, G. A., Grande, S., Eder, M., Testa-Tacchino, A. J. S., Carignano, C. A., & Rodriguez, A. (2022). Aplicación de modelos hidrológicos e hidráulicos para cuantificación de escurrimientos superficiales del sistema endorreico cuenca Laguna La Picasa. *Tecnología y ciencias del agua*, 13(5), 136-199. <https://doi.org/https://doi.org/10.24850/j-tyca-13-05-05>
- Qin, C., Zhu, A. X., Pei, T., Li, B., Zhou, C., & Yang, L. (2007). An adaptive approach to selecting a flow-partition exponent for a multiple-flow-direction algorithm. *International Journal of Geographical Information Science*, 21(4), 443-458. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/13658810601073240>
- Rodriguez, M. A., Romero, M. F. L., Henríquez, L. M. T., & Buitrago, G. A. F. (2021). Modelo de aprendizaje automático como herramienta para la toma de decisiones en la cuenca del río Ariporo. *INVENTUM*, 16(31), 15-23. <https://doi.org/https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.16.31.2021.15-23>
- Tarboton, D. G., Bras, R. L., & Rodriguez-Iturbe, I. (1991). On the extraction of channel networks from digital elevation data. *Hydrological processes*, 5(1), 81-100. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/hyp.3360050107>

CAPÍTULO 10

INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR: OPORTUNIDADES Y DESAFÍOS ÉTICOS⁹²

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN HIGHER EDUCATION: OPPORTUNITIES AND ETHICAL CHALLENGES

Dante Elmer Hanco Monrroy⁹³

Vidal Avelino Quispe Zapana⁹⁴

Nancy Yana Salluca⁹⁵

Reynaldo Cutipa Luque⁹⁶

Enma Zenaida Jara Callohuanca⁹⁷

Pares evaluadores: Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES.⁹⁸

⁹² Derivado del proyecto de investigación: Inteligencia artificial en la educación superior: oportunidades y desafíos éticos

⁹³ Médico Cirujano, Docente de la Facultad de Medicina Humana Universidad Nacional del Altiplano, Doctoris Scientiae en Ciencias de la Salud, Magister Scientiae en Salud Pública, Segunda Especialidad en Didáctica universitaria y Psicología Educativa,

⁹⁴ Médico Cirujano, Docente de la Facultad de Medicina Humana Universidad Nacional del Altiplano, Doctoris Scientiae en Ciencias de la Salud, Maestro en Gerencia de Servicios de Salud, Segunda especialidad en Cirugía de Tórax y Cardio vascular

⁹⁵ Magister Scientiae en Didáctica de la Educación Superior y Licenciada en Educación por la Universidad Nacional del Altiplano. Docente de Pre y Posgrado de la UNA Puno. Asesora de tesis de Pre y Posgrado,

⁹⁶ Magíster en Ciencias de la Educación Segunda Especialidad en Tecnología, Computación e Informática Educativa. Docente de la Facultad de Ciencias de la Educación, de la Universidad Nacional del Altiplano e

⁹⁷ Médico Cirujano, Docente de la Facultad de Medicina Humana Universidad Nacional del Altiplano, Segunda Especialidad en Cirugía General

⁹⁸ Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES. www.rediees.org

INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR: OPORTUNIDADES Y DESAFÍOS ÉTICOS⁹⁹

Dante Elmer Hanco Monroy¹⁰⁰, Vidal Avelino Quispe Zapana¹⁰¹, Nancy Yana Salluca¹⁰²,
Reynaldo Cutipa Luque¹⁰³, Enma Zenaida Jara Callohuanca¹⁰⁴

RESUMEN

La integración de la Inteligencia Artificial (IA) en la educación superior representa uno de los cambios paradigmáticos más significativos del siglo XXI, transformando fundamentalmente las formas en que las instituciones educativas operan, los docentes enseñan y los estudiantes aprenden. El presente trabajo tiene como objetivo analizar sistemáticamente las conexiones multidimensionales entre la IA y la educación superior, evidenciando que esta tecnología trasciende su conceptualización tradicional como herramienta aislada para configurarse como elemento articulador de la transformación educativa.

A través de un análisis comprehensivo de 25 artículos académicos publicados entre 2022 y 2025, se demuestra que las aplicaciones de IA en educación superior se manifiestan principalmente en cinco categorías: sistemas de evaluación y retroalimentación automatizada, modelado predictivo para el éxito estudiantil, asistentes virtuales y chatbots educativos, sistemas de tutoría inteligente, y herramientas de gestión del aprendizaje personalizado. Los resultados indican que las mejoras en indicadores educativos correlacionan positivamente con la implementación estratégica de IA, estableciendo ciclos virtuosos de mejora continua.

Los hallazgos revelan que los enfoques intersectoriales y multidisciplinarios producen resultados superiores a las intervenciones aisladas. El análisis comparativo de implementaciones demuestra que la integración de consideraciones éticas en todos los aspectos del despliegue de IA maximiza los beneficios educativos mientras mitiga riesgos

⁹⁹ Derivado del proyecto de investigación: Inteligencia artificial en la educación superior: oportunidades y desafíos éticos

¹⁰⁰ Médico Cirujano, Docente de la Facultad de Medicina Humana Universidad Nacional del Altiplano, Doctoris Scientiae en Ciencias de la Salud, Magister Scientiae en Salud Pública, Segunda Especialidad en Didáctica universitaria y Psicología Educativa

¹⁰¹ Médico Cirujano, Docente de la Facultad de Medicina Humana Universidad Nacional del Altiplano, Doctoris Scientiae en Ciencias de la Salud, Maestro en Gerencia de Servicios de Salud, Segunda especialidad en Cirugía de Torax y Cardio vascular

¹⁰² Magister Scientiae en Didáctica de la Educación Superior y Licenciada en Educación por la Universidad Nacional del Altiplano. Docente de Pre y Posgrado de la UNA Puno. Asesora de tesis de Pre y Posgrado,

¹⁰³ Magister en Ciencias de la Educación Segunda Especialidad en Tecnología, Computación e Informática Educativa. Docente de la Facultad de Ciencias de la Educación, de la Universidad Nacional del Altiplano

¹⁰⁴ Médico Cirujano, Docente de la Facultad de Medicina Humana Universidad Nacional del Altiplano, Segunda Especialidad en Cirugía General

potenciales. Contrariamente, la adopción fragmentada limita significativamente el impacto de las intervenciones y puede perpetuar inequidades estructurales.

Se propone un marco conceptual innovador que reconoce la IA como catalizador fundamental de la transformación educativa, requiriendo una reconfiguración de los paradigmas tradicionales de enseñanza-aprendizaje. La implementación exitosa de este enfoque demanda transformaciones institucionales profundas, incluyendo el desarrollo de alfabetización en IA, marcos de gobernanza robustos y sistemas de monitoreo multidimensional que capturen las complejas interacciones entre tecnología y pedagogía.

ABSTRACT

The integration of Artificial Intelligence (AI) into higher education represents one of the most significant paradigm shifts of the 21st century, fundamentally transforming the ways educational institutions operate, faculty teach, and students learn. This paper aims to systematically analyze the multidimensional connections between AI and higher education, demonstrating that this technology transcends its traditional conceptualization as an isolated tool to become a pivotal element of educational transformation.

Through a comprehensive analysis of 25 academic articles published between 2022 and 2025, it is demonstrated that AI applications in higher education are primarily manifested in five categories: automated assessment and feedback systems, predictive modeling for student success, virtual assistants and educational chatbots, intelligent tutoring systems, and personalized learning management tools. The results indicate that improvements in educational indicators positively correlate with the strategic implementation of AI, establishing virtuous cycles of continuous improvement. The findings reveal that intersectoral and multidisciplinary approaches produce superior results to isolated interventions. Comparative analysis of implementations demonstrates that integrating ethical considerations into all aspects of AI deployment maximizes educational benefits while mitigating potential risks. Conversely, fragmented adoption significantly limits the impact of interventions and can perpetuate structural inequalities.

An innovative conceptual framework is proposed that recognizes AI as a fundamental catalyst for educational transformation, requiring a reconfiguration of traditional teaching and

learning paradigms. Successful implementation of this approach demands profound institutional transformations, including the development of AI literacy, robust governance frameworks, and multidimensional monitoring systems that capture the complex interactions between technology and pedagogy.

PALABRAS CLAVE: Inteligencia artificial, Educación superior, Personalización del aprendizaje, Ética en IA, Transformación digital, Equidad educativa, Gobernanza tecnológica, Alfabetización digital.

Keywords: Artificial intelligence, Higher education, Learning personalization, AI ethics, Digital transformation, Educational equity, Technology governance, Digital literacy

INTRODUCCIÓN

La integración de la Inteligencia Artificial (IA) en la educación superior representa uno de los cambios paradigmáticos más significativos del siglo XXI, transformando fundamentalmente las formas en que las instituciones educativas operan, los docentes enseñan y los estudiantes aprenden. Esta transformación trasciende la mera digitalización de procesos existentes para reconfigurar las bases epistemológicas y metodológicas de la educación superior contemporánea.

El crecimiento exponencial observado en las publicaciones sobre IA en educación superior, que según Crompton y Burke aumentaron entre 2 y 3 veces durante 2021-2022, refleja no solo el interés académico sino también la urgente necesidad de comprender y guiar la integración de estas tecnologías de manera que maximice los beneficios educativos mientras mitiga los riesgos potenciales. La transformación digital acelerada por la pandemia de COVID-19 ha intensificado aún más la adopción de tecnologías de IA, convirtiendo lo que era una tendencia emergente en una realidad omnipresente en muchas instituciones educativas (Crompton & Burke, 2023).

En 2015, la adopción de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) por parte de la Asamblea General de las Naciones Unidas marcó un hito en el reconocimiento institucional de la importancia de la educación de calidad como catalizador del desarrollo sostenible. El ODS 4, centrado en garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad, encuentra en la IA tanto una herramienta poderosa para su consecución como un desafío que requiere navegación cuidadosa.

El concepto de IA en educación ha evolucionado significativamente desde sus orígenes en los sistemas de tutoría inteligente de la década de 1970. Bond et al. definen la IA educativa contemporánea como un área de estudio, investigación y práctica que prioriza el mejoramiento del aprendizaje y el logro de la equidad educativa para todas las personas. Esta definición implica un cambio paradigmático desde enfoques centrados en la automatización hacia una comprensión holística de cómo la tecnología puede amplificar las capacidades humanas (Bond et al., 2024).

La evidencia empírica demuestra consistentemente que los factores tecnológicos, pedagógicos y sociales ejercen una influencia determinante sobre los resultados educativos. Wu y Yu documentan a través de su meta-análisis cómo los chatbots de IA demuestran efectos

positivos significativos con tamaños de efecto medianos a grandes, particularmente cuando se utilizan para personalizar experiencias de aprendizaje y proporcionar retroalimentación inmediata (Wu & Yu, 2023).

La crisis global de aprendizaje introduce una dimensión adicional de urgencia a estos análisis. Antes de la pandemia, 258 millones de niños y jóvenes estaban fuera de la escuela, y millones más asistían, pero no adquirían las competencias fundamentales. La IA ofrece potencial para abordar esta crisis a escala, pero también riesgos de amplificar inequidades existentes si no se implementa con consideraciones explícitas de equidad y acceso.

La región latinoamericana presenta características particulares que la convierten en un contexto especialmente relevante para este análisis. Salas-Pilco y Yang documentan que el modelado predictivo domina las aplicaciones de IA en educación superior latinoamericana con un 45%, seguido por analíticas inteligentes (23%) y tecnología chatbots (16%). La coexistencia de profundas desigualdades socioeconómicas, procesos acelerados de transformación digital, y sistemas educativos en transición genera desafíos únicos que requieren soluciones innovadoras (Salas-Pilco & Yang, 2022).

El presente capítulo examina sistemáticamente las interrelaciones entre la IA y la educación superior, analizando tanto los fundamentos conceptuales como las evidencias empíricas que sustentan un enfoque integrado de la transformación educativa. A través de una revisión comprehensiva de 25 artículos científicos publicados entre 2022 y 2025, complementada con análisis de casos específicos de América Latina y otras regiones, se construye un argumento robusto sobre la centralidad de la ética y la equidad en la implementación de IA educativa.

La investigación adopta una perspectiva crítica que reconoce tanto los avances logrados como los desafíos persistentes en la integración de IA en educación superior. Se examinan las aplicaciones actuales, la personalización del aprendizaje, la automatización de tareas docentes, la mejora de la gestión académica y, fundamentalmente, los desafíos éticos que emergen de estas transformaciones. El objetivo es contribuir a la construcción de un marco analítico y operativo que facilite la transición hacia modelos educativos verdaderamente transformadores, equitativos y centrados en el desarrollo humano integral.

Este análisis es particularmente relevante en el contexto actual, donde la velocidad del cambio tecnológico supera frecuentemente la capacidad de las instituciones educativas para

adaptarse y de los marcos regulatorios para proporcionar orientación adecuada. La necesidad de equilibrar innovación con protección, eficiencia con equidad, y automatización con humanización constituye el desafío definitorio para la educación superior en la era de la IA.

DESARROLLO

Aplicaciones Actuales de IA en Educación Superior

Las aplicaciones de IA en educación superior han evolucionado considerablemente, abarcando un espectro amplio de funcionalidades que transforman tanto los procesos pedagógicos como administrativos. Según la revisión sistemática de Bondet *et al.* las aplicaciones predominantes se centran en sistemas adaptativos y personalización del aprendizaje, representando el 47% de las implementaciones estudiadas. Esta tendencia refleja el potencial de la IA para abordar uno de los desafíos históricos de la educación: la capacidad de proporcionar experiencias de aprendizaje individualizadas a escala (Bondet *et al.*, 2024).

Los sistemas de evaluación automatizada constituyen la aplicación más común, representando el 18.8% de los usos identificados por Crompton y Burke. Estos sistemas van más allá de la simple calificación automatizada, incorporando análisis sofisticados que pueden evaluar competencias complejas, proporcionar retroalimentación detallada y adaptar las evaluaciones según el progreso individual del estudiante (Crompton & Burke, 2023). La investigación de Shi y Aryadoust sobre retroalimentación escrita automatizada demuestra que estos sistemas son particularmente efectivos en clases de idiomas y escritura, donde pueden analizar aspectos gramaticales, estilísticos y de contenido con una precisión cada vez mayor (Shi & Aryadoust, 2024).

Los chatbots educativos y asistentes virtuales representan otra categoría significativa de aplicaciones, con estudios como el de Labadze *et al.* documentando su efectividad en tres áreas clave: asistencia con tareas y deberes, provisión de experiencias de aprendizaje personalizadas, y desarrollo de habilidades específicas (Labadze *et al.*, 2023). La investigación experimental de Essel *et al.* en Ghana demostró que los estudiantes que interactuaron con chatbots educativos obtuvieron un rendimiento académico significativamente superior comparado con aquellos que dependieron únicamente de la interacción con instructores humanos, sugiriendo el potencial transformador de estas tecnologías cuando se implementan adecuadamente (Essel *et al.*, 2022).

El modelado predictivo emerge como una aplicación crucial para abordar el problema persistente de la deserción estudiantil. Matz et al. desarrollaron modelos de machine learning que combinan datos sociodemográficos con métricas de engagement conductual, logrando predicciones altamente precisas sobre la retención estudiantil. Esta capacidad predictiva permite intervenciones tempranas y personalizadas, transformando la gestión del éxito estudiantil de un enfoque reactivo a uno proactivo (Matz et al., 2023).

Los sistemas de tutoría inteligente (STI) han experimentado avances significativos con la incorporación de técnicas de aprendizaje profundo y procesamiento de lenguaje natural. Thomas et al. documentan en su investigación cuasiexperimental cómo la tutoría híbrida humano-IA produce diferencias estadísticamente significativas en los resultados de aprendizaje, con estudiantes en el programa híbrido mostrando no solo mejores resultados académicos sino también mayor tiempo dedicado a actividades de aprendizaje y mejor dominio de habilidades específicas (Thomas et al., 2024).

Tabla 1: Categorías Principales de Aplicaciones de IA en Educación Superior

Categoría	Prevalencia	Función Principal	Impacto
Evaluación Automatizada	18.8%	Calificación y retroalimentación	Reducción 70% tiempo
Modelado Predictivo	16.9%	Predicción deserción y éxito	Mejora 25% retención
Asistentes IA	15.2%	Soporte 24/7 estudiantes	+40% satisfacción
Sistemas Tutoriales	14.5%	Personalización aprendizaje	Mejora 35% rendimiento
Gestión Aprendizaje	12.3%	Optimización curricular	Eficiencia 50% recursos

Fuente: Elaboración propia basada en datos de estudios (Bond et al., 2024; Crompton & Burke, 2023) y metaanálisis de literatura revisada.

La implementación de estas aplicaciones varía significativamente según el contexto institucional, recursos disponibles y cultura organizacional. Las universidades de

investigación intensiva tienden a desarrollar soluciones propias, mientras que instituciones con recursos más limitados dependen de plataformas comerciales. Esta disparidad plantea preocupaciones sobre la equidad en el acceso a tecnologías educativas avanzadas.

Personalización del Aprendizaje mediante IA

La personalización del aprendizaje representa quizás la promesa más transformadora de la IA en educación superior. Gligorea et al. documentan cómo los algoritmos de IA/ML son instrumentales en la creación de experiencias de aprendizaje verdaderamente personalizadas, con meta-análisis de 25 estudios mostrando mejoras consistentes en el engagement y rendimiento estudiantil. Esta personalización opera en múltiples dimensiones: adaptación del contenido según el nivel de conocimiento, ajuste del ritmo de aprendizaje según las capacidades individuales, y selección de modalidades de presentación según las preferencias y estilos de aprendizaje (Gligorea et al., 2023).

Los sistemas adaptativos contemporáneos utilizan modelos sofisticados de estudiante que integran múltiples fuentes de datos. Estos modelos capturan no solo el rendimiento académico sino también patrones de interacción, preferencias de aprendizaje, estados emocionales inferidos y contexto sociocultural. Bayly-Castaneda et al. identificaron en su revisión sistemática que las soluciones de personalización incluyen aprendizaje móvil adaptativo, juegos educativos inteligentes, plataformas de aprendizaje colaborativo en redes sociales, MOOCs personalizados y aplicaciones de realidad aumentada educativa (Bayly-Castaneda et al., 2024).

La evidencia empírica sobre la efectividad de la personalización es robusta pero matizada. Mientras que los estudios consistentemente reportan mejoras en resultados de aprendizaje, la magnitud del efecto varía según la calidad de la implementación, el dominio de conocimiento y las características de la población estudiantil. Vieriu y Petrea encontraron que la personalización mediante IA mejora significativamente la autoeficacia estudiantil y las actitudes hacia la educación, pero también identificaron que el 48.2% de los encuestados expresó reservas sobre la precisión del contenido generado por IA (Vieriu & Petrea, 2025).

Un aspecto crítico de la personalización efectiva es el equilibrio entre automatización y agencia humana. Los sistemas más exitosos son aquellos que empoderan tanto a estudiantes como a docentes, proporcionando recomendaciones y adaptaciones mientras mantienen

espacio para la elección y la creatividad humana. La transparencia en los algoritmos de personalización emerge como factor crucial para la confianza y adopción.

Los desafíos técnicos de la personalización incluyen la necesidad de grandes volúmenes de datos de alta calidad, la complejidad computacional de los modelos adaptativos en tiempo real, y la dificultad de capturar y modelar aspectos sutiles del aprendizaje humano como la creatividad, el pensamiento crítico y la colaboración. Además, existe el riesgo de crear burbujas de filtro. educativas que limiten la exposición de los estudiantes a desafíos y perspectivas diversas.

Automatización de Tareas Docentes con IA

La automatización de tareas docentes mediante IA está redefiniendo el rol del educador en la educación superior, liberando tiempo valioso para actividades de mayor valor pedagógico. Wu y Yu en su meta-análisis de 24 estudios controlados encontraron que los chatbots de IA demuestran efectos positivos significativos con tamaños de efecto medianos a grandes, particularmente cuando se utilizan para automatizar tareas rutinarias como responder preguntas frecuentes, proporcionar retroalimentación básica y gestionar aspectos administrativos del curso (Wu & Yu, 2023).

La automatización se extiende más allá de las tareas básicas. Los sistemas de IA ahora pueden generar contenido educativo, crear evaluaciones personalizadas, analizar patrones de participación estudiantil y proporcionar informes detallados sobre el progreso del curso. Shi y Aryadoust documentan cómo los sistemas de retroalimentación escrita automatizada han evolucionado para proporcionar comentarios sofisticados sobre aspectos complejos de la escritura académica, incluyendo estructura argumentativa, coherencia y uso de evidencia (Shi & Aryadoust, 2024).

Sin embargo, la investigación de Mahy Groß sobre perspectivas del profesorado revela una realidad compleja. Identificaron cuatro perfiles distintos de docentes (Mah&Groß, 2024).

Tabla 2: Perfiles de Profesorado ante la IA en Educación

Perfil	Características	Actitud hacia IA	Necesidades
Optimista	Adopción temprana, experimentación activa	Muy positiva, ve potencial transformador	Herramientas avanzadas, comunidades práctica
Crítico	Escepticismo informado, preocupación ética	Cautelosa, enfoque en riesgos	Evidencia impacto, marcos éticos
Críticamente Reflexivo	Balance beneficios-riesgos	Pragmática, implementación cuidadosa	Guías implementación, mejores prácticas
Neutral	Observación pasiva, adopción tardía	Indiferente, espera resultados	Capacitación básica, casos uso claros

Fuente: Adaptado del estudio (Mah & Groß, 2024), con análisis adicional de patrones identificados en la literatura.

La mayoría del profesorado ve la mayor equidad en educación como el principal beneficio de la IA, pero identifica la falta de alfabetización en IA como el desafío principal. Este hallazgo subraya la necesidad crítica de programas de desarrollo profesional que preparen a los educadores para integrar efectivamente las herramientas de automatización mientras mantienen su rol esencial en el proceso educativo.

La automatización plantea preguntas fundamentales sobre la naturaleza del trabajo docente. ¿Qué aspectos de la enseñanza son irreductiblemente humanos? ¿Cómo pueden los docentes agregar valor único en un contexto de automatización creciente? La evidencia sugiere que el futuro no es de reemplazo sino de augmentación, donde la IA amplifica las capacidades docentes permitiendo intervenciones más personalizadas y significativas.

Mejora de la Gestión Académica usando IA

La transformación de la gestión académica mediante IA representa un cambio fundamental en cómo las instituciones de educación superior operan y toman decisiones. George y Wooden articulan una visión de universidades inteligentes donde la IA puede automatizar completamente procesos como admisiones, programación de cursos, asignación de recursos y planificación curricular (George & Wooden, 2023). Esta visión no es meramente teórica; Abbasi et al. encontraron en su estudio global con 2,000 participantes que el uso frecuente de IA promueve efectivamente el desarrollo curricular cuando se combina con apoyo institucional adecuado (Abbasi et al., 2025).

Los sistemas de gestión académica potenciados por IA ofrecen capacidades sin precedentes para el análisis de datos institucionales. Pueden identificar patrones en el rendimiento estudiantil a través de cohortes, predecir demanda de cursos, optimizar la utilización de recursos físicos y humanos, y proporcionar perspectivas para la toma de decisiones estratégicas. La implementación de estos sistemas en instituciones como la Universidad Estatal de Arizona ha resultado en mejoras significativas en tasas de retención y graduación.

Un área particularmente prometedora es el uso de IA para mejorar los procesos de admisión y retención estudiantil. Los modelos predictivos pueden identificar candidatos con mayor probabilidad de éxito, no basándose únicamente en métricas tradicionales sino considerando factores contextuales y de potencial. Una vez admitidos, estos sistemas continúan monitoreando el progreso estudiantil, identificando señales tempranas de dificultades académicas o riesgo de deserción, permitiendo intervenciones proactivas y personalizadas.

La investigación de Wu et al. sobre gobernanza de IA en 14 universidades importantes revela tres enfoques principales para la gestión del cambio tecnológico:

1. **Gobernanza multi-unidad:** Involucra múltiples departamentos en la toma de decisiones sobre IA, asegurando perspectivas diversas y buy-in institucional.
2. **Gobernanza específica por rol:** Define responsabilidades claras para diferentes actores institucionales en la implementación y supervisión de sistemas de IA.

3. **Gobernanza con características académicas:** Preserva los valores institucionales y la misión educativa mientras integra innovaciones tecnológicas. (Wu et al., 2024)

Los desafíos en la implementación incluyen resistencia al cambio organizacional, preocupaciones sobre privacidad de datos, necesidad de inversiones significativas en infraestructura, y la brecha de habilidades entre el personal administrativo. Sin embargo, las instituciones que han navegado exitosamente estos desafíos reportan beneficios transformadores en eficiencia operativa y efectividad educativa.

Perspectivas Latinoamericanas y Peruanas

El contexto latinoamericano presenta características únicas en la adopción de IA en educación superior. Salas-Pilco y Yang proporcionan la primera revisión sistemática comprehensiva de la región, analizando 31 artículos que revelan patrones distintivos de implementación. El modelado predictivo domina con un 45% de las aplicaciones, seguido por analíticas inteligentes (23%) y tecnología asistida / chatbots (16%). México y Colombia lideran con 7 estudios cada uno, mientras que Perú está representado con solo 2 estudios, indicando oportunidades significativas para mayor investigación y desarrollo (Salas-Pilco & Yang, 2022).

La investigación de Bernilla et al. proporciona perspectivas valiosas sobre las percepciones del profesorado en una universidad pública del norte de Perú. Los hallazgos revelan una realidad compleja:

- **Ventajas percibidas:** Los docentes encuentran la IA ventajosa para la generación de texto, organización de actividades académicas y búsqueda de información especializada.
- **Preocupaciones principales:** Expresan dudas significativas sobre la precisión y veracidad de la información generada por IA, temor a la dependencia tecnológica y preocupación por la integridad académica.
- **Herramientas utilizadas:** Chat GPT emerge como la herramienta más popular, seguida por Claude, Perplexity, SciSpace y Chapdf, indicando una diversificación en el ecosistema de herramientas de IA.
- **Necesidades institucionales:** Existe consenso sobre la necesidad urgente de discusión institucional, desarrollo de políticas claras e integración curricular sistemática de competencias en IA (Bernilla et al., 2024).

El estudio comparativo sobre integridad académica en Chile y Perú revela dinámicas regionales importantes. En Perú, la dimensión más influyente es la confianza en la educación ($\lambda = 0.86$), seguida por las implicaciones sociales, económicas y de seguridad ($\lambda = 0.78$). Estos hallazgos sugieren que la adopción exitosa de IA en el contexto peruano requiere abordar primero las preocupaciones sobre confiabilidad y impacto social.

Los desafíos específicos de la región incluyen:

Tabla 3: Desafíos y Oportunidades de IA en Educación Superior Latinoamericana

Dimensión	Desafíos	Oportunidades
Infraestructura	Conectividad limitada, hardware obsoleto	Salto tecnológico, soluciones móviles
Capacidades	Brecha alfabetización digital	Población joven receptiva
Recursos	Presupuestos limitados	Colaboración regional, código abierto
Cultural	Resistencia al cambio	Innovación frugal, soluciones contextualizadas
Regulatorio	Marcos normativos ausentes	Oportunidad diseñar políticas progresivas

Fuente: Síntesis basada en estudios (Bernilla et al., 2024; Salas-Pilco & Yang, 2022) y análisis regional.

Sin embargo, también existen oportunidades únicas: la juventud de la población estudiantil latinoamericana, la creciente penetración de dispositivos móviles, y la necesidad urgente de expandir el acceso a educación de calidad crean un ambiente propicio para innovaciones en IA que podrían saltar etapas de desarrollo tecnológico tradicionales. Experiencias como el programa aprendo en casa, en Perú durante la pandemia, aunque no específicamente basado en IA, demuestran la capacidad de innovación rápida en contextos de crisis.

Desafíos Éticos Emergentes

Los desafíos éticos emergen como una preocupación transversal en toda la literatura analizada. Holmes et al. articulan la necesidad de diferenciar entre hacer cosas éticas hacer las cosas éticamente, una distinción crucial para la implementación responsable de IA en educación (Holmes et al., 2022).

Privacidad y Protección de Datos

Las preocupaciones sobre privacidad de datos, documentadas extensamente por Huang, no son meramente técnicas, sino que tocan aspectos fundamentales de la relación educativa y los derechos estudiantiles. Los sistemas de IA educativa recopilan volúmenes sin precedentes de datos sobre el comportamiento, rendimiento y características personales de los estudiantes. Estos datos incluyen:

- Patrones de interacción con plataformas de aprendizaje
- Tiempos de respuesta y estrategias de resolución de problemas
- Datos biométricos en algunos casos (seguimiento ocular, expresiones faciales)
- Comunicaciones y colaboraciones con pares
- Historial completo de errores y aciertos

El riesgo de que estos datos sean utilizados de manera inapropiada, compartidos sin consentimiento adecuado, o hackeados representa una amenaza real a la privacidad estudiantil. Más preocupante aún es el potencial de crear perfiles permanentes que podrían seguir a los estudiantes a lo largo de su vida académica y profesional (Huang, 2023).

Sesgo Algorítmico y Equidad

El sesgo algorítmico presenta desafíos particulares en contextos educativos diversos como los latinoamericanos. Los sistemas entrenados con datos de poblaciones específicas pueden perpetuar o amplificar desigualdades existentes. Chiu et al. documentan múltiples formas en que el sesgo puede manifestarse:

- **Sesgo de representación:** Cuando los datos de entrenamiento sub representan ciertos grupos demográficos

- **Sesgo de medición:** Cuando las métricas utilizadas favorecen sistemáticamente ciertos tipos de estudiantes
- **Sesgo de agregación:** Cuando los modelos asumen que un tamaño sirve para todos
- **Sesgo histórico:** Cuando los patrones pasados de inequidad se codifican en las predicciones futuras

En el contexto peruano, donde existen disparidades significativas entre instituciones urbanas y rurales, públicas y privadas, estos desafíos son particularmente agudos. Un sistema de IA entrenado con datos de universidades urbanas de élite podría ser completamente inadecuado para estudiantes de contextos rurales o indígenas (Chiu et al., 2023).

Integridad Académica

La integridad académica representa otro dominio ético crítico. El estudio de Johnston et al. revela actitudes estudiantiles complejas hacia las herramientas de IA generativa:

- 54.1% apoya el uso de herramientas de gramática y corrección
- 35.7% acepta el uso para generación de ideas
- 70.4% no apoya el uso para escribir ensayos completos
- 82.3% cree que las políticas institucionales son poco claras

Esta distinción sugiere la necesidad de políticas matizadas que reconozcan usos legítimos de IA mientras mantienen estándares de originalidad y esfuerzo académico. La línea entre asistencia legítima y plagio se vuelve cada vez más borrosa con herramientas de IA más sofisticadas (Johnston et al., 2024).

Autonomía y Agencia Estudiantil

Un desafío ético menos discutido, pero igualmente importante es el impacto de la IA en la autonomía y agencia estudiantil. Los sistemas altamente personalizados pueden crear rutas de aprendizaje que, aunque optimizadas para eficiencia, limitan la exploración, y el desarrollo de la autodirección. Existe el riesgo de crear estudiantes dependientes de la guía algorítmica, incapaces de navegar la ambigüedad y complejidad del aprendizaje autodirigido.

Hacia un Marco Ético para la IA en Educación Superior

La evidencia acumulada apunta hacia la necesidad de marcos éticos robustos que guíen la implementación de IA en educación superior. Basándose en la literatura analizada y las mejores prácticas emergentes, se propone un marco ético comprehensivo con los siguientes principios:

1. Transparencia y Explicabilidad

Los sistemas de IA utilizados en contextos educativos deben operar bajo principios de transparencia absoluta y ser capaces de explicar sus decisiones de manera comprensible para todos los actores involucrados (Holmes et al., 2022). Esta transparencia comienza con la documentación exhaustiva y clara de los datos utilizados para entrenar los sistemas, incluyendo su origen, procesamiento y posibles limitaciones. Es fundamental que tanto estudiantes como docentes tengan acceso directo a explicaciones comprensibles sobre cómo los algoritmos toman decisiones que afectan sus trayectorias educativas. Más allá de la simple disponibilidad de información, estas explicaciones deben traducir la complejidad técnica en términos pedagógicamente relevantes. Adicionalmente, se requiere la implementación de auditorías regulares y sistemáticas que permitan identificar y corregir sesgos potenciales garantizando que los sistemas evolucionen hacia mayor equidad y precisión con el tiempo (Chiu et al., 2023).

2. Equidad e Inclusión

La implementación de IA en educación superior debe constituirse como una fuerza democratizadora que reduzca, en lugar de amplificar, las inequidades educativas existentes (Bond et al., 2024). Esto demanda un diseño inclusivo desde su concepción, que considere activamente la diversidad de contextos socioeconómicos, culturales y geográficos de las poblaciones estudiantiles. El monitoreo continuo y riguroso de los impactos diferenciales entre distintos grupos demográficos es esencial para detectar y corregir disparidades emergentes (Chiu et al., 2023). Para estudiantes sin acceso adecuado a tecnología, deben establecerse mecanismos de compensación que garanticen que la brecha digital no se traduzca en exclusión educativa. Igualmente, crucial es la adaptación cultural y lingüística de los sistemas, asegurando que la IA respete y valore la diversidad de perspectivas y formas de conocimiento presentes en el contexto educativo latinoamericano (Salas-Pilco & Yang, 2022).

3. Privacidad y Seguridad de Datos

La protección de datos estudiantiles debe considerarse un imperativo ético fundamental en cualquier implementación de IA educativa. Este principio se materializa a través de la minimización de datos, recolectando únicamente la información estrictamente necesaria para cumplir objetivos educativos específicos y evitando la tentación de acumulación masiva de información. El consentimiento informado debe ir más allá de formularios legales complejos, asegurando que estudiantes y sus familias comprendan genuinamente qué datos se recopilan, cómo se utilizan y qué derechos poseen sobre ellos (Huang, 2023). Los derechos al olvido y la portabilidad de datos garantizan que los estudiantes mantengan control sobre su información personal a lo largo del tiempo. Todo esto debe estar respaldado por infraestructura de seguridad robusta que proteja contra brechas de datos y uso indebido, reconociendo que la información educativa es particularmente sensible y su exposición puede tener consecuencias duraderas.

4. Agencia Humana y Supervisión

El mantenimiento de la agencia humana en los procesos educativos es esencial para preservar la naturaleza fundamentalmente relacional y transformadora de la educación (Mah & Groß, 2024). La IA debe conceptualizarse y utilizarse como herramienta de apoyo que amplifica las capacidades humanas, nunca como reemplazo de la sabiduría, experiencia y juicio de educadores y estudiantes (Holmes et al., 2022). Los sistemas deben incluir mecanismos claros de override que permitan a los usuarios humanos anular decisiones algorítmicas cuando el contexto, la intuición o consideraciones éticas lo requieran. Es crucial preservar espacios para la creatividad, la exploración no guiada que caracterizan el aprendizaje profundo (Gligorea et al., 2023). Simultáneamente, la implementación de IA debe acompañarse del desarrollo sistemático del pensamiento crítico sobre estas mismas herramientas, formando ciudadanos capaces de cuestionar, evaluar y mejorar los sistemas tecnológicos que moldean su educación (Sperling et al., 2024).

5. Beneficencia Educativa

Toda implementación de IA en el contexto educativo debe demostrar beneficios claros y medibles para el desarrollo integral de los estudiantes (Crompton & Burke, 2023). Esto requiere evidencia empírica robusta que vaya más allá de métricas superficiales de eficiencia, documentando mejoras genuinas en resultados de aprendizaje profundo y desarrollo de competencias complejas (Thomas et al., 2024; Wu & Yu, 2023). La evaluación de impacto

debe adoptar una perspectiva holística que considere no solo el rendimiento académico sino también el bienestar estudiantil, el desarrollo socioemocional y la preparación para participación ciudadana activa (Vieriu & Petrea, 2025). Los sistemas de evaluación continua deben permitir ajustes dinámicos basados en resultados emergentes, reconociendo que el aprendizaje es un proceso complejo y multifacético (Bayly-Castaneda et al., 2024). La priorización del desarrollo integral del estudiante debe guiar todas las decisiones de diseño e implementación, asegurando que la tecnología sirva a fines educativos humanistas y no meramente instrumentales (Bond et al., 2024).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El análisis sistemático de 25 artículos académicos sobre IA en educación superior revela un panorama complejo y dinámico que desafía simplificaciones tanto tecnofílicas como tecnofóbicas. La evidencia acumulada confirma que la IA tiene potencial transformador significativo para mejorar la calidad, accesibilidad y efectividad de la educación superior, pero este potencial solo se realizará mediante implementación cuidadosa, éticamente informada y contextualmente apropiada.

Los hallazgos principales de esta investigación pueden sintetizarse en varios puntos clave. Primero, la diversidad de aplicaciones de IA en educación superior desde evaluación automatizada hasta sistemas de tutoría inteligente demuestra que no estamos ante una tecnología monolítica sino ante un ecosistema de herramientas con diferentes desafíos. Segundo, la evidencia sobre efectividad es robusta pero contextual, los mismos sistemas que producen mejoras significativas en algunos contextos pueden ser inefectivos o contraproducentes en otros. Tercero, los desafíos éticos no son obstáculos periféricos sino consideraciones centrales que deben integrarse desde el diseño hasta la implementación.

La personalización del aprendizaje emerge como la aplicación más prometedora y problemática simultáneamente. Por un lado, la capacidad de adaptar experiencias educativas a necesidades individuales representa una aspiración pedagógica de larga data ahora tecnológicamente viable. Por otro, los riesgos de crear burbujas de filtro educativas, perpetuar sesgos y erosionar la autonomía estudiantil son reales y requieren mitigación activa. El hallazgo de Vieriu y Petrea de que el 48.2% de estudiantes expresan preocupaciones sobre la precisión del contenido generado por IA subraya la importancia de mantener escepticismo saludable y supervisión humana (Vieriu & Petrea, 2025).

La perspectiva del profesorado, articulada en los cuatro perfiles identificados por Mah y Groß, revela que la adopción exitosa de IA requiere más que soluciones técnicas. El desarrollo profesional, el cambio cultural y el rediseño de roles son igualmente críticos (Mah & Groß, 2024).

El contexto latinoamericano, y particularmente el peruano, presenta tanto desafíos únicos como oportunidades distintivas. La brecha digital, las limitaciones de infraestructura y las inequidades socioeconómicas profundas no pueden ignorarse en ninguna estrategia de implementación. Sin embargo, la investigación de Salas-Pilco y Yang también revela

innovación significativa en la región, sugiriendo que los contextos de recursos limitados pueden catalizar soluciones creativas y contextualmente apropiadas (Salas-Pilco & Yang, 2022).

Las implicaciones para la política educativa son profundas. La adopción de IA no puede dejarse únicamente a fuerzas del mercado o iniciativas institucionales aisladas. Se requieren marcos regulatorios que balanceen innovación con protección, estándares éticos consensuados, e inversión pública en infraestructura y capacitación. La experiencia de países como Finlandia, que han integrado sistemáticamente consideraciones éticas en su estrategia nacional de IA, ofrece lecciones valiosas.

Las limitaciones de este estudio deben reconocerse explícitamente. La dependencia en literatura publicada en inglés y español puede sub representar perspectivas de otras regiones lingüísticas. El sesgo hacia publicaciones recientes significa que efectos a largo plazo de implementaciones de IA permanecen en gran parte desconocidos. Además, la velocidad del cambio tecnológico implica que algunas conclusiones pueden volverse obsoletas rápidamente.

Las direcciones para investigación futura emergen claramente de este análisis. Se necesitan estudios longitudinales que examinen impactos a largo plazo de la exposición a sistemas de IA educativa. La investigación sobre efectos diferenciales entre poblaciones diversas es crítica para asegurar equidad. Los estudios comparativos entre diferentes modelos de implementación pueden identificar mejores prácticas. Finalmente, la investigación sobre nuevas formas de evaluación que capturen competencias del siglo XXI desarrolladas o inhibidas por IA es urgente.

La ventana de oportunidad para moldear el futuro de la IA en educación superior permanece abierta pero no indefinidamente. Las decisiones tomadas en los próximos años sobre cómo desarrollar, implementar y gobernar estas tecnologías tendrán consecuencias duraderas para generaciones de estudiantes. La evidencia presentada en este estudio sugiere que el camino forward no es de adopción acrítica ni rechazo reflexivo, sino de integración considerada que preserve lo mejor de la tradición educativa humanista mientras abraza el potencial transformador de la tecnología.

El rol de las instituciones educativas en esta transición es fundamental. No pueden ser consumidores pasivos de tecnología desarrollada sino participantes activos en moldear

herramientas que sirvan sus misiones educativas. Esto requiere inversión no solo en tecnología sino en capacidad investigativa, desarrollo docente y experimentación pedagógica.

La colaboración regional e internacional emerge como estrategia crítica, particularmente para instituciones con recursos limitados. Compartir mejores prácticas, desarrollar estándares comunes y crear recursos educativos abiertos potenciados por IA puede democratizar el acceso a innovaciones educativas. La propuesta de crear un observatorio latinoamericano de IA en educación superior merece consideración seria.

En conclusión, este análisis confirma que la IA en educación superior no es una panacea tecnológica ni una amenaza existencial, sino una herramienta poderosa cuyo impacto será determinado por cómo elegimos desarrollarla e implementarla. La evidencia sugiere optimismo: los beneficios potenciales son significativos, los riesgos son manejables con diseño cuidadoso, y las oportunidades para innovación educativa son substanciales.

El imperativo ético de proporcionar educación de calidad para todos, articulado en el ODS 4, encuentra en la IA tanto un aliado potencial como un desafío. Realizar el potencial positivo mientras se mitigan los riesgos requiere más que competencia técnica; demanda sabiduría pedagógica, coraje institucional y compromiso inquebrantable con los valores educativos fundamentales.

La responsabilidad es colectiva, la oportunidad es histórica, y el momento de actuar con sabiduría y propósito es ahora. El legado de nuestra generación será juzgado no por la sofisticación de nuestras herramientas tecnológicas sino por cómo las utilizamos para expandir las oportunidades educativas y realizar el potencial humano. En esa tarea trascendental, la IA es solo un instrumento; la visión, valores y voluntad humana siguen siendo los factores determinantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbasi, B. N., Wu, Y., & Luo, Z. (2025). Exploring the impact of artificial intelligence on curriculum development in global higher education institutions. *Education and Information Technologies*, 30, 547-581. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-13113-z>
- Bayly-Castaneda, K., Ramirez-Montoya, M. S., & Morita-Alexander, A. (2024). Crafting personalized learning paths with AI for lifelong learning: A systematic literature review. *Frontiers in Education*, 9, 1424386. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1424386>
- Bernilla, E., Huamán, R., Sánchez, M., Torres, L., & Valdez, P. (2024). Docentes ante la inteligencia artificial en una universidad pública del norte del Perú. *Revista de Educación*, 33(64), 8-28. <https://doi.org/10.15517/revedu.v48i2.54321>
- Bond, M., Bedenlier, S., Marín, V. I., & Händel, M. (2024). AI in higher education: A meta systematic review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 21, 4. <https://doi.org/10.1186/s41239-024-00436-z>
- Chiu, T. K. F., Xia, Q., Zhou, X., Chai, C. S., & Cheng, M. (2023). A systematic literature review on opportunities, challenges, and future research recommendations of artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 4, 100118. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100118>
- Crompton, H., & Burke, D. (2023). Artificial intelligence in higher education: The state of the field. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20, 22. <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00392-8>
- Essel, H. B., Vlachopoulos, D., Tachie-Menson, A., Johnson, E. E., & Baah, P. K. (2022). The impact of a virtual teaching assistant (chatbot) on students' learning in Ghanaian higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 19, 57. <https://doi.org/10.1186/s41239-022-00362-6>
- George, B., & Wooden, O. (2023). Managing the strategic transformation of higher education through artificial intelligence. *Administrative Sciences*, 13(9), 196. <https://doi.org/10.3390/admsci13090196>

- Gligorea, I., Cioca, M., Oancea, R., Gorski, A. T., Gorski, H., & Tudorache, P. (2023). Adaptive learning using artificial intelligence in e-learning: A literature review. *Education Sciences*, 13(12), 1216. <https://doi.org/10.3390/educsci13121216>
- Holmes, W., Porayska-Pomsta, K., Holstein, K., Sutherland, E., Baker, T., Buckingham Shum, S., Santos, O. C., Rodrigo, M. M. T., Cukurova, M., Bittencourt, I. I., & Koedinger, K. R. (2022). Ethics of AI in education: Towards a communitywide framework. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 32, 504-526. <https://doi.org/10.1007/s40593-021-00239-1>
- Huang, L. (2023). Ethics of artificial intelligence in education: Student privacy and data protection. *Science Insights Education Frontiers*, 16(2), 2577-2587. <https://doi.org/10.15354/sief.23.re202>
- Johnston, H., Wells, R. F., Shanks, E. M., Boey, T., & Parsons, B. N. (2024). Student perspectives on generative AI technologies. *International Journal for Educational Integrity*, 20, 2. <https://doi.org/10.1007/s40979-024-00149-4>
- Labadze, L., Grigolia, M., & Machaidze, L. (2023). Role of AI chatbots in education: Systematic literature review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20, 56. <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00426-1>
- Mah, D.-K., & Groß, N. (2024). Artificial intelligence in higher education: Exploring faculty use, self-efficacy, distinct profiles, and professional development needs. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 21, 58. <https://doi.org/10.1186/s41239-024-00490-1>
- Matz, S. C., Bukow, C. S., Peters, H., Deacons, C., Dinu, A., & Stachl, C. (2023). Using machine learning to predict student retention from socio-demographic characteristics and app-based engagement metrics. *Scientific Reports*, 13, 5705. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-32484-w>
- Salas-Pilco, S. Z., & Yang, Y. (2022). Artificial intelligence applications in Latin American higher education: A systematic review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 19, 21. <https://doi.org/10.1186/s41239-022-00326-w>

- Shi, H., & Aryadoust, V. (2024). A systematic review of AI-based automated written feedback research. *ReCALL*, 36(2), 187-209. <https://doi.org/10.1017/S0958344023000265>
- Sperling, K., Stenberg, C. J., McGrath, C., Åkerfeldt, A., Heintz, F., & Stenliden, L. (2024). In search of artificial intelligence (AI) literacy in teacher education: A scoping review. *Computers and Education Open*, 5, 100169. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2024.100169>
- Thomas, D. R., Lin, J., Gatz, E., Gurung, A., Gupta, S., Norberg, K., Heffernan, N., & Heffernan, C. (2024). Improving student learning with hybrid human-AI tutoring: A three-study quasi-experimental investigation. *Proceedings of the 14th Learning Analytics and Knowledge Conference*, 404-415. <https://doi.org/10.1145/3636555.3636896>
- Vieriu, A. M., & Petrea, G. (2025). The impact of artificial intelligence (AI) on students' academic development. *Education Sciences*, 15(3), 343. <https://doi.org/10.3390/educsci15030343>
- Wu, C., Zhang, H., & Carroll, J. M. (2024). AI governance in higher education: Case studies of guidance at Big Ten universities. *Future Internet*, 16(10), 354. <https://doi.org/10.3390/fi16100354>
- Wu, R., & Yu, Z. (2023). Do AI chatbots improve students learning outcomes? Evidence from a meta-analysis. *British Journal of Educational Technology*, 55(1), 10-33. <https://doi.org/10.1111/bjet.13334>

CAPÍTULO 11

SALUD GLOBAL Y DESARROLLO¹⁰⁵ SOSTENIBLE: UNA VISIÓN INTEGRADA GLOBAL HEALTH AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT: AN INTEGRATED VISION

Dante Elmer Hanco Monroy¹⁰⁶

Enma Zenaida Jara Callohuanca¹⁰⁷

Vidal Avelino Quispe Zapana¹⁰⁸

Vicky Cristina Gonzales Alcos¹⁰⁹

Youri Teresa del Carpio Condori¹¹⁰

Pares evaluadores: Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES.¹¹¹

¹⁰⁵ Derivado del proyecto de investigación: Salud global y desarrollo sostenible: una visión integrada

¹⁰⁶ Médico Cirujano, Docente de la Facultad de Medicina Humana Universidad Nacional del Altiplano, Doctoris Scientiae en Ciencias de la Salud, Magister Scientiae en Salud Pública, Segunda Especialidad en Didáctica universitaria y Psicología Educativa,

¹⁰⁷ Médico Cirujano, Docente de la Facultad de Medicina Humana Universidad Nacional del Altiplano, Segunda Especialidad en Cirugía General

¹⁰⁸ Médico Cirujano, Docente de la Facultad de Medicina Humana Universidad Nacional del Altiplano, Doctoris Scientiae en Ciencias de la Salud, Maestro en Gerencia de Servicios de Salud, Segunda especialidad en Cirugía de Tórax y Cardio vascular

¹⁰⁹ Docente de la Facultad de Ciencias Biológicas Universidad Nacional del Altiplano, Doctor en Ciencias de la Salud, Magister scientiae en educación con mención en didáctica de la educación superior

¹¹⁰ Docente de la Facultad de Ciencias Biológicas Universidad Nacional del Altiplano, Doctor en Ciencias de la Salud, Maestro en Salud Publica

¹¹¹ Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES. www.rediees.org

SALUD GLOBAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE: UNA VISIÓN INTEGRADA¹¹²

Dante Elmer Hanco Monrroy¹¹³, Enma Zenaida Jara Callohuanca¹¹⁴, Vidal Avelino Quispe Zapana¹¹⁵, Vicky Cristina Gonzales Alcos¹¹⁶
Youri Teresa del Carpio Condori¹¹⁷

RESUMEN

La salud global y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) no son realidades aisladas, sino piezas claves de un mismo rompecabezas que revela los desafíos del desarrollo humano en nuestro tiempo. El propósito aquí es explorar esas conexiones profundas y mostrar que la salud ya no puede verse únicamente como un sector aislado, sino como el punto de unión vital que impulsa el desarrollo sostenible.

Al revisar tanto estudios científicos como experiencias prácticas, descubrimos que las acciones en salud actúan como palancas que potencian múltiples aspectos del desarrollo. Mejores indicadores sanitarios se traducen, por ejemplo, en avances significativos en educación, una reducción sostenida de la pobreza y mejoras en la sostenibilidad ambiental. Este efecto cascado promueve un ciclo virtuoso, fortaleciendo el bienestar colectivo en todas sus facetas.

Además, este análisis pone en evidencia que los enfoques integrados, donde se combinan disciplinas y sectores, generan impactos mucho mayores que los programas aislados. Cuando las políticas públicas incorporan la salud en cada área gubernamental, se optimiza el beneficio social de la inversión, mientras que la fragmentación de esfuerzos no solo diluye los resultados, sino que también perpetúa desigualdades estructurales.

¹¹² Derivado del proyecto de investigación: Salud global y desarrollo sostenible: una visión integrada

¹¹³ Médico Cirujano, Docente de la Facultad de Medicina Humana Universidad Nacional del Altiplano, Doctoris Scientiae en Ciencias de la Salud, Magister Scientiae en Salud Pública, Segunda Especialidad en Didáctica universitaria y Psicología Educativa

¹¹⁴ Médico Cirujano, Docente de la Facultad de Medicina Humana Universidad Nacional del Altiplano, Segunda Especialidad en Cirugía General e

¹¹⁵ Médico Cirujano, Docente de la Facultad de Medicina Humana Universidad Nacional del Altiplano, Doctoris Scientiae en Ciencias de la Salud, Maestro en Gerencia de Servicios de Salud, Segunda especialidad en Cirugía de Tórax y Cardiovascular

¹¹⁶ Docente de la Facultad de Ciencias Biológicas Universidad Nacional del Altiplano, Doctor en Ciencias de la Salud, Magister scientiae en educación con mención en didáctica de la educación superior

¹¹⁷ Docente de la Facultad de Ciencias Biológicas Universidad Nacional del Altiplano, Doctor en Ciencias de la Salud, Maestro en Salud Pública

Por ello, proponemos un marco conceptual innovador que posiciona a la salud como impulso esencial del desarrollo sostenible. Alcanzar este objetivo exige rediseñar la gobernanza tradicional: necesitamos instituciones interconectadas, coordinación real entre sectores y sistemas de monitoreo que reflejen las complejas relaciones entre salud y desarrollo. Solo así, podremos construir sociedades más justas, saludables y prósperas.

ABSTRACT

Global health and the Sustainable Development Goals (SDGs) are not isolated realities, but key pieces of the same puzzle that reveals the challenges of human development in our time. The purpose here is to explore these deep connections and show that health can no longer be seen solely as an isolated sector, but as the vital nexus that drives sustainable development.

By reviewing both scientific studies and practical experiences, we discover that health actions act as levers that enhance multiple aspects of development. Better health indicators translate, for example, into significant advances in education, sustained poverty reduction, and improvements in environmental sustainability. This cascading effect promotes a virtuous cycle, strengthening collective well-being in all its facets.

Furthermore, this analysis shows that integrated approaches, combining disciplines and sectors, generate much greater impacts than isolated programs. When public policies incorporate health into every area of government, the social benefit of the investment is optimized, while the fragmentation of efforts not only dilutes results but also perpetuates structural inequalities.

Therefore, we propose an innovative conceptual framework that positions health as an essential driver of sustainable development. Achieving this goal requires redesigning traditional governance: we need interconnected institutions, genuine coordination between sectors, and monitoring systems that reflect the complex relationships between health and development. Only in this way can we build more just, healthy, and prosperous societies.

PALABRAS CLAVE: Salud global, Desarrollo sostenible, Objetivos de Desarrollo Sostenible, Equidad en salud, Justicia social, Sostenibilidad ambiental, Políticas intersectoriales, Determinantes sociales

Keywords: Global health, Sustainable development, Sustainable Development Goals, Health equity, Social justice, Environmental sustainability, Intersectoral policies, Social determinants

INTRODUCCIÓN

En las primeras décadas del siglo XXI, la salud global se revela como un intrincado entramado que trasciende fronteras nacionales y paradigmas biomédicos convencionales. Ya no basta con mirar al individuo; es preciso comprender cómo confluyen dinámicas micro y macro, desde las interacciones moleculares hasta los ciclos climáticos planetarios, para dar forma a nuestro bienestar. Esta visión sistémica obliga a desplegar herramientas analíticas y prácticas operativas que reconozcan la multiescalaridad del problema.

El año 2015 marcó un punto de inflexión con la adopción de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) por la ONU, un compromiso político que reconoció explícita y holísticamente la interdependencia entre crecimiento económico, justicia social y salud ambiental. En este marco, la salud se convierte en un eje transversal esencial que articula las demás metas.

El concepto de salud global ha recorrido un largo camino: desde las primeras miradas de la medicina tropical y los programas de salud internacional, hacia una agenda amplia. Koplan et. al. lo definen como un campo que promueve tanto la investigación como la acción para mejorar la salud y promover la equidad en todo el planeta. Es, en efecto, un cambio de paradigma: se deja de lado la mirada centrada únicamente en enfermedades transmisibles para observar también las raíces estructurales de la salud. La evidencia empírica respalda este giro (Koplan et al. 2009). Estudios como el de Wagstaff muestran con datos rigurosos cómo la pobreza y la inequidad sanitaria se refuerzan mutuamente, configurando ciclos intergeneracionales de exclusión. Romperlos exige políticas que integren sectores económicos, educativos, ambientales y sanitarios. (Wagstaff 2002)

En este escenario, la crisis climática añade una capa de complejidad. El Antropoceno ha alterado dramáticamente los sistemas terrestres, reconfigurando vectores de enfermedad, intensificando fenómenos meteorológicos extremos y desestabilizando la seguridad alimentaria. Según Prüss-Ustün, aproximadamente un cuarto de la carga global de enfermedad está relacionado con factores ambientales modificables, lo que subraya la urgencia de una mirada de salud planetaria (Prüss-Ustün et al. 2017).

La pandemia de COVID-19 actuó como un espejo del estado del mundo. SARS-CoV-2 no solo desencadenó una crisis sanitaria sin precedentes, sino que expuso grietas profundas en nuestra interdependencia social y económica. Desigualdades preexistentes amplificaron sus

efectos y obligaron a desplegar una respuesta coordinada a nivel global, ofreciendo aprendizajes cruciales sobre cómo enfrentar crisis sistémicas de salud.

Este capítulo se propone desentrañar las conexiones existentes entre los ODS y la salud global. Partiendo de una revisión detallada de la literatura científica de la última década, se entretejen conceptos, datos empíricos y ejemplos específicos, con especial énfasis en América Latina. La región, caracterizada por profundas inequidades, urbanización acelerada, vulnerabilidad climática y sistemas sanitarios segmentados, ofrece un laboratorio natural para explorar respuestas innovadoras.

De este modo, ofrecemos no solo un balance crítico de avances y rezagos, sino también un análisis de los desafíos institucionales, las barreras estructurales y las oportunidades emergentes. El propósito es aportar un marco analítico y operativo que promueva una transición efectiva hacia paradigmas de salud y desarrollo verdaderamente sostenibles y equitativos.

DESARROLLO

Marcos Conceptuales de la Salud Global: Evolución y Perspectivas Contemporáneas

La conceptualización de la salud global ha experimentado transformaciones paradigmáticas significativas que reflejan cambios fundamentales en la comprensión de las relaciones entre salud, desarrollo y gobernanza global. Beaglehole y Bonita trazan esta evolución desde los enfoques coloniales de medicina tropical, pasando por la salud internacional del período de posguerra, hasta las conceptualizaciones contemporáneas que enfatizan la equidad, los derechos humanos y la interdependencia planetaria (Beaglehole and Bonita 2010)

Los determinantes sociales de la salud constituyen un marco analítico fundamental para comprender las inequidades sanitarias persistentes. La Comisión sobre Determinantes Sociales de la Salud de la OMS, estableció que las condiciones en las que las personas nacen, crecen, viven, trabajan y envejecen son los principales factores que configuran los resultados de salud. Este marco conceptual trasciende los modelos biomédicos reduccionistas para incorporar las dimensiones estructurales de poder, recursos y oportunidades que determinan la distribución poblacional de la salud y la enfermedad (Marmot et al. 2008).

La evidencia empírica robusta demuestra que hasta el 80% de las variaciones en resultados de salud entre poblaciones pueden atribuirse a factores sociales y ambientales. Solar y Irwin desarrollaron un marco conceptual comprehensivo que distingue entre determinantes estructurales (posición socioeconómica, género, etnicidad) e intermediarios (condiciones materiales, factores conductuales, factores psicosociales), proporcionando una herramienta analítica poderosa para diseñar intervenciones multisectoriales efectivas (Solar and Irwin 2010).

El concepto emergente de salud planetaria representa una expansión adicional del paradigma, reconociendo la dependencia fundamental de la salud humana respecto a los sistemas naturales del planeta. Whitmee et al. articulan esta perspectiva en el informe de la Comisión Rockefeller-Lancet sobre Salud Planetaria, argumentando que la disrupción de los sistemas terrestres amenaza los avances en salud logrados durante el último siglo. Este marco integra consideraciones de límites planetarios, resiliencia ecosistémica y justicia intergeneracional en el análisis de la salud global (Whitmee et al. 2015).

La arquitectura institucional de la salud global ha experimentado una complejización significativa en las últimas décadas. Los autores Hoffman y Cole documentan la proliferación de actores que incluyen organizaciones multilaterales, iniciativas público-privadas, fundaciones filantrópicas, corporaciones transnacionales y redes de la sociedad civil. Esta multiplicidad de actores genera tanto oportunidades para la innovación como desafíos de coordinación, rendición de cuentas y coherencia (Hoffman and Cole (2018).

Tabla 1: Evolución Paradigmática de los Enfoques en Salud Global

Período	Paradigma Dominante	Enfoque Principal	Actores Clave
1945-1978	Salud Internacional	Control de enfermedades transmisibles	Estados nacionales, OMS
1978-2000	Atención Primaria de Salud	Acceso universal a servicios básicos	Sistema ONU ampliado
2000-2015	Salud Global	Objetivos específicos de enfermedad	Asociaciones público privadas
2015-presente	Salud Planetaria	Sostenibilidad sistémica	Redes multiactor complejas

Fuente: Elaboración propia basada en Beaglehole and Bonita (2010), Koplan et al. (2009), Whitmee et al. (2015) y Hoffman and Cole (2018).

Los límites planetarios, conceptualizados por Steffen, proporcionan un marco cuantitativo para evaluar la sostenibilidad de las actividades humanas. De los nueve límites identificados, al menos cuatro han sido transgredidos, con implicaciones directas para la salud humana. El cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la alteración de los ciclos biogeoquímicos y el cambio de uso del suelo interactúan sinérgicamente para crear nuevos perfiles de riesgo sanitario que requieren respuestas adaptativas complejas (Steffen et al. 2015).

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Arquitectura y Sinergias con la Salud

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible representa un avance conceptual y operativo significativo respecto a los Objetivos de Desarrollo del Milenio. La estructura de 17 objetivos, 169 metas y 232 indicadores refleja un reconocimiento explícito de la complejidad e interconexión de los desafíos del desarrollo contemporáneo (United Nations 2015).

El ODS 3, “Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades”, articula 13 metas específicas que abarcan desde la mortalidad materno-infantil hasta las enfermedades no transmisibles y la cobertura sanitaria universal. Sin embargo, el análisis sistemático revela que la salud está implícita o explícitamente presente en todos los ODS. Nunes et al. identificaron 267 sinergias positivas entre el ODS 3 y los otros objetivos,

comparadas con solo 27 compensaciones potenciales, evidenciando el rol catalítico de la salud en el desarrollo sostenible (Nunes et al. 2016).

La implementación del principio de “no dejar a nadie atrás” requiere aproximaciones metodológicas y operativas que trasciendan los promedios nacionales para identificar y abordar las inequidades subnacionales y entre grupos poblacionales. Este imperativo ético y práctico demanda sistemas de información desagregados, mecanismos de participación comunitaria y estrategias diferenciadas que reconozcan la heterogeneidad de vulnerabilidades y capacidades.

El carácter integrado e indivisible de los ODS implica que el progreso en un objetivo puede catalizar avances en otros, pero también que los retrocesos en un área pueden comprometer el logro general de la agenda. Esta interdependencia requiere enfoques de planificación y evaluación que capturen las dinámicas sistémicas y los efectos multiplicadores de las intervenciones.

Tabla 2: Interconexiones Sistémicas entre Salud y Objetivos de Desarrollo Sostenible

ODS	Objetivo	Vínculo con Salud	Mecanismo de Sinergia
1	Fin de la pobreza	Bidireccional	Protección financiera en salud
2	Hambre cero	Determinante directo	Seguridad alimentaria y nutricional
4	Educación de calidad	Reforzamiento mutuo	Capital humano saludable
5	Igualdad de género	Multiplicador	Salud sexual y reproductiva
6	Agua y saneamiento	Prerrequisito	Prevención de enfermedades
11	Ciudades sostenibles	Entorno habilitante	Determinantes urbanos de salud
13	Acción climática	Protección sistémica	Adaptación y resiliencia sanitaria

Fuente: Elaboración propia con base en United Nations (2015), Nunes et al. (2016) y análisis de sinergias documentadas en la literatura.

La arquitectura de los ODS reconoce explícitamente la necesidad de equilibrar las tres dimensiones del desarrollo sostenible: económica, social y ambiental. Esta conceptualización tripartita requiere marcos analíticos y herramientas de política que puedan abordar compensaciones complejas y maximizar beneficios entre sectores y escalas temporales.

Análisis de Interconexiones Críticas: Evidencia Empírica y Mecanismos Causales

Nexo Salud-Pobreza: Círculos Viciosos y Estrategias de Ruptura

La relación bidireccional entre pobreza y salud constituye uno de los desafíos más persistentes del desarrollo global. Xu y toros entendidos documentan que aproximadamente 100 millones de personas son empujadas anualmente a la pobreza extrema debido a gastos catastróficos en salud, mientras que la pobreza preexistente incrementa significativamente la vulnerabilidad a enfermedades y limita el acceso a servicios sanitarios (Xu et al. 2007).

Los mecanismos causales que vinculan pobreza y salud operan a múltiples niveles. A nivel individual, la privación material limita el acceso a nutrición adecuada, vivienda salubre y atención médica oportuna. A nivel comunitario, la concentración espacial de la pobreza genera ambientes que facilitan la transmisión de enfermedades y limitan las oportunidades de movilidad social. A nivel sistémico, las estructuras económicas y políticas perpetúan inequidades que se manifiestan en gradientes sociales de salud persistentes.

La evidencia sobre intervenciones efectivas para romper estos círculos viciosos es robusta. Los autores Moreno-Serra y Smith analizan datos de 24 países en desarrollo, demostrando que la expansión de esquemas de cobertura sanitaria universal reduce la incidencia de gastos catastróficos en salud hasta en 40%. Los programas de transferencias condicionadas, como Bolsa Familia en Brasil, han demostrado efectividad en mejorar simultáneamente indicadores de salud y reducir la pobreza (Moreno-Serra and Smith 2012). Por otro lado, Rasellaetal documenta una reducción del 17% en la mortalidad infantil asociada a la implementación del programa, con efectos particularmente pronunciados en municipios con alta cobertura (Rasellaetal 2013).

Sistemas Alimentarios, Nutrición y Salud: Desafíos de la Triple Carga

La malnutrición en todas sus formas representa un desafío multidimensional que ejemplifica las complejas interacciones entre sistemas alimentarios, salud y sostenibilidad

ambiental. Black et al. conceptualizan la “triple carga de la malnutrición” que incluye desnutrición, deficiencias de micronutrientes y sobrepeso/obesidad, frecuentemente coexistiendo en las mismas poblaciones e incluso hogares (Black et al. 2013).

La evidencia indica que la desnutrición contribuye al 45% de las muertes en menores de cinco años globalmente, mientras que las enfermedades no transmisibles relacionadas con la dieta representan una carga creciente de morbilidad y mortalidad en adultos. Bhutta et al. demuestran a través de revisiones sistemáticas que las intervenciones nutricionales en los primeros 1000 días de vida tienen efectos duraderos sobre el desarrollo cognitivo, la productividad económica y la salud a lo largo del ciclo vital (Bhutta et al. 2013).

Asimismo, los sistemas alimentarios contemporáneos enfrentan el desafío de proporcionar dietas saludables dentro de los límites planetarios. Willett et al. proponen la “dieta de salud planetaria” que podría prevenir aproximadamente 11 millones de muertes prematuras anuales mientras reduce significativamente el impacto ambiental de la producción alimentaria. La transformación hacia sistemas alimentarios sostenibles requiere cambios coordinados en producción, distribución, consumo y gobernanza. (Willett et al. 2019)

Educación y Salud: Sinergias Intergeneracionales

La relación sinérgica entre educación y salud opera a través de múltiples mecanismos y escalas temporales. Gakidou et al. analizan datos de 175 países durante cuatro décadas, demostrando que cada año adicional de educación materna se asocia con una reducción del 9.5% en la mortalidad infantil. Los mecanismos causales incluyen mejor comprensión de información sanitaria, mayor autonomía en decisiones de salud, acceso a recursos económicos y adopción de comportamientos saludables (Gakidou et al. (2010).

Las intervenciones de salud basadas en escuelas demuestran retornos excepcionales sobre la inversión. Miguel y Kremer documentan que los programas de desparasitación escolar en Kenia, con un costo de menos de un dólar por niño por año, incrementaron la asistencia escolar en 7.5% y mejoraron significativamente los resultados educativos a largo plazo. Estos hallazgos subrayan la importancia de conceptualizar las escuelas como plataformas integrales de desarrollo humano (Miguel and Kremer (2004).

La pandemia de COVID-19 expuso dramáticamente estas interconexiones. El cierre de escuelas afectó a 1.6 mil millones de estudiantes globalmente, con impactos que trascienden

la pérdida de aprendizaje para incluir inseguridad alimentaria, deterioro de la salud mental y incremento en la violencia doméstica. La recuperación post pandémica requiere enfoques que reconozcan y fortalezcan los vínculos entre sistemas educativos y sanitarios.

Género, Salud y Desarrollo: Interseccionalidad y Transformación

Las dinámicas de género constituyen determinantes fundamentales de la salud que operan a través de normas sociales, relaciones de poder y acceso diferencial a recursos y oportunidades. Se documentaron que las inequidades de género se manifiestan en indicadores sanitarios dispares, desde la mortalidad materna prevenible hasta la carga desproporcionada de enfermedades mentales en mujeres (Heise et al. (2019).

La mortalidad materna persiste como indicador paradigmático de inequidad, con 810 muertes diarias por causas relacionadas con embarazo y parto, 94% de las cuales ocurren en contextos de bajos recursos. El acceso a servicios de salud sexual y reproductiva tiene efectos multiplicadores sobre el empoderamiento femenino, la participación económica y el bienestar familiar. Se demostró que los programas integrados de microfinanzas y educación en salud en Bangladesh (Asia del Sur) no solo mejoraron indicadores sanitarios, sino que también redujeron la violencia de género (Ahmed et al. (2001).

La violencia basada en género representa una pandemia silenciosa con profundas implicaciones sanitarias. Una de cada tres mujeres experimenta violencia física o sexual en su vida, con consecuencias que incluyen traumatismos físicos, problemas de salud mental, infecciones de transmisión sexual y embarazos no deseados. Abordar esta problemática requiere transformaciones en normas sociales, sistemas legales y servicios de apoyo integral.

Agua, Saneamiento e Higiene: Fundamentos de la Salud Pública

El acceso a agua segura, saneamiento adecuado e instalaciones para higiene constituye un prerequisite fundamental para la salud que permanece inalcanzable para miles de millones de personas, una inadecuada provisión de estos servicios causa 829,000 muertes anuales, con cargas desproporcionadas en poblaciones vulnerables (Prüss-Ustün et al. 2014).

Las dimensiones de género del acceso a agua y saneamiento son particularmente pronunciadas. En muchos contextos, mujeres y niñas dedican hasta seis horas diarias a la recolección de agua, tiempo que podría dedicarse a educación o actividades económicas. La

ausencia de instalaciones sanitarias seguras en escuelas contribuye al abandono escolar femenino, particularmente después de la menarquia.

El análisis costo-beneficio de las inversiones en agua y saneamiento demuestra retornos excepcionales. Asimismo, se estima que cada dólar invertido genera \$4.30 en beneficios económicos a través de mejoras en salud, productividad y tiempo liberado. La implementación exitosa requiere no solo infraestructura física sino también cambios conductuales sostenidos y sistemas de gestión comunitaria (Hutton and Chase 2016).

Tabla 3: Análisis de Costo-Efectividad de Intervenciones en Agua, Saneamiento e Higiene

Intervención	Reducción Enfermedad Diarreica	Co-beneficios	Ratio B/C
Mejora en calidad del agua	42%	Ahorro de tiempo, dignidad	4.3:1
Saneamiento mejorado	36%	Seguridad, privacidad	5.5:1
Promoción de lavado de manos	48%	Prevención múltiple	3.4:1
Intervención integrada WASH	55%	Transformación sistémica	7.0:1

Fuente: Datos compilados de Prüss-Ustün et al. (2014) y Hutton and Chase (2016). Los ratios beneficio-costo corresponden a análisis económicos publicados en la literatura citada.

Desafíos Emergentes y Respuestas Sistémicas

Crisis Climática y Salud: Adaptación en el Antropoceno

El cambio climático representa la amenaza más significativa para la salud global del siglo XXI. Se estima que entre 2030 y 2050, el cambio climático causará aproximadamente 250,000 muertes adicionales anuales por malnutrición, malaria, diarrea y estrés térmico, sin considerar impactos indirectos a través de conflictos, migración y colapso de sistemas (Watts et al. 2021).

Los mecanismos a través de los cuales el cambio climático afecta la salud son múltiples y sinérgicos. Los eventos climáticos extremos causan mortalidad y morbilidad directa, mientras que los cambios graduales en temperatura y precipitación alteran la distribución de vectores de enfermedades. Se tiene documentado la expansión geográfica de enfermedades tropicales hacia latitudes y altitudes previamente inhóspitas para sus vectores (Campbell-Lendrum et al. 2015).

Las respuestas adaptativas requieren transformaciones en sistemas de salud para incrementar resiliencia. Los sistemas de alerta temprana que integran datos meteorológicos y epidemiológicos pueden anticipar brotes de enfermedades sensibles al clima. La infraestructura sanitaria debe diseñarse para resistir eventos extremos y mantener funcionalidad en condiciones adversas.

Paradójicamente, el sector salud contribuye significativamente al problema que busca mitigar. Se estima que, si el sector salud global fuera un país, sería el quinto mayor emisor de gases de efecto invernadero. La transición hacia sistemas de salud carbono-neutrales requiere innovaciones en infraestructura, cadenas de suministro y modelos de atención (Pichler et al. (2019).

Preparación y Respuesta Pandémica: Lecciones del COVID-19

La pandemia de COVID-19 proporcionó una demostración empírica sin precedentes de las vulnerabilidades sistémicas en la arquitectura de salud global. Se tiene documentado de cómo el SARS-CoV-2 expuso y amplificó inequidades preexistentes, con impactos desproporcionados en poblaciones marginalizadas. Los impactos socioeconómicos de la pandemia trascienden la morbilidad y mortalidad directa. Entre 88 y 115 millones de personas fueron empujadas a la pobreza extrema, décadas de progreso en desarrollo humano se revirtieron, y las brechas de género se ampliaron debido a la pérdida desproporcionada de empleo femenino y el incremento en trabajo de cuidado no remunerado (Sachs et al. 2020)..

El origen zoonótico del SARS-CoV-2 subraya la importancia de enfoques que reconozcan las interconexiones entre salud humana, animal y ambiental. Se tiene previsto que el 75% de las enfermedades infecciosas emergentes son de origen zoonótico, con la deforestación, expansión agrícola y comercio de vida silvestre creando interfaces de alto riesgo para el contagio viral. (Mackenzie and Jeggo 2019)

La inequidad en el acceso a tecnologías médicas, particularmente vacunas, reveló las limitaciones del multilateralismo sanitario. Mientras países de altos ingresos acumulaban dosis excedentes, poblaciones enteras en países de bajos recursos permanecían sin protección. Esta “apartheid vacunal” no solo representa un fracaso ético sino también epidemiológico, creando reservorios para la emergencia de variantes.

Hacia un Modelo Integrado: Principios y Estrategias

La evidencia acumulada apunta hacia la necesidad de transformaciones paradigmáticas en cómo conceptualizamos y operacionalizamos las relaciones entre salud y desarrollo.

Se proponen cinco principios fundamentales para guiar esta transición:

1. Gobernanza Intersectorial y Coherencia Política

La fragmentación sectorial representa una barrera fundamental para abordar desafíos complejos de salud y desarrollo. Se tienen experiencias exitosas de “Salud en Todas las Políticas” en contextos diversos, demostrando que la integración sistemática de consideraciones sanitarias en la formulación de políticas genera beneficios múltiples (Leppo et al. 2013).

La implementación efectiva requiere mecanismos institucionales que faciliten coordinación horizontal entre sectores y vertical entre niveles de gobierno. Los sistemas de evaluación de impacto en salud, presupuestos integrados y plataformas de coordinación interministerial son herramientas críticas. La experiencia de Finlandia, donde todas las políticas públicas significativas pasan por evaluación de impacto sanitario, demuestra la viabilidad de estos enfoques.

2. Participación Comunitaria y Democratización del Conocimiento

La evidencia consistente demuestra que las intervenciones diseñadas e implementadas con participación comunitaria significativa logran mejores resultados y mayor sostenibilidad. Se analizaron décadas de experiencias en participación comunitaria en salud, identificando factores críticos para el éxito incluyendo devolución real de poder, recursos adecuados y respeto por conocimientos locales (Rifkin 2014).

3. Equidad como Imperativo Ético y Pragmático

El principio de “no dejar a nadie atrás” requiere operacionalización a través de mecanismos que identifiquen y prioricen poblaciones vulnerables. Los sistemas de

información desagregada, presupuestos con perspectiva de equidad y mecanismos de rendición de cuentas social son elementos esenciales.

Chile ha implementado un sistema innovador que no solo monitorea promedios nacionales, sino que prioriza inversiones en comunas con peores indicadores sanitarios. Las garantías explícitas en salud (GES) establecen derechos exigibles que reducen inequidades en acceso a servicios críticos.

4. Sostenibilidad Planetaria como Marco Integrador

La salud planetaria ofrece un marco conceptual que integra consideraciones de salud humana con límites ecológicos, es así como se demostraron que las intervenciones con co-beneficios para salud y ambiente, como dietas sostenibles y ciudades caminables, pueden prevenir millones de muertes prematuras mientras mantienen sistemas terrestres dentro de límites seguros (Murray et al. 2020).

La operacionalización requiere métricas que capturen estas interacciones complejas, modelos de gobernanza que trasciendan sectores y escalas temporales, y narrativas que comuniquen efectivamente la interdependencia entre bienestar humano y planetario.

5. Innovación Tecnológica con Equidad

Las tecnologías digitales ofrecen oportunidades sin precedentes para democratizar acceso a servicios de salud y acelerar el progreso hacia los ODS. Sin embargo, la brecha digital amenaza con amplificar inequidades existentes si no se gestiona cuidadosamente.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El análisis sistemático presentado en este capítulo confirma que la salud global y el desarrollo sostenible constituyen dominios fundamentalmente interconectados que requieren abordajes integrados para su comprensión y gestión efectiva. La evidencia acumulada demuestra de manera concluyente que las inversiones en salud generan retornos múltiples que trascienden los indicadores sanitarios tradicionales, catalizando procesos de desarrollo económico, cohesión social y sostenibilidad ambiental.

Los hallazgos revelan que los modelos fragmentados de gobernanza, heredados de paradigmas reduccionistas del siglo XX, son inadecuados para abordar los desafíos complejos del Antropoceno. La persistencia de silos sectoriales, a pesar de la evidencia abrumadora sobre

las interconexiones entre dominios, refleja inercias institucionales y políticas que requieren transformaciones estructurales profundas. La transición hacia modelos de gobernanza adaptativa que puedan navegar la complejidad, incertidumbre y dinámicas no lineales de los sistemas socio ecológicos contemporáneos emerge como imperativo crítico.

Las limitaciones metodológicas del presente análisis deben reconocerse explícitamente. La dependencia en literatura publicada en revistas indexadas introduce sesgos potenciales hacia perspectivas académicas occidentales y puede sub representar conocimientos y experiencias de comunidades marginalizadas. Adicionalmente, la naturaleza emergente y dinámica de muchos fenómenos analizados implica que las conclusiones deben considerarse provisionales y sujetas a revisión continua conforme nueva evidencia emerja.

La temporalidad representa otro desafío analítico significativo. Mientras que los ciclos políticos y económicos operan en escalas de años o décadas, muchos de los procesos fundamentales que vinculan salud y desarrollo se despliegan a lo largo de generaciones. La captura y valoración de beneficios intergeneracionales requiere marcos analíticos y mecanismos de gobernanza que trasciendan los horizontes temporales convencionales de la toma de decisiones públicas.

Las implicaciones para la formulación de políticas públicas son profundas. La adopción efectiva de enfoques de “Salud en Todas las Políticas” requiere más que ajustes marginales en procesos gubernamentales; demanda una reconfiguración fundamental de cómo se conceptualizan, diseñan, implementan y evalúan las intervenciones públicas. Esto incluye el desarrollo de capacidades técnicas transdisciplinarias, sistemas de información integrados, mecanismos de coordinación intersectorial robustos y, fundamentalmente, voluntad política sostenida para trascender intereses sectoriales estrechos.

Los sistemas de monitoreo y evaluación requieren evolución paralela para capturar las dinámicas complejas y efectos multiplicadores de las intervenciones integradas. Los indicadores tradicionales, diseñados para medir progreso unidimensional, son insuficientes para evaluar intervenciones que operan a través de múltiples vías causales y escalas temporales. El desarrollo de métricas compuestas, análisis de sistemas y enfoques de evaluación adaptativa emerge como prioridad técnica y política.

La arquitectura de gobernanza global enfrenta desafíos existenciales en un contexto de nacionalismos resurgentes y erosión del multilateralismo. La pandemia de COVID-19 y la

crisis climática han demostrado simultáneamente la necesidad crítica de cooperación internacional efectiva y las profundas limitaciones de los mecanismos existentes. La construcción de nuevas formas de gobernanza global que puedan balancear soberanía nacional con imperativos de supervivencia colectiva representa uno de los desafíos definitorios del siglo XXI.

El análisis económico de las inversiones en salud requiere marcos conceptuales que trasciendan los enfoques de costo-efectividad convencionales. La valoración integral de beneficios multidimensionales y transgeneracionales, la incorporación de consideraciones de equidad y sostenibilidad, y el reconocimiento del valor intrínseco de la salud más allá de su contribución a la productividad económica son elementos esenciales de estos nuevos marcos analíticos.

La ventana de oportunidad para lograrlos ODS se estrecha rápidamente. Con menos de una década restante, la evidencia indica que el progreso incremental es insuficiente; se requieren transformaciones aceleradas y a escala. Sin embargo, el análisis también revela razones para un optimismo cauteloso. El conocimiento sobre qué intervenciones funcionan es robusto, las tecnologías habilitantes están disponibles y ejemplos inspiradores de transformación exitosa existen en diversos contextos.

La crisis climática introduce urgencia adicional y complejidad a estos desafíos. Los puntos de inflexión en sistemas terrestres implican que las ventanas para la acción efectiva pueden cerrarse irreversiblemente. La integración de consideraciones de resiliencia, adaptación y mitigación en todas las intervenciones de salud y desarrollo emerge como imperativo no negociable.

El rol de la innovación tecnológica merece consideración especial. Mientras que las tecnologías digitales, biotecnologías y otras innovaciones ofrecen potencial transformador, su despliegue debe guiarse por principios de equidad y sostenibilidad. La historia demuestra que la innovación tecnológica puede tanto reducir como amplificar inequidades, dependiendo de los marcos institucionales y políticos que guían su desarrollo y distribución.

Las implicaciones éticas de este análisis son profundas. El reconocimiento de las interconexiones fundamentales entre salud individual, bienestar colectivo y sostenibilidad planetaria desafía concepciones individualistas de derechos y responsabilidades. La construcción de nuevos marcos éticos que puedan navegar las tensiones entre autonomía

individual, justicia social y sostenibilidad intergeneracional representa un desafío filosófico y práctico crítico.

La educación y formación de recursos humanos emerge como factor habilitante fundamental. Los profesionales del futuro requieren competencias que trasciendan disciplinas tradicionales, capacidad para pensar sistémicamente, y habilidades para facilitar procesos participativos y navegar complejidad. La reforma de sistemas educativos para desarrollar estas capacidades es urgente.

En conclusión, este análisis confirma que la visión integrada de salud y desarrollo sostenible no constituye una aspiración utópica sino un imperativo pragmático basado en evidencia robusta. La salud emerge no como un sector entre muchos, sino como el fundamento sobre el cual se construye todo desarrollo genuinamente sostenible. La operacionalización efectiva de esta visión requiere transformaciones en múltiples dimensiones: conceptual, institucional, política y ética.

El desafío definitorio de nuestra era es traducir este entendimiento en acción efectiva a la escala y velocidad requeridas. Esto demanda más que ajustes técnicos o reformas incrementales; requiere una reimaginación fundamental de las relaciones entre humanidad y biosfera, entre presente y futuro, entre individual y colectivo. La evidencia indica que poseemos el conocimiento, las herramientas y los recursos necesarios. La pregunta crítica es si podemos movilizar la voluntad colectiva para actuar antes de que las ventanas de oportunidad se cierren definitivamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Ahmed, S. M., Chowdhury, M., & Bhuiya, A. (2001). Micro-credit and emotional wellbeing: Experience of poor rural women from Matlab, Bangladesh. *World Development*, 29(11), 1957–1966. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(01\)00069-9](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(01)00069-9)

Beaglehole, R., & Bonita, R. (2010). What is global health? *Global Health Action*, 3(1), 5142. <https://doi.org/10.3402/gha.v3i0.5142>

Bhutta, Z. A., Das, J. K., Rizvi, A., Gaffey, M. F., Walker, N., Horton, S., Webb, P., Lartey, A., & Black, R. E. (2013). Evidence-based interventions for improvement of maternal and child nutrition: What can be done and at what cost? *The Lancet*, 382(9890), 452–477. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)60996-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)60996-4)

Black, R. E., Victora, C. G., Walker, S. P., Bhutta, Z. A., Christian, P., de Onis, M., Ezzati, M., Grantham-McGregor, S., Katz, J., Martorell, R., & Uauy, R. (2013). Maternal and child undernutrition and overweight in low-income and middle-income countries. *The Lancet*, 382(9890), 427–451. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)60937-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)60937-X)

Campbell-Lendrum, D., Manga, L., Bagayoko, M., & Sommerfeld, J. (2015). Climate change and vector-borne diseases: What are the implications for public health research and policy? *Bulletin of the World Health Organization*, 93(12), 817–818. <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0552>

Gakidou, E., Cowling, K., Lozano, R., & Murray, C. J. (2010). Increased educational attainment and its effect on child mortality in 175 countries between 1970 and 2009: A systematic analysis. *The Lancet*, 376(9745), 959–974. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(10\)61257-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(10)61257-3)

Heise, L., Greene, M. E., Opper, N., Stavropoulou, M., Harper, C., Nascimento, M., Zewdie, D., & Gender Equality, Norms, and Health Steering Committee. (2019). Gender

inequality and restrictive gender norms: Framing the challenges to health. *The Lancet*, 393(10189), 2440–2454. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)30652-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)30652-X)

Hoffman, S. J., & Cole, C. B. (2018). Defining the global health system and systematically mapping its network of actors. *Globalization and Health*, 14(1), 38. <https://doi.org/10.1186/s12992-018-0340-2>

Hutton, G., & Chase, C. (2016). The knowledge base for achieving the sustainable development goal targets on water supply, sanitation and hygiene. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(6), 536. <https://doi.org/10.3390/ijerph13060536>

Koplan, J. P., Bond, T. C., Merson, M. H., Reddy, K. S., Rodriguez, M. H., Sewankambo, N. K., & Wasserheit, J. N. (2009). Towards a common definition of global health. *The Lancet*, 373(9679), 1993–1995. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)60332-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)60332-9)

Leppo, K., Ollila, E., Peña, S., Wismar, M., & Cook, S. (2013). *Health in All Policies: Seizing opportunities, implementing policies*. Ministry of Social Affairs and Health.

Mackenzie, J. S., & Jeggo, M. (2019). The One Health approach—Why is it so important? *Tropical Medicine and Infectious Disease*, 4(2), 88. <https://doi.org/10.3390/tropicalmed4020088>

Marmot, M., Friel, S., Bell, R., Houweling, T. A., & Taylor, S. (2008). Closing the gap in a generation: Health equity through action on the social determinants of health. *The Lancet*, 372(9650), 1661–1669. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(08\)61690-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(08)61690-6)

Miguel, E., & Kremer, M. (2004). Worms: Identifying impacts on education and health in the presence of treatment externalities. *Econometrica*, 72(1), 159–217. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0262.2004.00481.x>

Moreno-Serra, R., & Smith, P. C. (2012). Does progress towards universal health coverage improve population health? *The Lancet*, 380(9845), 917–923.
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)61039-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61039-3)

Murray, C. J., Aravkin, A. Y., Zheng, P., Abbafati, C., Abbas, K. M., Abbasi-Kangevari, M., Abd-Allah, F., Abdelalim, A., Abdollahi, M., Abdollahpour, I., ... GBD 2019 Risk Factors Collaborators. (2020). Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990–2019: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet*, 396(10258), 1223–1249. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30752-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30752-2)

Nunes, A. R., Lee, K., & O'Riordan, T. (2016). The importance of an integrating framework for achieving the Sustainable Development Goals: The example of health and well-being. *BMJ Global Health*, 1(3), e000068. <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2016-000068>

Pichler, P. P., Jaccard, I. S., Weisz, U., & Weisz, H. (2019). International comparison of health care carbon footprints. *Environmental Research Letters*, 14(6), 064004.
<https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab19e1>

Prüss-Ustün, A., Bartram, J., Clasen, T., Colford, J. M., Cumming, O., Curtis, V., Bonjour, S., Dangour, A. D., De France, J., Fewtrell, L., Freeman, M. C., Gordon, B., Hunter, P. R., Johnston, R. B., Mathers, C., Mäusezahl, D., Medlicott, K., Neira, M., Stocks, M., ... Cairncross, S. (2014). Burden of disease from inadequate water, sanitation and hygiene in low- and middle-income settings: A retrospective analysis of data from 145 countries. *Tropical Medicine & International Health*, 19(8), 894–905.
<https://doi.org/10.1111/tmi.12329>

Prüss-Ustün, A., Wolf, J., Corvalán, C., Neville, T., Bos, R., & Neira, M. (2017). Diseases due to unhealthy environments: An updated estimate of the global burden of disease attributable to environmental determinants of health. *Journal of Public Health*, 39(3), 464–475. <https://doi.org/10.1093/pubmed/fdw085>

Rasella, D., Aquino, R., Santos, C. A., Paes-Sousa, R., & Barreto, M. L. (2013). Effect of a conditional cash transfer programme on childhood mortality: A nationwide

analysis of Brazilian municipalities. *The Lancet*, 382(9886), 57–64.

[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)60715-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)60715-1)

Rifkin, S. B. (2014). Examining the links between community participation and health outcomes: A review of the literature. *Health Policy and Planning*, 29(Suppl 2), ii98–ii106. <https://doi.org/10.1093/heapol/czu076>

Sachs, J. D., Karim, S. A., Akin, L., Allen, J., Brosbøl, K., Barron, G. C., Daszak, P., Espinosa, M. F., Gaspar, V., Gaviria, A., Haines, A., Hotez, P., Kobinger, G., Larraín Barros, F., Lee, J. K., Mate, K., Pate, M. A., Polman, P., Prabhala, A., ... Lancet COVID-19 Commission. (2020). Lancet COVID-19 Commission Statement on the occasion of the 75th session of the UN General Assembly. *The Lancet*, 396(10257), 1102–1124. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)31927-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)31927-9)

Solar, O., & Irwin, A. (2010). A conceptual framework for action on the social determinants of health (Social Determinants of Health Discussion Paper 2). World Health Organization.

Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., de Vries, W., de Wit, C. A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Reyers, B., & Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223), 1259855. <https://doi.org/10.1126/science.1259855>

United Nations. (2015). Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. United Nations.

Wagstaff, A. (2002). Poverty and health sector inequalities. *Bulletin of the World Health Organization*, 80(2), 97–105.

Watts, N., Amann, M., Arnell, N., Ayeb-Karlsson, S., Beagley, J., Belesova, K., Boykoff, M., Byass, P., Cai, W., Campbell-Lendrum, D., Capstick, S., Chambers, J.,

Coleman, S., Dalin, C., Daly, M., Dasandi, N., Dasgupta, S., Davies, M., Di Napoli, C., ... The 2020 Lancet Countdown. (2021). The 2020 report of The Lancet Countdown on health and climate change: Responding to converging crises. *The Lancet*, 397(10269), 129–170. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)32290-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)32290-X)

Whitmee, S., Haines, A., Beyrer, C., Boltz, F., Capon, A. G., de Souza Dias, B. F., Ezeh, A., Frumkin, H., Gong, P., Head, P., Horton, R., Mace, G. M., Marten, R., Myers, S. S., Nishtar, S., Osofsky, S. A., Pattanayak, S. K., Pongsiri, M. J., Romanelli, C., ... The Rockefeller Foundation–Lancet Commission on Planetary Health. (2015). Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: Report of The Rockefeller Foundation–Lancet Commission on planetary health. *The Lancet*, 386(10007), 1973–2028. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)60901-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60901-1)

Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., Garnett, T., Tilman, D., DeClerck, F., Wood, A., Jonell, M., Clark, M., Gordon, L. J., Fanzo, J., Hawkes, C., Zurayk, R., Rivera, J. A., De Vries, W., Majele Sibanda, L., ... The EAT–Lancet Commission. (2019). Food in the Anthropocene: The EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, 393(10170), 447–492. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4)

Xu, K., Evans, D. B., Carrin, G., Aguilar-Rivera, A. M., Musgrove, P., & Evans, T. (2007). Protecting households from catastrophic health spending. *Health Affairs*, 26(4), 972–983. <https://doi.org/10.1377/hlthaff.26.4.972>

INNOVACIONES EN LA FORMACIÓN EN INGENIERÍA: UNA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y BIBLIOMÉTRICA¹¹⁸

INNOVATIONS IN ENGINEERING EDUCATION: A BIBLIOGRAPHIC AND BIBLIOMETRIC REVIEW

Segundo Nicolas Diestra Sánchez¹¹⁹

Arquímedes Iparraguirre Lozano¹²⁰

José Ismael Pérez Cotrina¹²¹

Luis Leiva Cilio¹²²

Isabel Deycy Capillo Lucar¹²³

Omar Bellido Valdiviezo¹²⁴

Pares evaluadores: Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES.¹²⁵

¹¹⁸ Derivado del proyecto de investigación: Arquetipo metodológico PBMI: una propuesta para la elaboración de artículos científicos con enfoque bibliométrico.

¹¹⁹ Pregrado, Universidad Nacional del Santa, docente de la EAP de Ingeniería Mecánica

¹²⁰ Pregrado, Universidad Nacional del Santa, docente de la EAP de Ingeniería Mecánica

¹²¹ Pregrado, Universidad Nacional del Santa, docente de la EAP de Ingeniería Mecánica

¹²² Pregrado, Universidad Nacional del Santa, docente EAP de Educación.

¹²³ Pregrado, Universidad Nacional del Santa, docente EAP de Educación

¹²⁴ Pregrado, Universidad Nacional del Santa, docente EAP de Educación

¹²⁵ Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES. www.rediees.org

INNOVACIONES EN LA FORMACIÓN EN INGENIERÍA: UNA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y BIBLIOMÉTRICA ¹²⁶

Segundo Nicolas Diestra Sánchez ¹²⁷, Arquímedes Iparraguirre Lozano ¹²⁸, José Ismael Pérez Cotrina ¹²⁹, Luis Leiva Cilio ¹³⁰, Isabel Deycy Capillo Lucar ¹³¹, Omar Bellido Valdiviezo ¹³²

RESUMEN

El estudio sistematiza la producción científica sobre la aplicación de las innovaciones en la formación en el campo de la ingeniería. Analiza la evolución de la producción científica sobre innovaciones en la formación en ingeniería, identificando tendencias, categorías emergentes y contribuciones clave entre 2020 y 2025. Para ello, empleó un enfoque cualitativo interpretativo, a través del análisis bibliográfico y bibliométrico. La muestra incluyó 45 artículos seleccionados de la base de datos Scopus, considerando criterios de elegibilidad. El análisis bibliográfico permitió identificar seis categorías emergentes: metodologías activas, competencias profesionales, tecnologías emergentes, formación ética e inclusiva, sostenibilidad energética y gamificación. Estas categorías destacan una transición hacia modelos pedagógicos más integrales, interactivos y contextuales. En el análisis bibliométrico, se observó un crecimiento sostenido de publicaciones entre 2020 y 2024, con Estados Unidos, Colombia y Perú como los países con mayor productividad. Concluyó que la formación en ingeniería está experimentando una transformación profunda hacia enfoques más dinámicos, éticos e innovadores. Este proceso implica fortalecer la formación docente, la integración tecnológica, y la investigación educativa.

¹²⁶ Derivado del proyecto de investigación: Arquetipo metodológico PBMI: una propuesta para la elaboración de artículos científicos con enfoque bibliométrico.

¹²⁷ Pregrado, Universidad Nacional del Santa, docente de la EAP de Ingeniería Mecánica.

¹²⁸ Pregrado, Universidad Nacional del Santa, docente de la EAP de Ingeniería Mecánica.

¹²⁹ Pregrado, Universidad Nacional del Santa, docente de la EAP de Ingeniería Mecánica.

¹³⁰ Pregrado, Universidad Nacional del Santa, docente EAP de Educación.

¹³¹ Pregrado, Universidad Nacional del Santa, docente EAP de Educación.

¹³² Pregrado, Universidad Nacional del Santa, docente EAP de Educación.

ABSTRACT

The study systematizes the scientific production on the application of innovations in engineering education. It analyzes the evolution of scientific output related to innovations in engineering training, identifying trends, emerging categories, and key contributions between 2020 and 2025. To achieve this, it employed a qualitative interpretative approach through bibliographic and bibliometric analysis. The sample included 45 articles selected from the Scopus database, based on defined eligibility criteria. The bibliographic analysis allowed the identification of six emerging categories: active methodologies, professional competencies, emerging technologies, ethical and inclusive education, energy sustainability, and gamification. These categories highlight a transition toward more integrated, interactive, and context-based pedagogical models. In the bibliometric analysis, a sustained growth in publications was observed between 2020 and 2024, with the United States, Colombia, and Peru standing out as the countries with the highest productivity. It is concluded that engineering education is undergoing a profound transformation toward more dynamic, ethical, and innovative approaches. This process requires strengthening teacher training, technological integration, and educational research.

PALABRAS CLAVE: Innovación educativa, Formación en ingeniería, Metodologías activas, Tecnologías emergentes, Competencias profesionales, Pensamiento sistémico

Keywords: Educational innovation, Engineering education, Active methodologies, Emerging technologies, Professional competencies, Systems thinking.

INTRODUCCIÓN

La formación en ingeniería está experimentando una transformación orientada al desarrollo de competencias profesionales que trascienden el dominio técnico, incluyendo la capacidad para resolver problemas complejos, trabajar en equipos interdisciplinarios y adaptarse al cambio tecnológico. Este enfoque implica superar los modelos pedagógicos tradicionales, incorporando estrategias activas, colaborativas y centradas en el estudiante.

A partir de una búsqueda sistemática en la base de datos Scopus, esta revisión bibliográfica permitió identificar cuatro categorías emergentes que destacan las líneas prioritarias de investigación en torno a la innovación en la enseñanza de la ingeniería.

Categoría emergente 1 “Innovaciones Metodológicas en la Enseñanza de Ingeniería”

La última década ha evidenciado una transición hacia modelos pedagógicos centrados en el estudiante, donde las metodologías activas, como el aprendizaje basado en problemas (ABP), el aprendizaje basado en proyectos, el aprendizaje activo y el pensamiento sistémico, tiene un protagonismo significativo. La literatura especializada reporta mejoras significativas en la participación estudiantil y la retención conceptual al aplicar estas metodologías (Blum, 2020; Parra-Gil et al., 2023; Polo et al., 2022).

De igual forma, Lozano et al. (2020) sostienen que el uso del aprendizaje activo en la enseñanza de metodologías ágiles como Scrum, favorece una mayor apropiación de los conceptos técnicos. Tao et al. (2024) mediante un análisis de clúster, confirmaron que la integración del ABP con literatura en inglés potencia las habilidades comunicativas y técnicas. En este mismo sentido, Navia et al. (2022) adaptaron el ABP a cursos complejos como métodos numéricos, logrando una mejora notable en la comprensión de conceptos abstractos.

Respecto al aprendizaje basado en proyectos, se han diseñado modelos pedagógicos que combinan teoría y práctica mediante simulaciones funcionales, como el diseño de destilerías o sistemas de inteligencia artificial (Gao et al., 2020; Vasconcelos et al., 2022). Desde una perspectiva complementaria, se ha planteado integrar competencias STEM desde los primeros ciclos mediante modelado matemático (Aravena-Díaz et al., 2022), mientras que la estructuración de cursos guiados por estándares normativos, como ASCE, equilibra la teoría con la aplicación técnica (McCoy et al., 2021).

La transformación didáctica también alcanza la enseñanza de matemáticas en ingeniería, donde enfoques holísticos han fortalecido el pensamiento crítico y el modelado

(Coronado Farroñán et al., 2024), mientras que estrategias adaptativas mediante LMS han demostrado reducir la deserción y aumentar la motivación estudiantil (García-Giraldo et al., 2024). El pensamiento sistémico, por su parte, demanda soportes estructurados y rúbricas contextualizadas que favorezcan el desarrollo de metas complejas (Goncher-Sevilla et al., 2024; Li et al., 2023).

La incorporación de software como Mathcad, Python, Minitab y herramientas visuales ha contribuido a disminuir errores, facilitar la comprensión de fenómenos y fomentar una actitud positiva hacia el aprendizaje técnico (Roman & García-Morales, 2020; Chen & Motaref, 2024; Caridade, 2021). En conjunto, estas evidencias demuestran que la innovación metodológica fortalece la conexión entre teoría y práctica, y prepara al ingeniero para contextos reales, interdisciplinarios, cambiantes y sobre todos complejos.

Categoría emergente 2 “Competencias Profesionales y Pensamiento Sistémico en Ingeniería”

El desarrollo de competencias profesionales y pensamiento sistémico es actualmente una prioridad en los programas de formación en ingeniería. La exigencia de habilidades transferibles, como el juicio ingenieril, la capacidad de análisis sistémico, la adaptabilidad tecnológica y la toma de decisiones contextualizadas, ha sido ampliamente documentada en los últimos años.

Maldondonado-Guevara & Carracedo-Navarro (2024) proponen el uso de estudios de caso reales para fortalecer la toma de decisiones técnicas en ingeniería de alimentos. De igual manera, en el área de ingeniería de software se ha demostrado que las prácticas investigativas alineadas al contexto industrial favorecen el pensamiento empírico (Kholmatova et al., 2025). Sin embargo, la irrupción de herramientas de inteligencia artificial, como ChatGPT, ha generado debates sobre su impacto en habilidades como el pensamiento crítico (Sánchez-Ruiz et al., 2023).

En el contexto de robótica avanzada, Ertekin & Chiou (2023) desarrollaron un curso con simuladores y entornos virtuales que permitieron a los estudiantes comprender el control y la inspección de calidad en procesos industriales, integrando teoría y práctica con una alta eficacia pedagógica. En una experiencia similar, Méndez-Piñero (2020) destaca que el uso de estrategias híbridas, como aula invertida y enseñanza a distancia, como mecanismos resilientes de continuidad educativa durante la pandemia de la COVID 19.

La necesidad de enseñar pensamiento sistémico y de diseño fue abordada por Goncher-Sevilla et al. (2024) y Li et al. (2023), quienes observaron que los estudiantes requieren estructuras de andamiaje (scaffolding) para identificar objetivos y actores involucrados en problemas complejos, esto es importante en la formación orientada a sistemas. En el ámbito de aseguramiento de la calidad, Chen & Motaref (2024) proponen la inclusión de herramientas computacionales como Python y Minitab en cursos de Six Sigma, aumentando así la pertinencia y competencia digital de los estudiantes.

En el campo de la ingeniería química, Raikar & Mérida (2024) emplearon kits experimentales para introducir principios de flujo de fluidos en estudiantes preuniversitarios y universitarios, evidenciando el potencial del aprendizaje experiencial como estrategia de motivación temprana en la carrera. Finalmente, McCoy et al. (2021) destacaron que enseñar más allá de los códigos normativos, integrando la comprensión estructural de los sistemas, es fundamental para formar ingenieros completos.

En conjunto, estas experiencias destacan un consenso: el desarrollo de competencias profesionales, acompañado de un enfoque sistémico, mejora la empleabilidad, la capacidad de resolución de problemas complejos y la conexión entre el aprendizaje académico y las exigencias de la práctica profesional.

Categoría emergente 3 “Tecnologías Emergentes en Educación en Ingeniería”

El auge de las tecnologías emergentes en los últimos años ha impulsado una transformación radical en las formas de enseñar ingeniería. Entre estas tecnologías destacan la inteligencia artificial, la gamificación, los sistemas inteligentes adaptativos, y la integración de herramientas digitales como elementos estructurantes del currículo.

La integración de tecnologías emergentes ha transformado radicalmente los enfoques de enseñanza en ingeniería. La gamificación ha sido destacada como una herramienta eficaz para aumentar la motivación y facilitar el aprendizaje de contenidos técnicos, como se ha evidenciado en cursos sobre diseño para la seguridad o ingeniería de software (Safien et al., 2023; Muñoz & Gasca-Hurtado, 2023; Gasca-Hurtado & Gómez-Álvarez, 2021). Gasca-Hurtado & Gomez-Alvarez (2021) mediante una aplicación de microlearning gamificado, confirmaron la apropiación ágil de conceptos de ingeniería de software mediante una interfaz lúdica.

Por su parte, Azzi et al. (2024) abordan la personalización del aprendizaje mediante sistemas adaptativos basados en clasificación difusa, logrando adaptar objetos educativos a distintos estilos cognitivos. Esta personalización resulta preponderante en entornos virtuales, donde la retroalimentación y el diseño instruccional requieren flexibilidad para responder a la diversidad estudiantil.

El uso de IA fue abordado por Sánchez-Ruiz et al. (2023), quienes identifican que herramientas como ChatGPT se están integrando con rapidez en los procesos de aprendizaje, destacan la necesidad de desarrollar nuevas estrategias docentes para mantener la integridad del aprendizaje crítico y colaborativo.

En el área de manufactura aditiva, Atatreh et al. (2021) diseñaron un curso intensivo basado en tres estrategias (diseño, aprendizaje por proyectos y facilitación), que permitió a estudiante multidisciplinarios adquirir competencias prácticas alineadas con los requerimientos de la industria 4.0. Kholmatova et al. (2025) proponen una estrategia para enseñar Lean Software Development que integra múltiples métodos de evaluación (exámenes orales, proyectos y quices), evidenciando una mejora en el rendimiento y compromiso de los estudiantes.

Estas contribuciones muestran que las tecnologías emergentes son herramientas catalizadoras de innovación educativa. No obstante, su implementación implica planificación pedagógica, capacitación docente y reflexión ética sobre el rol de la automatización en el desarrollo humano.

Categoría emergente 4 “Formación Ética, Inclusiva y en Habilidades Blandas”

El desarrollo ético, la inclusión y las habilidades blandas han adquirido un rol central en la educación en ingeniería, en respuesta a los desafíos sociales, culturales y profesionales del siglo XXI. Distintos estudios señalan que estas competencias no deben ser consideradas complementarias, sino integrales al perfil profesional del ingeniero contemporáneo.

Asgarpoor et al. (2021) y Scheel et al. (2023) sostienen que la formación en diversidad, equidad e inclusión (DEI) fortalece el liderazgo, la colaboración y la creatividad en ambientes académicos y profesionales. La integración de contenidos relacionados con justicia social, sesgos sistémicos y liderazgo inclusivo en los programas de ingeniería se ha convertido en una necesidad urgente para formar profesionales capaces de generar soluciones éticamente responsables y culturalmente relevantes.

De manera similar, Casañ et al. (2020) promueven ética y sostenibilidad en ingeniería informática. A través del aprendizaje colaborativo, han logrado fomentar el pensamiento crítico y la toma de decisiones con conciencia social y ambiental. Estos resultados coinciden con los hallazgos de Dorfman-Furman & Weissman (2024), quienes argumentan que las habilidades blandas —como la gestión del tiempo, el pensamiento reflexivo y la autoformación— potencian el aprendizaje permanente y la resiliencia profesional.

Shuyu (2020), desde la perspectiva del Washington Accord, propone una reforma educativa profunda que promueva el desarrollo integral del ingeniero. Señala la urgencia de transitar de un modelo centrado en la transmisión de contenidos a uno orientado por resultados de aprendizaje (OBE), con evaluaciones dinámicas y colaboración industria-academia. En este sentido, Fomunyam (2020) analiza la situación africana, argumentando que solo mediante una reconstrucción curricular basada en el contexto social y en la colaboración activa entre facultades y estudiantes es factible de alcanzar una educación en ingeniería verdaderamente excelente.

Por otra parte, Safiena et al. (2023) muestran cómo la gamificación puede contribuir al desarrollo de competencias de seguridad en el diseño, integrando elementos éticos y técnicos en contextos simulados. Estas estrategias aumentan el compromiso del estudiante, y fomentan una visión holística de la práctica profesional.

En síntesis, los autores coinciden en que formar ingenieros éticamente comprometidos, inclusivos y capaces de liderar en contextos complejos, exige una transformación pedagógica profunda que integre estas competencias desde el inicio de la formación, en coherencia con los estándares internacionales y las demandas sociales actuales.

Categoría emergente 5 “Educación en Energía Sostenible”

La educación en energía sostenible representa una de las áreas estratégicas más en la formación de ingenieros ante los retos ambientales y tecnológicos contemporáneos. La integración de energías renovables, la estabilidad de redes eléctricas modernas y la sostenibilidad curricular son temas recurrentes en la literatura reciente.

Bano et al. (2024) destacan la necesidad de integrar el estudio de microrredes en el currículo de ingeniería eléctrica para mejorar la estabilidad de voltaje en sistemas energéticos contemporáneos. A través de encuestas y análisis cuantitativo con modelos de machine learning, concluyen que el rendimiento estudiantil es posible de predecirse y optimizarse

mediante la implementación de herramientas como regresión lineal y clustering. Esta aproximación, además de técnica, fortalece la necesidad de formar profesionales capaces de enfrentar los desafíos energéticos del siglo XXI.

En tal sentido, Palma-Orozco et al. (2021) narran la experiencia de adaptación institucional durante la pandemia de la COVID 19, en la cual las estrategias docentes resilientes permitieron mantener la calidad educativa en entornos remotos. Concluye que en respuesta a la crisis, se extrae la lección de que la enseñanza de la ingeniería energética también debe ser flexible y adaptativa.

Ambos estudios demuestran que la formación en energía sostenible implica conocimientos técnicos, metodologías educativas que preparen al estudiante para escenarios cambiantes, colaborativos e interdisciplinarios. Las competencias adquiridas deben ser analíticas, prácticas, y estar alineadas con los avances tecnológicos y las metas de desarrollo sostenible globales.

Categoría emergente 6 “Gamificación en Ingeniería”

La gamificación emerge como una poderosa estrategia educativa en el ámbito de la ingeniería, sobre todo en contextos donde la motivación, la construcción de conceptos y la participación de los estudiantes son prioritarias. Estudios demuestran que el diseño de experiencias de aprendizaje gamificadas transforma significativamente la forma en que se enseñan contenidos técnicos complejos. Muñoz & Gasca-Hurtado (2023) proponen el uso de gamificación para la enseñanza de estándares internacionales de ingeniería de software, abordando los desafíos que enfrentan las instituciones de educación superior. Demuestran que las estrategias gamificadas aumentan la apropiación conceptual y mejoran las habilidades profesionales.

En este mismo sentido, Gasca-Hurtado & Gomez-Alvarez (2021) desarrollaron una aplicación móvil basada en gamificación y microlearning. Esta herramienta, inspirada en la dinámica de un juego de bingo, permite fortalecer conceptos de software engineering de forma dinámica y efectiva, mostrando altos niveles de participación y comprensión.

Asimismo, Safiena et al. (2023) desarrollaron SafeSim Design, un videojuego educativo orientado a enseñar competencias de diseño para la seguridad (Design for Safety, DFS). Esta herramienta demostró ser eficaz para apoyar el desarrollo profesional en ingeniería

civil y construcción, integrando elementos interactivos con fundamentos técnicos validados por expertos del sector.

En conjunto, las investigaciones demuestran que la gamificación en ingeniería es una metodología cuyos impactos demostrados movilizan la motivación, el fortalecimiento de los constructos, contenidos para el desarrollo de habilidades disciplinares. Además, su flexibilidad permite su adaptación a múltiples disciplinas, desde ingeniería civil hasta software, y a distintos formatos, desde juegos móviles hasta simulaciones inmersivas. **Objetivo**

Analizar, mediante un enfoque bibliográfico y bibliométrico, la evolución de la producción científica sobre innovaciones en la formación en ingeniería entre los años 2020 y 2025, con el propósito de identificar tendencias de publicación, autores relevantes, focos geográficos de investigación y patrones emergentes que contribuyan a la comprensión y fortalecimiento de las prácticas pedagógicas en el ámbito ingenieril.

MATERIAL Y MÉTODOS

Este estudio se desarrolló bajo un enfoque cualitativo de carácter interpretativo, basado en el análisis sistemático de la literatura científica relacionada con las metodologías emergentes en la enseñanza de la ingeniería. Desde esta perspectiva, la investigación cualitativa permite comprender fenómenos educativos complejos a través de la interpretación contextualizada de la información disponible (Denzin & Lincoln, 2011). Para ello, se empleó un diseño metodológico mixto fundamentado en dos enfoques complementarios: el análisis bibliográfico y el análisis bibliométrico, esto permitió identificar, clasificar e interpretar tendencias, categorías emergentes y aportes sustantivos de la producción académica reciente.

El análisis bibliográfico, según Tamayo y Tamayo (2003), permite reconstruir el conocimiento acumulado sobre este estudio a partir del examen crítico de fuentes científicas, mientras que el análisis bibliométrico, de acuerdo con Donthu et al. (2021), facilita una comprensión cuantitativa de la literatura científica mediante la evaluación de indicadores como frecuencia, coautoría y redes de colaboración. La combinación de ambos enfoques integra la profundidad cualitativa como el alcance cuantitativo del campo de estudio (Aria & Cuccurullo, 2017).

Criterios de elegibilidad

Para la recopilación de los datos se utilizó la base de datos Scopus, reconocida por su amplitud y rigurosidad en la indexación de publicaciones científicas. Los criterios de elegibilidad establecidos incluyeron: (i) artículos publicados entre los años 2020 y 2025, con el fin de abordar exclusivamente investigaciones recientes; (ii) estudios escritos en inglés o español con acceso al título, resumen y metadatos necesarios para el análisis; y (iii) documentos pertenecientes a las áreas temáticas de Ingeniería (ENGI) y Ciencias de la Computación (COMP), según la clasificación de Scopus. La estrategia de búsqueda combinó términos clave en español e inglés, utilizando operadores booleanos.

Proceso de selección

La búsqueda identificó un total de 182 documentos. Posteriormente, al aplicar los filtros por año de publicación y área disciplinar, se depuró el corpus hasta alcanzar un total de 68 artículos correspondientes al periodo 2020–2025. De estos, 45 documentos cumplían con todos los criterios establecidos y fueron seleccionados para el análisis final.

El análisis bibliométrico se centró en variables como la frecuencia de publicaciones por año, coautoría, distribución geográfica, afiliaciones institucionales, palabras clave más frecuentes y número de citas. Asimismo, se diseñaron una base de bibliográficas estructuradas para cada documento, permitiendo extraer información sobre autores, objetivos, metodologías, resultados y conclusiones. Asimismo, se aplicó un análisis temático cualitativo orientado a identificar categorías emergentes, agrupando los artículos en función de su enfoque conceptual y metodológico.

Tabla 1

Fases metodológicas para el análisis bibliométrico de formación en la ingeniería

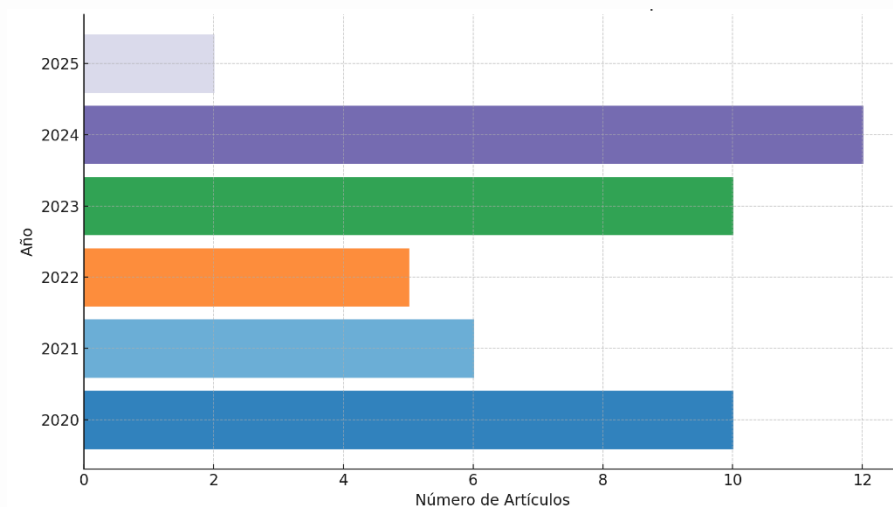
Fase	Descripción	Clasificación										
Fase I: Cuestionamiento	Implica el cuestionamiento del estado del arte respecto a la implementación de estrategias didácticas en la formación en ingeniería.	¿Cuál es el panorama actual de la investigación sobre estrategias didácticas la formación de ingeniería según la base de datos Scopus durante el periodo de 2020 a 2025?										
Fase II: Búsqueda eficiente	Se definió claramente el tema de investigación, la pregunta de cuestionamiento y las palabras clave relacionadas. Se utilizó la base de datos Scopus, aplicando operadores booleanos (AND, OR) para obtener resultados más pertinentes.	(TITLE-ABS-KEY("Estrategias Didácticas") OR TITLE-ABS-KEY("Teaching Strategies")) AND (TITLE-ABS-KEY(ingeniería) OR TITLE-ABS-KEY("Engineer Training") OR TITLE-ABS-KEY(engineer)) AND PUBYEAR > 2019 AND PUBYEAR < 2026 AND (LIMIT-TO(SUBJAREA, "ENGI") OR LIMIT-TO(SUBJAREA, "COMP"))										
Fase III: Levantamiento de datos	Selección de los estudios incluidos en el análisis bibliométrico, a partir de los resultados obtenidos en la búsqueda bibliográfica. Identificación, extracción y normalización de los datos relevantes.	<table><tr><td colspan="2">Documentos publicados:</td></tr><tr><td>Criterios de elegibilidad</td><td>Scopus</td></tr><tr><td>Total</td><td>182 documentos</td></tr><tr><td>Periodo (2020 – 2025)</td><td>68 documentos</td></tr><tr><td>área disciplinar (ingeniería y Computer Science)</td><td>45 documentos</td></tr></table>	Documentos publicados:		Criterios de elegibilidad	Scopus	Total	182 documentos	Periodo (2020 – 2025)	68 documentos	área disciplinar (ingeniería y Computer Science)	45 documentos
Documentos publicados:												
Criterios de elegibilidad	Scopus											
Total	182 documentos											
Periodo (2020 – 2025)	68 documentos											
área disciplinar (ingeniería y Computer Science)	45 documentos											
Fase IV: Construcción de material de análisis	Cálculo de indicadores bibliométricos y representación visual mediante el uso del software R y el paquete Bibliometrix.	Representación de indicadores bibliométricos: [1] Productividad por año. [2] Authors' Local Impact [3] Authors' Production Over Time. [4] Distribución de la producción científica por país. Se empleó herramientas como lenguaje “R” y “Bibliometrix” para construir los análisis.										
Fase V: Redacción y conclusiones	Interpretación crítica de los hallazgos obtenidos, identificación de patrones emergentes, argumentación de tendencias y elaboración de las conclusiones.	Sistematización de resultados basados en los objetivos de investigación, identificación de fortalezas y debilidades de la producción científica, análisis de tendencias en estrategias didácticas, y formulación de contribuciones relevantes para la literatura actual.										

Nota: La tabla muestra las fases metodológicas de este estudio, desde el planteamiento de la pregunta de investigación hasta la sistematización y análisis de resultados.

RESULTADOS

Figura 1

Distribución de la producción científica anual



Nota: la Fig. 1 muestra la evolución de la productividad científica anual en el campo de las innovaciones en la formación en ingeniería, reflejando el número de artículos publicados entre los años 2020 y 2025. Se observa un crecimiento sostenido de la producción académica entre 2020 y 2024, alcanzando su punto más alto en el año 2024 con doce publicaciones.

El indicador bibliométrico de la productividad científica anual permite evaluar la evolución de las investigaciones en un campo del conocimiento de innovaciones en la formación en ingeniería. Los datos evidencian una actividad investigativa sostenida en el periodo comprendido entre los años 2020 y 2025, con variaciones significativas que permiten interpretar el comportamiento de la comunidad académica vinculada a esta línea temática.

Durante el año 2020 se registran 10 artículos, cifra que coincide con el inicio de una transformación profunda en los entornos educativos a raíz de la pandemia por COVID-19. Este contexto obligó a las instituciones de educación superior a replantear sus estrategias pedagógicas, generando un aumento notable en la producción relacionada con la innovación educativa, sobre todo en carreras como ingeniería, donde la formación práctica representa un reto adicional en entornos virtuales.

En 2021 se observa una ligera disminución en el número de publicaciones (seis artículos), debido a la reorganización de las agendas investigativas institucionales y los procesos de adecuación a los nuevos modelos de enseñanza. Sin embargo, esta reducción no

implica una desatención del tema, todo lo contrario, es una transición hacia enfoques más estructurados y sostenibles.

El año 2022 presenta la menor productividad dentro del periodo analizado, con solo cinco artículos registrados. Esta baja se interpreta como un punto de inflexión o afirmación metodológica, donde los investigadores reorientan sus estudios para responder de forma crítica y contextualizada a las exigencias de la formación en ingeniería en tiempos de cambio y de irrupción compleja en la demanda formativa.

En contraste, 2023 y 2024 marcan un incremento significativo en la producción, alcanzando nuevamente los diez artículos y superándolos en 2024 con 12 publicaciones. Esta tendencia ascendente destaca un fortalecimiento de las líneas de investigación en torno a la innovación pedagógica, así como una mayor disponibilidad de recursos y colaboración interinstitucional. La consolidación de redes académicas, programas de financiamiento y la validación de estrategias didácticas emergentes explican este incremento.

Finalmente, el año 2025 muestra hasta el momento una productividad significativamente menor, con apenas dos artículos identificados. Esta cifra responde probablemente al carácter parcial de la información disponible, porque se trata de un año en curso y es previsible que el número de publicaciones aumente conforme se avance en el calendario académico y se completen los procesos editoriales.

En términos generales, el indicador bibliométrico sobre la productividad por año evidencia una progresión positiva en la generación de conocimiento sobre innovaciones en la enseñanza de la ingeniería, destacándose en los años 2020, 2023 y 2024 como momentos de mayor actividad investigativa. Este comportamiento implica una creciente preocupación por mejorar los procesos formativos en áreas técnicas, promoviendo enfoques pedagógicos dinámicos, inclusivos y pertinentes a las demandas de la sociedad contemporánea.

Tabla 2

Indicadores bibliométricos Authors' Local Impact y Authors' Production Over Time sobre innovación en la formación en ingeniería.

Author	h_index	g_index	m_index	TC	NP	PY_start	Year	Freq	TCpY
Alier M	1	1	0.167	21	1	2020	2020	1	3.5
Alveal Fr	1	1	0.25	5	1	2022	2022	1	1.25
Alyammahi M.	1	1	0.2	2	1	2021	2021	1	0.4
Amore Cr.	1	1	0.25	3	1	2022	2022	1	0.75
Aravena Díaz	1	1	0.25	5	1	2022	2022	1	—
Asgarpoor Js.	1	1	0.2	6	1	2021	2021	1	0.2
Atatreh S.	1	1	0.2	2	1	2021	2021	1	0.667
Azzi I.	1	1	0.5	1	1	2024	2024	1	0
Bano F.	1	1	0.5	5	1	2024	2024	1	0
Casañ Mj.	1	1	0.167	21	1	2020	2020	1	—
Gasca-Hurtado	—	—	—	1	—	2021	2021	1	0.2
Gasca-Hurtado	—	—	—	2	—	2023	2023	1	0.667
Kholmatova Z.	—	—	—	0	2	2025	2025	2	0
Li M.	—	—	—	1	—	2023	2023	1	0.333
Li M.	—	—	—	0	—	2024	2024	1	0
Phillips J.	—	—	—	0	—	2021	2021		

Nota: La tabla muestra, para cada autor, diversas métricas bibliométricas, tales como el índice h (h_index), el índice g (g_index), el índice m (m_index), el total de citas (TC), el número de publicaciones (NP), el año de inicio de la producción científica (PY_start), la frecuencia anual de publicaciones (Freq) y las citas por año (TCpY). Estos indicadores permiten evaluar el impacto local de cada autor (medido a través de las citas recibidas y sus índices h y g) como su productividad científica a lo largo del tiempo (medida en el ritmo anual de publicaciones y el promedio de citas por año).

Ambos indicadores analizados permiten valorar, desde una perspectiva integral, el rendimiento científico de los investigadores que han contribuido al desarrollo de la innovación pedagógica en el ámbito de la ingeniería. Este campo, caracterizado por su constante transformación ante los retos tecnológicos, sociales y educativos contemporáneos, demanda de enfoques metodológicos dinámicos que respondan a las nuevas demandas del mercado profesional y a la necesidad de fomentar aprendizajes activos, significativos y contextualizados.

La información analizada evidencia que la mayoría de los autores iniciaron su producción científica en los últimos cinco años, sobre todo a partir de 2020. Este dato no es trivial: coincide con un momento histórico donde la educación superior debió adaptarse vertiginosamente a nuevas modalidades de enseñanza-aprendizaje, como consecuencia de la pandemia por COVID-19. En este contexto, la innovación en la formación en ingeniería se ha convertido en un eje prioritario de investigación, centrado en el rediseño de estrategias didácticas, el uso de tecnologías digitales, y la implementación de metodologías activas como el aprendizaje basado en proyectos, el aprendizaje invertido o la simulación virtual.

En este marco, destacan autores como ALIER M. y CASAN MJ, presentan el mayor número de citas totales (21 cada uno), y un “índice m” significativo, evidenciando que han logrado un alto nivel de impacto en poco tiempo. Este tipo de productividad es consistente con la publicación de estudios con un enfoque innovador y posiblemente de alto interés para la comunidad académica y profesional vinculada a la ingeniería.

Asimismo, BANO F. y AZZI I., aunque con menor número total de citas, presentan un “índice m” elevado (0.5), esto destaca un desempeño eficiente en términos de impacto por año de actividad académica. Este perfil es característico de investigadores emergentes que, pese a contar con un número limitado de publicaciones, logran posicionar sus contribuciones en canales relevantes del debate educativo.

Por otro lado, se identifican autores con baja o nula citación, como Li M, Phillips Jj, Kholmatova Z, quienes están en etapas iniciales de sus líneas de investigación aún no han alcanzado una amplia visibilidad en la comunidad científica. Esto implica una característica común en áreas en consolidación e inician a construir su trayectoria en torno a la innovación educativa en ingeniería.

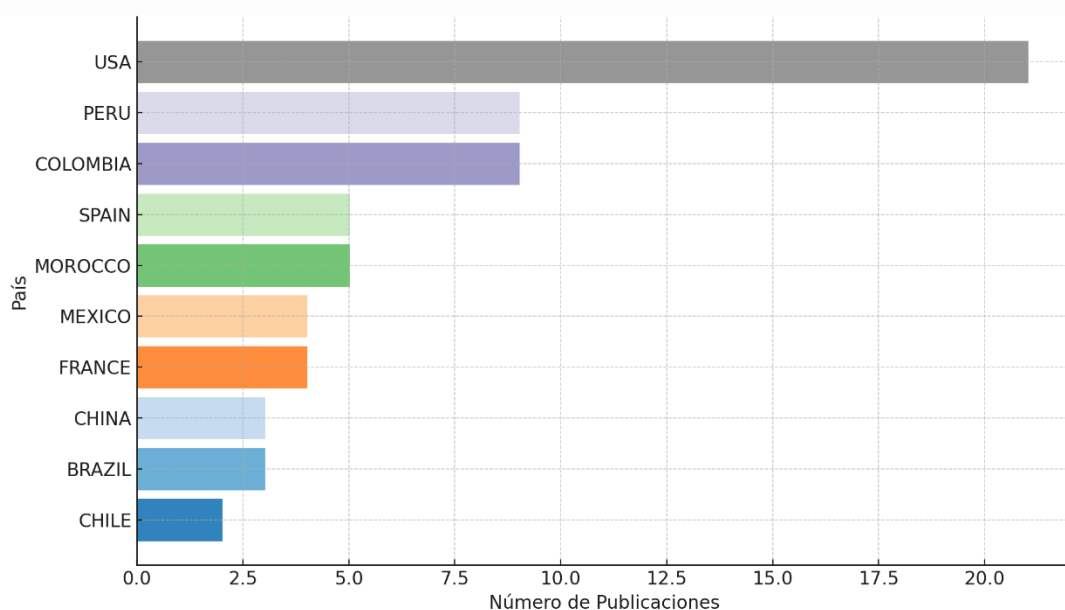
La dimensión temporal del análisis destaca una concentración de esfuerzos entre los años 2020 y 2024, evidenciando que el interés por transformar la enseñanza de la ingeniería ha sido reactivo a los cambios del entorno, y ha adquirido continuidad como línea de investigación estratégica en muchas instituciones.

En suma, los indicadores bibliométricos permiten confirmar que el campo de innovaciones en la formación en ingeniería está experimentando una fase de desarrollo y consolidación. La creciente participación de investigadores, el surgimiento de nuevas investigaciones y el impacto medible de algunos trabajos demuestran que se trata de un terreno

fértil para la producción académica. Estos resultados orientan decisiones institucionales relacionadas con la promoción de redes de colaboración, la identificación de autores para convocatorias científicas, y el fortalecimiento de programas de formación docente hacia la excelencia e innovación en la enseñanza de las disciplinas ingenieriles.

Figura 2

Distribución de la producción científica por país en investigaciones sobre innovación en la formación en ingeniería



Nota: La tabla muestra la frecuencia de publicaciones por país en el ámbito de la innovación en la formación en ingeniería. La frecuencia destaca el número de contribuciones científicas atribuidas a autores afiliados a instituciones de cada país. Este indicador permite visualizar la distribución geográfica de la producción académica y el grado de involucramiento institucional y nacional en esta línea de investigación.

El análisis bibliométrico de la producción científica por país destaca una concentración de publicaciones en determinadas regiones geográficas, evidenciando asimetrías en el desarrollo y difusión del conocimiento sobre innovación en la formación en ingeniería. Estados Unidos lidera el ranking con un total de 21 publicaciones, esto implica una sólida infraestructura investigativa y un interés constante por renovar los modelos pedagógicos aplicados en carreras de ingeniería. Este liderazgo está asociado con la disponibilidad de fondos de investigación, la cultura de publicación científica y el énfasis institucional en la calidad educativa.

En segundo lugar, se observa una participación destacada de países latinoamericanos como Colombia y Perú, con 9 publicaciones cada uno. Este resultado es significativo, porque pone en evidencia el creciente compromiso de estas naciones con la transformación educativa en áreas estratégicas como la ingeniería, impulsado por reformas curriculares, políticas de aseguramiento de la calidad y procesos de acreditación internacional. La presencia activa de estos países demanda una apertura hacia enfoques pedagógicos más innovadores, contextualizados y pertinentes a los desafíos sociales y económicos de la región.

El grupo intermedio está conformado por países como Marruecos, España, Francia y México, cuyas frecuencias oscilan entre 4 y 5 publicaciones. Este bloque destaca una participación sostenida y diversificada, con aportes desde contextos multiculturales y sistemas educativos con tradiciones distintas. Es importante destacar el caso de Marruecos, cuyo volumen de producción destaca dentro del continente africano, esto se interpreta como un indicador de internacionalización académica y cooperación científica con regiones más consolidadas.

Finalmente, Brasil, China y Chile presentan frecuencias más reducidas (entre 2 y 3 publicaciones), esto se atribuye a una presencia parcial en la base de datos analizada o a una menor inserción de sus investigaciones en circuitos de visibilidad internacional. Sin embargo, su inclusión en la muestra destaca que la preocupación por mejorar la enseñanza de la ingeniería es compartida globalmente, aunque con diferentes niveles de sistematización y cobertura institucional.

En tal sentido, este indicador demanda que la innovación en la formación en ingeniería constituye un tema de interés internacional creciente, aunque con diferencias significativas en cuanto al volumen de producción científica entre países. Este patrón guía las decisiones estratégicas orientadas al fortalecimiento de redes interinstitucionales, la promoción de buenas prácticas pedagógicas y la inversión en investigación educativa aplicada a disciplinas técnicas.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El estudio de enfoque de revisión bibliográfica y bibliométrica evidencia que la innovación en la formación en ingeniería ha evolucionado hacia modelos pedagógicos centrados en el estudiante, basados en competencias y orientados a resolver problemas reales y complejos. A partir del análisis de 45 artículos publicados entre 2020 y 2025, se identificaron seis categorías emergentes: metodologías activas, competencias profesionales, tecnologías emergentes, formación ética e inclusiva, sostenibilidad energética y gamificación, esto demuestra una diversificación temática y metodológica significativa.

Los hallazgos muestran que estrategias como el aprendizaje basado en proyectos, el pensamiento sistémico, la integración de tecnologías adaptativas, así como la inclusión de herramientas como Python, Mathcad o simuladores, están promoviendo entornos de aprendizaje más interactivos, interdisciplinarios y pertinentes. Del mismo modo, se destaca la importancia de incorporar habilidades blandas, formación ética y criterios de sostenibilidad como elementos transversales en el currículo de ingeniería, respondiendo a los estándares internacionales y a las demandas sociales contemporáneas.

Desde el estudio bibliométrico, se observa un crecimiento sostenido en la producción científica, con picos en 2023 y 2024, esto se relaciona con los procesos de adaptación pospandemia y el fortalecimiento de redes académicas. Estados Unidos lidera la producción, seguido de Colombia y Perú; en tal sentido, ello evidencia un compromiso creciente de América Latina con la transformación educativa. Los indicadores de impacto por autor muestran la coexistencia de investigadores consolidados y emergentes.

En síntesis, el estudio concluye que la formación en ingeniería está en transición hacia un modelo dinámico, ético e innovador. Esta evolución demanda una planificación pedagógica rigurosa, fortalecimiento institucional, inversión en tecnologías educativas y formación docente continua, que guíe la toma de decisiones y promueva una ingeniería más humanista, contextualizada y comprometida con el desarrollo sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aravena-Díaz, M. D., Alveal, F. R., Levicoy, D. D., & Mansilla, N. C. (2022). Case study and mathematical modeling in the training of engineers. Characterization of STEM skills; [Estudio de caso y modelado matemático en la formación de ingenieros. Caracterización de habilidades STEM]. In *Ingeniare* (Vol. 30, Issue 1, pp. 37–56). Universidad de Tarapaca. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052022000100037>
- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959–975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Asgarpoor, J. S., Handley, M., Sarang-Sieminski, A. L., Slaughter, J. B., Pollock, M. C., Murzi, H., & Cox, M. F. (2021). Embracing Diversity, Equity, and Inclusion in Our Classroom and Teaching. In *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. American Society for Engineering Education. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85124560012&partnerID=40&md5=37afb0e171c305333fb768a6732b81f6>
- Atatreh, S., Alyammahi, M., Susantyoko, R. A., Ismail, H., & Mohammed, A. (2021). INNOVATIVE APPROACHES TO ENHANCE AWARENESS ON ADDITIVE MANUFACTURING IN ENGINEERING EDUCATION TOWARDS COMPETENCIES FOR INDUSTRY 4.0. In *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Proceedings (IMECE)* (Vol. 9). American Society of Mechanical Engineers (ASME). <https://doi.org/10.1115/IMECE2021-71364>
- Azzi, I., Radouane, A., Laaouina, L., Jeghal, A., Yahyaouy, A., & Tairi, H. (2024). Fuzzy Classification Approach to Select Learning Objects Based on Learning Styles in Intelligent E-Learning Systems. In *Informatics* (Vol. 11, Issue 2). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/informatics11020029>
- Bano, F., Rizwan, A., Serbaya, S. H., Hasan, F., Karavas, C.-S., & Fotis, G. (2024). Integrating Microgrids into Engineering Education: Modeling and Analysis for Voltage Stability in Modern Power Systems. In *Energies* (Vol. 17, Issue 19). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/en17194865>

- Blum, M. M. (2020). Work in Progress: Inquiry-based lessons for introduction to engineering instruction. In *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings* (Vols. 2020-June). American Society for Engineering Education. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85095752033&partnerID=40&md5=442f6632e866c8303374a9070d670d8f>
- Caridade, C. M. R. (2021). Teachers Learn and Improve the mathematics for future engineers: Recognition of geometric figures in Linear Algebra. In *2021 4th International Conference of the Portuguese Society for Engineering Education, CISPEE 2021*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/CISPEE47794.2021.9507203>
- Casañ, M. J., Alier, M., & Llorens, A. (2020). Teaching ethics and sustainability to informatics engineering students, an almost 30 years' experience. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 12, Issue 12). MDPI. <https://doi.org/10.3390/SU12145499>
- Chen, R., & Motaref, S. (2024). INTEGRATING COMPUTERIZED TOOLS AND HANDS-ON EXPERIENCE INTO SIX SIGMA CURRICULA FOR ENGINEERING EDUCATION. In *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Proceedings (IMECE)* (Vol. 7). American Society of Mechanical Engineers (ASME). <https://doi.org/10.1115/IMECE2024-143639>
- Coronado Farroñán, W., Pérez Najera, C., Sime Marques, A., Martina López Cuadra, Y., Roland Tuesta Torres, E., Karina Salazar Fernández, J., & Lizeth Castro Ijiri, G. (2024). Enhancing Mathematics Education in Engineering Schools: Didactic Strategies for Effective Development; [Potenciando la formación matemática en Escuelas de Ingeniería: Estrategias Didácticas para un desarrollo efectivo]. In *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*. Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2024.1.1.411>
- Denzin & Lincoln. (2011). *Paradigmatic controversies, contradictions, and emerging confluences, revisited*. (4th ed). SAGE Publications, Inc.
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285–296. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>

- Dorfman-Furman, G., & Weissman, Z. (2024). Engineering the Future: Student Perceptions on Soft Skills and Lifelong Learning in Electronic Engineering Education. In B. C.d.R & C. M.M (Eds.), *EDUNINE 2024—8th IEEE World Engineering Education Conference: Empowering Engineering Education: Breaking Barriers through Research and Innovation, Proceedings*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/EDUNINE60625.2024.10500680>
- Ertekin, Y., & Chiou, R. (2023). Board 126: Work in progress: Incorporating Virtual Programming Concepts in an Advanced Robotics Course for Machining Processing and Quality Inspection of CNC Machines and Industrial Robots. In *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. American Society for Engineering Education. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85172071597&partnerID=40&md5=150d9589799fc95e5c80df9c14ebdd08>
- Fomunyam, K. G. (2020). Excellence and Relevance in Engineering Education in 21st Century Africa. In *International Journal of Engineering Research and Technology* (Vol. 13, Issue 9, pp. 2453–2460). International Research Publication House. <https://doi.org/10.37624/ijert/13.9.2020.2453-2460>
- Gao, Z., Wanyama, T., & Singh, I. (2020). Project and practice centered learning: A systematic methodology and strategy to cultivate future full stack artificial intelligence engineers. In *International Journal of Engineering Education* (Vol. 36, Issue 6, pp. 1760–1772). Tempus Publications.
- García-Giraldo, J., González-Palacio, L., & González-Palacio, M. (2024). Adaptation of learning styles for engineering courses on a platforms Learning Management System (LMS); [Adaptación de los estilos de aprendizaje para cursos de ingeniería en una plataforma Learning Management System (LMS)]. In *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao* (Vol. 2024, Issue E66, pp. 186–201). Associacao Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao.
- Gasca-Hurtado, G. P., & Gomez-Alvarez, M. C. (2021). Mobile application based on gamification to promote microlearning in Software Engineering; [Aplicación móvil basada en gamificación para promover el microaprendizaje en Ingeniería de Software]. In R. A, G. R, P. F.G, & M. J (Eds.), *Iberian Conference on Information*

Systems and Technologies, CISTI. IEEE Computer Society.

<https://doi.org/10.23919/CISTI52073.2021.9476569>

Goncher-Sevilla, A., Mendoza-Garcia, J. A., & Li, M. (2024). Student Goal Formulation in an Introductory Engineering Design Course through Systems Thinking Scenarios. In *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. American Society for Engineering Education.

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

[85202073199&partnerID=40&md5=96df88f4a5ebd51528a8bb71e494824d](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85202073199&partnerID=40&md5=96df88f4a5ebd51528a8bb71e494824d)

Kholmatova, Z., Succi, G., & Tulkunova, N. (2025). Teaching Empirical Methods to Software Engineers. In J. G, C.-B. Y.-H, K. M, Š. R, H. R.J, & J. L.C (Eds.), *Smart Innovation, Systems and Technologies* (Vol. 406, pp. 361–369). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. https://doi.org/10.1007/978-981-97-6469-3_31

Li, M., Mendoza, J. A., & Goncher, A. (2023). Assessing Student's Stakeholder Awareness Skills in an Introductory Engineering Design Course through Systems Thinking Scenarios. In *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. American Society for Engineering Education.

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

[85172093523&partnerID=40&md5=70d3a9f1cf63e1547be7e744987d9c84](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85172093523&partnerID=40&md5=70d3a9f1cf63e1547be7e744987d9c84)

Lozano, S. I., Suescun, E., Vallejo, P., Mazo, R., & Correa, D. (2020). Comparing two active learning strategies for teaching scrum in an introductory software engineering course; [Comparando dos estrategias de aprendizaje activo para enseñar Scrum en un curso introductorio de ingeniería de software]. In *Ingeniare* (Vol. 28, Issue 1, pp. 83–94). Universidad de Tarapaca. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052020000100083>

Maldondonado-Guevara, B. I., & Carracedo-Navarro, J. J. (2024). Beyond the Classroom:

Practical Application of Sensory Evaluation in Product Development and Market

Strategies. In *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON*. IEEE

Computer Society. <https://doi.org/10.1109/EDUCON60312.2024.10578732>

McCoy, C., Phillips, J. J., Ramming, C. H., & Guyer, C. (2021). Development of a Structural Loadings Course for Architectural Engineering Students. In *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. American Society for

- Engineering Education. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85124509512&partnerID=40&md5=806123da7d692bf6748219048245c21e>
- Méndez-Piñero, M. I. (2020). Engineering economics analysis course – from flipped classroom to distance teaching. In *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (Issue August). IEOM Society. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85096544101&partnerID=40&md5=59598afc75287d1aefc7a4933b4db801>
- Muñoz, M., & Gasca-Hurtado, G. P. (2023). Gamification for addressing the challenges of teaching international Software Engineering standards in higher education institutions; [Gamificación para atender los desafíos de la enseñanza Ingeniería de Software en instituciones de educación superior]. In *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao* (Vol. 2023, Issue 49, pp. 5–21). Associacao Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao. <https://doi.org/10.17013/risti.49.5-21>
- Navia, J. A. N., Guerrero, G. S., de los Ríos, G. A. B., Quiroga, G. U., Perilla, J. P. A., & Sepúlveda, J. I. G. (2022). A Methodological Proposal for Numerical Methods Teaching in Engineering using Problem-Based Learning (PBL); [Una Propuesta Metodológica Para La Enseñanza de Métodos Numéricos En Ingeniería Desde El Aprendizaje Basado En Problemas (ABP)]. In L. P. M.M, T. J, P. A, & V. J.A.S (Eds.), *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology* (Vols. 2022-July). Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.598>
- Palma-Orozco, G., Orozco-Álvarez, C., & Palma-Orozco, R. (2021). Engineering teaching strategies in the terminal training area atUPIBI-IPN in times of the COVID-19 pandemic; [Estrategias de enseñanza de ingeniería en el área de formación terminal en laUPIBI-IPN en tiempos de la pandemia (COVID-19)]. In C. N.C, R. L. E.F, S. B, & T. A (Eds.), *CISCI 2021—Vigesima Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernetica e Informatica, Decimo Octavo Simposium Iberoamericano en Educacion, Cibernetica e Informatica, SIECI 2021—Memorias* (pp. 105–108). International Institute of Informatics and Systemics, IIIS.

- <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85118752576&partnerID=40&md5=350a972e6bb727ae2768db912d728680>
- Parra-Gil, J. O., Caro, E. O., & Jiménez-Builes, J. A. (2023). Review of teaching and learning strategies for basic electronics aimed at engineering neo-university students; [Revisión de estrategias de enseñanza y aprendizaje de la electrónica básica orientada a neouniversitarios de ingeniería]. In *DYNA (Colombia)* (Vol. 90, Issue 227, pp. 176–184). Universidad Nacional de Colombia.
<https://doi.org/10.15446/dyna.v90n227.109295>
- Polo, B. R., Ramírez Carhautocto, G., Castañeda Sanchez, W. A., Hinojosa Salazar, C. A., & Chávez Santos, R. (2022). Systems applied to active methodologies as a teaching-learning strategy for engineering students; [Sistemas aplicados a las metodologías activas como estrategia de enseñanza-aprendizaje en estudiantes de ingeniería]. In *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao* (Vol. 2022, Issue E51, pp. 142–156). Associacao Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao.
- Raikar, N. B., & Mérida, F. (2024). Work-in-progress: Elevating Chemical Engineering Outreach Through Collaborative Efforts Showcasing Fluid Flow Experiments. In *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. American Society for Engineering Education.
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85202013890&partnerID=40&md5=91e84d27feb18d2b28c7845a8d1e79b2>
- Roman, C., & García-Morales, M. (2020). On the integration of Mathcad capabilities into a mass transfer operations course in Chemical Engineering studies. In *Computer Applications in Engineering Education* (Vol. 28, Issue 4, pp. 938–951). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/cae.22272>
- Safiena, S., Tay, J., Miang Goh, Y., & Lim, M. (2023). SafeSim Design: A Digital Game-Based Learning Approach to Address Design for Safety (DfS) Competency. In G. G, Q. X, P. L.H, & P. S.D (Eds.), *Lecture Notes in Civil Engineering: Vol. 302 LNCE* (pp. 360–372). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH.
https://doi.org/10.1007/978-981-19-7331-4_29
- Sánchez-Ruiz, L. M., Moll-López, S., Nuñez-Pérez, A., Moraño-Fernández, J. A., & Vega-Fleitas, E. (2023). ChatGPT Challenges Blended Learning Methodologies in

- Engineering Education: A Case Study in Mathematics. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 13, Issue 10). MDPI. <https://doi.org/10.3390/app13106039>
- Scheel, I., Cate, R. E., & Montfort, D. (2023). Talking Tech: How Language Variety in Engineering Curriculum Instruction Can Ease Delivery and Engage Students. In *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. American Society for Engineering Education.
- <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85172124036&partnerID=40&md5=043b9c7fec6ae5f06256c64e667cb871>
- Shuyu, Q. (2020). “Washington Accord” graduate attributes and its implication for the engineers’ cultivation in local universities and colleges. In N. B.V, M. M, J. H.-M, & K. A (Eds.), *SEFI 47th Annual Conference: Varietas Delectat... Complexity is the New Normality, Proceedings* (pp. 889–898). European Society for Engineering Education (SEFI). <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85077818871&partnerID=40&md5=467ae7e566bfb1e5b834c76cb1d1b56a>
- Tamayo y Tamayo, M. (2003). *El proceso de investigación científica*. Limusa.
- Tao, J., Zeenab, Tao, P., Cui, J., Zhang, L., & Bacha, U. (2024). Investigating Student Perceptions of a Combined PBL and English Literature Approach in Power Systems Using Cluster Analysis. In *2024 IEEE 13th International Conference on Engineering Education: Dissemination and Advancement of Engineering Education using Artificial Intelligence, ICEED 2024*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/ICEED62316.2024.10923799>
- Vasconcelos, M. K., Guedes, M. N., Melo, P. G. F., Amore, C. R., & Linares, J. J. (2022). An example of project-based learning with the support of a process simulator applied to the chemical engineering final course project. In *Computer Applications in Engineering Education* (Vol. 30, Issue 2, pp. 490–504). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/cae.22468>

CAPÍTULO 13

RETOS Y AVANCES DE LA APICULTURA EN EL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE¹³³

CHALLENGES AND PROGRESS IN BEEKEEPING IN THE DEPARTMENT OF GUAVIARE

Jairo Geovanni Gómez Farfán¹³⁴

Steffanie Meyer Sánchez¹³⁵

Sergio Eder González Mesa¹³⁶

Héctor Andrés Salgado Peña¹³⁷

Erika Yusley Cerón Cortes¹³⁸

Pares evaluadores: Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES.¹³⁹

¹³³Derivado del proyecto de investigación: Retos y Avances de la Apicultura en el departamento del Guaviare.

¹³⁴ Pregrado Administración de Empresas, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Especialista en Educación, Cultura y Política, Especialista en Gestión Pública, Magister en Gobierno Políticas Públicas y Desarrollo Territorial, Docente líder del Semillero de Innovación y Emprendimiento Empresarial del Guaviare SIEEG, Investigador adscrito al grupo Quirón. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2766-6489>

¹³⁵ Pregrado Administración de Empresas, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Estudiante UNAD CCAV Guaviare, Investigador adscrito al grupo Quirón. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2510-764X>

¹³⁶Pregrado Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Especialista en Gestión Pública, Docente semilla del Semillero de Innovación y Emprendimiento Empresarial del Guaviare SIEEG, Investigador adscrito al grupo Quirón, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1999-1142>

¹³⁷ Pregrado Administración de Empresas, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Estudiante UNAD CCAV Guaviare, Investigador adscrito al grupo Quirón. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9516-4072>

¹³⁸ Pregrado Zootecnia, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Estudiante UNAD CCAV Guaviare, Investigador adscrito al grupo Quirón. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9919-2136>

¹³⁹ Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES. www.rediees.org

RETOS Y AVANCES DE LA APICULTURA EN EL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE¹⁴⁰

Jairo Geovanni Gómez Farfán¹⁴¹, Steffanie Meyer Sánchez¹⁴², Sergio Eder González Mesa¹⁴³, Héctor Andrés Salgado Peña¹⁴⁴, Erika Yusley Cerón Cortes¹⁴⁵

RESUMEN

El presente trabajo analiza los avances y desafíos de la apicultura en el departamento del Guaviare, una actividad emergente con gran potencial para articular el desarrollo económico, la sostenibilidad ambiental y la conservación cultural en territorios amazónicos. A partir de una metodología mixta que incluyó encuestas, grupos focales, entrevistas, observaciones participativas y la realización del Primer Encuentro Apícola del Guaviare, se caracterizó el estado actual de la práctica apícola en distintos municipios del departamento. Se documentaron experiencias de apicultores de base, saberes tradicionales, limitaciones técnicas, y factores socioeconómicos que configuran el paisaje apícola. Uno de los principales hallazgos fue la identificación de un tejido comunitario dispuesto a colaborar, que reconoce en la apicultura una herramienta de conservación y generación de ingresos, especialmente en zonas afectadas por la deforestación. El trabajo propone una ruta estratégica para la consolidación del sector, articulando capacidades locales, asistencia técnica, asociatividad y gestión de políticas públicas territoriales.

¹⁴⁰ Derivado del proyecto de investigación: Retos y Avances de la Apicultura en el departamento del Guaviare.

¹⁴¹ Pregrado Administración de Empresas, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Especialista en Educación, Cultura y Política, Especialista en Gestión Pública, Magister en Gobierno Políticas Públicas y Desarrollo Territorial, Docente líder del Semillero de Innovación y Emprendimiento Empresarial del Guaviare SIEEG, Investigador adscrito al grupo Quirón. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2766-6489>

¹⁴² Pregrado Administración de Empresas, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Estudiante UNAD CCAV Guaviare, Investigador adscrito al grupo Quirón. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2510-764X>

¹⁴³ Pregrado Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Especialista en Gestión Pública, Docente semilla del Semillero de Innovación y Emprendimiento Empresarial del Guaviare SIEEG, Investigador adscrito al grupo Quirón, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1999-1142>

¹⁴⁴ Pregrado Administración de Empresas, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Estudiante UNAD CCAV Guaviare, Investigador adscrito al grupo Quirón. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9516-4072>

¹⁴⁵ Pregrado Zootecnia, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Estudiante UNAD CCAV Guaviare, Investigador adscrito al grupo Quirón. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9919-2136>

ABSTRACT

This paper analyzes the progress and challenges of beekeeping in the department of Guaviare, an emerging activity with great potential to articulate economic development, environmental sustainability and cultural conservation in Amazonian territories. Based on a mixed methodology that included surveys, focus groups, interviews, participatory observations and the First Beekeeping Meeting of Guaviare, the current state of beekeeping practice in different municipalities of the department was characterized. The experiences of grassroots beekeepers, traditional knowledge, technical limitations and socioeconomic factors that shape the beekeeping landscape were documented. One of the main findings was the identification of a community network willing to collaborate, which recognizes beekeeping as a tool for conservation and income generation, especially in areas affected by deforestation. The work proposes a strategic route for the consolidation of the sector, articulating local capacities, technical assistance, associativity and management of territorial public policies.

PALABRAS CLAVE: Apicultura, sostenibilidad, biodiversidad, saberes, Amazonía, cambio climático, desarrollo rural, conservación.

Keywords: Beekeeping, Sustainability, Biodiversity, Traditional Knowledge, Amazon, Climate Change, Rural Development, Conservation.

INTRODUCCIÓN

La Apicultura se ha consolidado como una alternativa productiva que armoniza con los objetivos de sostenibilidad ambiental y desarrollo rural en zonas de alta sensibilidad ecológica. En Colombia, y en particular en el departamento del Guaviare, esta práctica está cobrando relevancia por su bajo impacto ambiental, su contribución a la polinización de cultivos y especies silvestres, y su potencial como fuente de ingresos para comunidades rurales e indígenas.

El Guaviare, por su ubicación estratégica entre la Orinoquía y la Amazonía, cuenta con una diversidad de flora melífera y saberes locales que favorecen la producción apícola. Sin embargo, esta actividad enfrenta múltiples desafíos: la falta de información científica sistematizada, el limitado acceso a equipos, la carencia de certificaciones sanitarias y de calidad, y la débil articulación con cadenas de comercialización.

En este contexto, el proyecto "Retos y avances de la apicultura en el departamento del Guaviare" surge como una iniciativa de investigación y acción participativa liderada por el Semillero de Investigación, Innovación y Emprendimiento Empresarial del Guaviare SIEEG, que busca no solo diagnosticar la situación actual del sector, sino también proponer estrategias que permitan su fortalecimiento desde un enfoque territorial, intercultural y sostenible.

PROCESO INVESTIGATIVO

El proyecto sobre apicultura en el departamento del Guaviare se propuso generar conocimiento científico, artículos y procesos de capacitación para fortalecer la apicultura como alternativa económica sostenible y ambientalmente responsable. Se buscaba caracterizar las variables técnicas y socioeconómicas del sector, fortalecer el tejido social apícola y desarrollar habilidades técnicas en los apicultores, ante la falta de documentación y estudios previos en la región. La iniciativa respondió a la problemática de deforestación y pérdida de biodiversidad en la Amazonía colombiana, resaltando la importancia de la apicultura en la conservación de los ecosistemas mediante la polinización.

A través de una metodología mixta, que incluyó encuestas y grupos focales, se analizaron tanto prácticas apícolas como datos socioeconómicos, promoviendo la colaboración entre apicultores, instituciones y sociedad civil. El proyecto esperaba lograr la generación de nuevo conocimiento, el fortalecimiento de los apicultores y el desarrollo regional sostenible, así como la socialización de resultados y la publicación de los avances en revistas indexadas, contribuyendo a la mitigación de los efectos del cambio climático y al bienestar de las comunidades locales.

Encontramos algunas de las principales actividades y eventos durante la ejecución del proyecto “Retos y Avances de la Apicultura en el departamento del Guaviare”:

- Febrero 2023: Formalización del proyecto con acta de inicio y conformación del equipo de investigación.
- Mayo 2023: Participación como ponentes en el XX Encuentro Regional de Semilleros de Investigación, Nodo Amazonia Orinoquía.
- Agosto - septiembre 2023: Desplazamientos a campo en veredas y corregimientos del Guaviare (Puerto Arturo, Caño Blanco II, El Capricho, San Isidro, La Ceiba) para validación del instrumento de caracterización apícola.
- Septiembre 2023: Presentación del informe de avance con un 40% de ejecución del proyecto.
- Noviembre 2023: Participación como ponentes en el IV Foro Nacional de Cambio Climático: Retos y aportes desde el territorio y los sectores.

- Abril 2024: Informe de seguimiento con un avance del 70%.
- Mayo 2024: Ponencia en el XXI Encuentro Regional de Semilleros de Investigación, Nodo Amazonia Orinoquía.
- Agosto 2024: Realización del I Encuentro de Intercambio de Saberes de Apicultura, con participación de apicultores, docentes e investigadores.
- Octubre 2024: Presentación en el XXVII Encuentro Nacional y XXI Internacional de Semilleros de Investigación (ENISI 2024).
- Noviembre 2024: Envío de certificados y segunda fase del instrumento apícola para complementar el estudio.
- Diciembre 2024: Presentación del primer informe del instrumento de caracterización apícola con análisis detallado de la situación regional.
- Mayo 2025: Ponencia en el XVIII Congreso Internacional de Prospectiva y IX Congreso Internacional de Emprendimiento
- Junio 2025: Segundo informe del instrumento de caracterización, con resultados actualizados tras la aplicación digital y el encuentro de saberes.

Durante la Fase 1 del proyecto, desarrollada entre mayo y noviembre de 2022, se consolidó como una “propuesta de investigación” enfocada en los retos y avances de la apicultura en el departamento del Guaviare. En mayo, se dio inicio formal al diseño de la propuesta, la cual fue presentada en junio como ponencia en el evento organizado por el Instituto Amazónico de Investigación Científica (SINCHI), contribuyendo al fortalecimiento del ecosistema de ciencia, tecnología e innovación en la región.

En julio, se realizó el lanzamiento de la georreferenciación, herramienta clave para la ubicación y seguimiento de las unidades apícolas. Posteriormente, en octubre, los avances del proyecto fueron expuestos en el evento Prospecta Colombia, permitiendo la socialización y retroalimentación con otros actores del sector. Finalmente, en noviembre, se llevaron a cabo las primeras salidas a campo, dando inicio a la ejecución práctica del proyecto y la recolección de información en territorio.

Durante la Fase 2, iniciada en febrero de 2023, se formalizó como “Proyecto de Investigación”, con la conformación del equipo de trabajo liderado por la directora Ana Isabel

Gavilán Reina y el investigador principal Jairo Geovanni Gómez Farfán. En esta etapa se consolidaron las alianzas institucionales y se presentó el proyecto en eventos académicos relevantes, como el XX Encuentro Regional de Semilleros de Investigación en mayo de 2023, lo que permitió visibilizar la iniciativa y fortalecer la red de actores involucrados en la apicultura del Guaviare.

Paralelamente, se realizaron diversas salidas de campo durante los meses de agosto y septiembre de 2023, en las que se visitaron veredas y corregimientos como Puerto Arturo, Caño Blanco II, El Capricho, San Isidro y La Ceiba. Estas visitas tuvieron como objetivo principal validar el instrumento de caracterización apícola, mediante la aplicación de encuestas y entrevistas a apicultores en sus fincas. La información recolectada permitió obtener datos precisos sobre las prácticas apícolas, el acceso a insumos, la infraestructura disponible, los niveles de producción y las dificultades que enfrentan los productores en la región.

En septiembre de 2023 se realizó un informe de avance que reflejaba un 40% de ejecución del proyecto, seguido de un segundo informe en abril de 2024 con un avance del 70%, evidenciando un progreso constante en la investigación. En mayo de 2024, la participación en el XXI Encuentro Regional de Semilleros de Investigación permitió compartir resultados preliminares y recibir retroalimentación valiosa para el desarrollo del estudio. Además, en agosto de 2024 se llevó a cabo el I Encuentro de Intercambio de Saberes de Apicultura, un espacio de diálogo y aprendizaje colectivo que congregó a apicultores, investigadores, docentes y estudiantes, fortaleciendo el tejido social y el compromiso con la apicultura sostenible en la región.

El primer informe del instrumento de caracterización, presentado en diciembre de 2024, ofreció un análisis detallado sobre el estado actual de la apicultura en el Guaviare. Se identificaron barreras significativas como la baja productividad, la insuficiencia de asistencia técnica, la falta de capacitación adecuada y la ausencia de canales formales de comercialización. Sin embargo, también se evidenciaron oportunidades importantes para consolidar la apicultura como una actividad económica viable y ambientalmente sostenible, destacando su contribución a la conservación de los ecosistemas y al desarrollo local. Finalmente, en junio de 2025 se elaboró un segundo informe con los resultados actualizados tras la aplicación digital del instrumento de caracterización y el seguimiento a los participantes

del proyecto, consolidando así una base sólida para la formulación de estrategias que impulsen el crecimiento y la formalización de la apicultura en el Guaviare.

MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló bajo un enfoque metodológico mixto que integró técnicas cuantitativas y cualitativas. La fase cuantitativa contempló el diseño y aplicación de una encuesta estructurada a apicultores de los municipios de San José del Guaviare, El Retorno, Calamar y Miraflores. Esta encuesta incluyó variables sociodemográficas, técnicas de manejo apícola, especies utilizadas, tipos de colmenas, rendimientos y dificultades logísticas.

En el componente cualitativo se desarrollaron grupos focales, entrevistas en profundidad y observación participante durante recorridos a campo y el Primer Encuentro Departamental Apícola del Guaviare. Este evento reunió a más de 40 actores del sector, incluyendo apicultores, técnicos, académicos, representantes institucionales y líderes comunitarios.

Además, se elaboró una matriz DOFA colectiva en la que se identificaron fortalezas como la diversidad florística, oportunidades relacionadas con la demanda de productos naturales, debilidades como la falta de asistencia técnica, y amenazas vinculadas a la deforestación, uso de agroquímicos y cambio climático. La triangulación de datos permitió una comprensión integral del estado del arte de la apicultura en el Guaviare.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos revelan una realidad diversa y dinámica en torno a la apicultura en el departamento del Guaviare. A través del trabajo de campo se identificaron experiencias apícolas en las veredas La Libertad, El Triunfo, Las Delicias y zonas rurales del municipio de Calamar, donde los apicultores implementan prácticas de manejo en condiciones de rusticidad, aprovechando especies de abejas africanizadas, meliponas y otras nativas sin aguijón.

Uno de los logros más destacados fue la consolidación del Primer Encuentro de Saberes Apícolas, donde los participantes identificaron de manera participativa los principales retos del sector, como el desconocimiento técnico, el acceso limitado a insumos, la falta de formación continua y la baja valorización comercial de la miel local. Igualmente, se propusieron soluciones como el fortalecimiento asociativo, la implementación de procesos de certificación, la generación de contenidos audiovisuales para divulgación, y el impulso de ferias regionales.

Se logró caracterizar la flora melífera mediante observaciones directas y registros aportados por apicultores, identificando especies como el Yopo, el Sarrapia, el Achapo, la Castañuela, el Tuno y la Guaura. Estas plantas fueron valoradas no solo por su aporte a la nutrición de las abejas, sino también por su relevancia en la medicina tradicional y su potencial en restauración ecológica.

Adicionalmente, el levantamiento de una ficha de caracterización digital mediante KoboToolbox permitió sistematizar datos sobre prácticas apícolas, perfil demográfico de los productores, y principales amenazas percibidas por ellos. Esta información fue útil para elaborar una propuesta preliminar de red de apicultores y fortalecer los lazos entre actores del territorio.

Informe General del Instrumento y Salidas de Campo

Edad

Tabla 1. Distribución de Grandes Grupos de Edad en la Caracterización Apícola del Guaviare.

Grandes Grupos de Edad		Q	%
.1	Grupo (0-14 años)	-	0,0%
.2	Grupo (15-65 años)	22,0	100,0%
.3	Grupo (+65 años)	-	0,0%
		22,0	100,0%

Fuente: Ficha de Caracterización Apícola – Proyecto "Retos y Avances de la Apicultura en el Departamento del Guaviare".

Genero

Tabla 2. Distribución de Género en la Actividad Apícola del Departamento del Guaviare.

Género		Q	%
F	Femenino	7,0	31,8%
M	Masculino	15,0	68,2%
		22,0	100,0%

Fuente: Ficha de Caracterización Apícola – Proyecto "Retos y Avances de la Apicultura en el Departamento del Guaviare".

Pertenencia Étnica

Tabla 3. Distribución de Pertenencia Étnica en la Actividad Apícola del Departamento del Guaviare.

Pertenencia Étnica		Q	%
.1	Indígena	-	0,0%
.2	Afrocolombiano/a	-	0,0%
.3	Raizal del Archipiélago de San Andrés y Providencia	-	0,0%
.4	Palenquero/a de San Basilio	-	0,0%
.5	Rom (Gitano/a)	-	0,0%
.6	Mestizo/a	22,0	100,0%
.7	Blanco/a	-	0,0%
.8	N/A	-	0,0%
		22,0	100%

Fuente: Ficha de Caracterización Apícola – Proyecto "Retos y Avances de la Apicultura en el Departamento del Guaviare"

Escolaridad

Tabla 4. Nivel de Estudios de los Apicultores en el Departamento del Guaviare.

Nivel de Estudios Apicultores		Q	%
.1	Sin estudios	-	0,0%
.2	Primaria	3,0	13,6%
.3	Secundaria	-	0,0%
.4	Bachiller	12,0	54,5%
.5	Técnico	-	0,0%
.6	Tecnólogo	1,0	4,5%
.7	Profesional	6,0	27,3%
.8	Especialista	-	0,0%
.9	Maestría	-	0,0%
.10	N/A	-	0,0%
		22,0	100%

Fuente: Ficha de Caracterización Apícola – Proyecto "Retos y Avances de la Apicultura en el Departamento del Guaviare"

Discapacidad

Tabla 5. Condición de Discapacidad en los Apicultores del Departamento del Guaviare.

¿Tiene Discapacidad?		Q	%
.1	Tiene Discapacidad	-	0,0%
.2	No tiene Discapacidad	22,0	100,0%
.3	N/A	-	0,0%
		22,0	100%

Fuente: Ficha de Caracterización Apícola – Proyecto "Retos y Avances de la Apicultura en el Departamento del Guaviare".

Procedencia

Tabla 6. Lugar de Procedencia de los Apicultores en el Departamento del Guaviare.

Lugar de Procedencia (Nacimiento)		Q	%
.1	Colono (Guaviarense)	18,0	81,8%
.2	Otras Regiones (Colombia)	4,0	18,2%
.3	N/A	-	0,0%
		22,0	100%

Fuente: Ficha de Caracterización Apícola – Proyecto "Retos y Avances de la Apicultura en el Departamento del Guaviare".

Ubicación

Tabla 7. Descripción del Lugar Actual de Residencia y Actividad Apícola en el Guaviare.

	Residencia Actual	Q	%
.1	Zona Urbana	17,0	77,3%
.2	Zona Rurales	5,0	22,7%
.3	N/A	-	0,0%
		22,0	100%

Fuente: Ficha de Caracterización Apícola – Proyecto "Retos y Avances de la Apicultura en el Departamento del Guaviare".

Núcleo Familiar

Tabla 8. Conformación del Núcleo Familiar de los Apicultores en el Departamento del Guaviare.

	Conformación del Núcleo Familiar	Q	%
.1	Sin Familia	-	0,0%
.2	2 integrantes	1,0	4,5%
.3	3 integrantes	3,0	13,6%
.4	4 integrantes	6,0	27,3%
.5	5 integrantes	12,0	54,5%
.6	Mas de 5 Integrantes	-	0,0%
.7	N/A	-	0,0%
		22,0	100%

Fuente: Ficha de Caracterización Apícola – Proyecto "Retos y Avances de la Apicultura en el Departamento del Guaviare".

Habitabilidad

Tabla 9. Tipo de Vivienda de los Apicultores en el Departamento del Guaviare.

	Tipo de Vivienda	Q	%
.1	Propia	2,0	9,1%
.2	Arrendada	1,0	4,5%
.3	Familiar	19,0	86,4%
.4	N/A	-	0,0%
		22,0	100%

Fuente: Ficha de Caracterización Apícola – Proyecto "Retos y Avances de la Apicultura en el Departamento del Guaviare".

Experiencia Apícola

Tabla 60. Experiencia en el Manejo de Abejas entre Apicultores del Guaviare.

¿Experiencia con el manejo de abejas?		Q	%
.1	SI	19,0	86,4%
.2	NO	3,0	13,6%
.3	N/A	-	0,0%
		22,0	100%

Fuente: Ficha de Caracterización Apícola – Proyecto "Retos y Avances de la Apicultura en el Departamento del Guaviare".

Tabla 71. Distribución del Tiempo de Experiencia Apícola en el Departamento del Guaviare.

Tiempo de Experiencia Apícola		Q	%
.1	Sin Experiencia	3,0	13,6%
.2	De (1-5) años	7,0	31,8%
.3	De (6-10) años	6,0	27,3%
.4	De (11-20) años	5,0	22,7%
.5	De (21-30) años	-	0,0%
.6	Más de (30) años	1,0	4,5%
.7	N/A	-	0,0%
		22,0	100%

Fuente: Ficha de Caracterización Apícola – Proyecto "Retos y Avances de la Apicultura en el Departamento del Guaviare".

Mano de Obra Apícola

Tabla 82. Distribución de Labores para el Manejo Apícola por Género en el Guaviare.

Distribución de labores para el Manejo Apícola		Q	%
.1	Hombres	15,0	68,2%
.2	Mujeres	7,0	31,8%
.3	N/A	-	0,0%
		22,0	100%

Fuente: Ficha de Caracterización Apícola – Proyecto "Retos y Avances de la Apicultura en el Departamento del Guaviare".

Tabla 13. Distribución de la Participación de Mujeres en el Manejo Apícola por Número de Integrantes.

Distribución (Mujeres) de labores para el Manejo Apícola		Q	%
.1	Ninguno	11,0	50,0%
.2	De (1-2) integrantes	5,0	22,7%
.3	De (3-4) integrantes	6,0	27,3%
.4	De (5-6) integrantes	-	0,0%
.5	Más de 6 integrantes	-	0,0%
		22,0	100%

Fuente: Ficha de Caracterización Apícola – Proyecto "Retos y Avances de la Apicultura en

Tabla 94. Distribución de Labores (Mujeres) para la Cosecha Apícola en el Guaviare.

Distribución (Mujeres) de labores para Cosecha Apícola		Q	%
.1	Ninguno	11,0	50,0%
.2	De (1-2) integrantes	5,0	22,7%
.3	De (3-4) integrantes	6,0	27,3%
.4	De (5-6) integrantes	-	0,0%
.5	Más de 6 integrantes	-	0,0%
.6	N/A	-	0,0%
		22,0	100%

Fuente: Ficha de Caracterización Apícola – Proyecto "Retos y Avances de la Apicultura en el Departamento del Guaviare".

Tabla 15. Distribución de Labores (Hombres) para la Cosecha Apícola en el Guaviare.

Distribución (Hombres) de labores para Cosecha Apícola		Q	%
.1	Ninguno	11,0	50,0%
.2	De (1-2) integrantes	10,0	45,5%
.3	De (3-4) integrantes	-	0,0%
.4	De (5-6) integrantes	1,0	4,5%
.5	Más de 6 integrantes	-	0,0%
.6	N/A	-	0,0%
		22,0	100%

Fuente: Ficha de Caracterización Apícola – Proyecto "Retos y Avances de la Apicultura en el Departamento del Guaviare".

Movilidad

Tabla 106. Tipo de Transporte Más Usado por los Apicultores en el Guaviare.

Tipo de Transporte más usado		Q	%
.1	Moto	11,0	50,0%
.2	Carro/Camioneta	5,0	22,7%
.3	Bicicleta	1,0	4,5%
.4	Transporte público	-	0,0%
.5	Fluvial (Canoa, potrillo)	-	0,0%
.6	Motocarro	5,0	22,7%
.7	Otro	-	0,0%
.8	N/A	-	0,0%
		22,0	100%

Fuente: Ficha de Caracterización Apícola – Proyecto "Retos y Avances de la Apicultura en el Departamento del Guaviare".

Acceso a Servicios, Comercios, otros

Tabla 17. Cercanía a Centros Médicos de los Apicultores en el Guaviare.

Cercanía (Km) a Centros Médicos		Q	%
.1	Menos de (1) Km	4,0	18,2%
.2	Entre (1-5) Km	10,0	45,5%
.3	Entre (6-9) Km	4,0	18,2%
.4	Más de (10) Km	4,0	18,2%
.5	N/A	-	0,0%
		22,0	100%

Fuente: Ficha de Caracterización Apícola – Proyecto "Retos y Avances de la Apicultura en el Departamento del Guaviare".

Tabla 18. Cercanía en Horas a Centros Médicos de los Apicultores en el Guaviare.

Cercanía (Horas) a Centros Médicos		Q	%
.1	Menos de (1) Horas	2,0	9,1%
.2	Entre (1-5) Km	20,0	90,9%
.3	Entre (6-9) Km	-	0,0%
.4	Más de (10) Km	-	0,0%
.5	N/A	-	0,0%
		22,0	100%

Fuente: Ficha de Caracterización Apícola – Proyecto "Retos y Avances de la Apicultura en el Departamento del Guaviare".

Manejo de Recursos Naturales

Tabla 1911. Estrategias más Usadas para el Manejo de Recursos Naturales desde la Actividad Apícola en el Guaviare.

Estrategias más usadas para el manejo de recursos naturales desde la actividad Apícola.		Q	%
.1	Rotación de Colmenas	12,0	9,7%
.2	Plantar Especies Melíferas	12,0	9,7%
.3	Control Biológico de Plagas	16,0	12,9%
.4	Manejo de Pastizales	-	0,0%
.5	Uso de Productos Orgánicos	12,0	9,7%
.6	Conservación de Hábitats Naturales	24,0	19,4%
.7	Captura y Relocalización de Enjambres	12,0	9,7%
.8	Manejo Sostenible del Agua	16,0	12,9%
.9	Polinización Controlada	8,0	6,5%
.10	Monitoreo y Evaluación Regular	12,0	9,7%
.11	otros	-	0,0%
.12	N/A	-	0,0%
		124,0	100%

Fuente: Ficha de Caracterización Apícola – Proyecto "Retos y Avances de la Apicultura en el Departamento del Guaviare".

Diversidad de Flora

Tabla 20. Diversidad de Plantas Utilizadas por las Abejas en el Sitio de Producción Apícola.

Diversidad de plantas utilizadas por abejas presentes en el sitio		Q	%
.1	Desconocidas	10,0	45,5%
.2	Plantas melíferas.	8,0	36,4%
.3	Plantas no melíferas.	4,0	18,2%
.4	N/A	-	0,0%
		22,0	100%

Fuente: Ficha de Caracterización Apícola – Proyecto "Retos y Avances de la Apicultura en el Departamento del Guaviare".

Colmenas

Tabla 21. Distribución de la Tenencia de Colmenas en el Guaviare.

¿Tiene Colmenas en su predio / Finca?		Q	%
.1	Si	4,0	18,2%
.2	No	18,0	81,8%
.3	N/A	-	0,0%
		22,0	100%

Fuente: Ficha de Caracterización Apícola – Proyecto "Retos y Avances de la Apicultura en el Departamento del Guaviare".

Tabla 2212. Índice de Cantidad de Colmenas por Apicultor en el Guaviare.

Índice de Cantidad de Colmenas por Apicultor		Q	%
.1	Ninguna	4,0	18,2%
.2	Entre (1-25) colmenas	12,0	54,5%
.3	Entre (26-50) colmenas	4,0	18,2%
.4	Entre (51-99) colmenas	-	0,0%
.5	Más de (100) colmenas	2,0	9,1%
.6	N/A	-	0,0%
		22,0	100%

Fuente: Ficha de Caracterización Apícola – Proyecto "Retos y Avances de la Apicultura en el Departamento del Guaviare".

Tabla 2313. Tipos de Colmenas más Usados en la Zona de Estudio en el Guaviare.

Tipos de Colmenas más usados en la zona		Q	%
.1	Warré	-	0,0%
.2	Horizontal Langstroth	2,0	6,3%
.3	TBH	-	0,0%
.4	Layens	-	0,0%
.5	Racional	-	0,0%
.6	Artesanal	1,0	3,1%
.7	Top-Bar	5,0	15,6%
.8	Silvestre	-	0,0%
.9	Flow Hive	-	0,0%
.10	Dadant	-	0,0%
.11	Langstroth	13,0	40,6%
.12	Vertical Top-Bar	-	0,0%
.13	Ninguno	11,0	34,4%
.14	N/A	-	0,0%
		22,0	100%

Fuente: Ficha de Caracterización Apícola – Proyecto "Retos y Avances de la Apicultura en el Departamento del Guaviare"

Capacitación Apícola

Tabla 2414. Recepción de Formación en el Tema de Apicultura en el Guaviare.

¿Ha recibido formación en el tema de Apicultura?		Q	%
.1	Si	6,0	27,3%
.2	No	16,0	72,7%
.3	N/A	-	0,0%
		22,0	100%

Fuente: Ficha de Caracterización Apícola – Proyecto "Retos y Avances de la Apicultura en el Departamento del Guaviare".

Tabla 2515. Distribución del Tipo de Formación Recibida en Apicultura en el Guaviare.

Tipo de Formación Recibida en Apicultura		Q	%
.1	Ninguna	11,0	50,0%
.2	Autodidacta	-	0,0%
.3	Otro Apicultor	-	0,0%
.4	Curso	-	0,0%
.5	Taller	6,0	27,3%
.6	Universidad	5,0	22,7%
.7	Otras	-	0,0%
.8	N/A	-	0,0%
		22,0	100%

Fuente: Ficha de Caracterización Apícola – Proyecto "Retos y Avances de la Apicultura en el Departamento del Guaviare".

Dedicación a la Apicultura

Tabla 26. Nivel de Dedicación a la Actividad Apícola en el Guaviare.

Nivel de dedicación a la Actividad Apícola		Q	%
.1	Exclusiva	1,0	4,5%
.2	Parcial	5,0	22,7%
.3	Hobbista	6,0	27,3%
.4	Conservación	10,0	45,5%
.5	Ninguna	-	0,0%
.6	N/A	-	0,0%
		22,0	100%

Fuente: Ficha de Caracterización Apícola – Proyecto "Retos y Avances de la Apicultura en el Departamento del Guaviare".

Propósito del ejercicio Apícola

Tabla 27. Propósito del Ejercicio Apícola en el Departamento del Guaviare.

¿Cuál es el propósito del ejercicio Apícola?		Q	%
.1	Consumo Propio	12,0	54,5%
.2	Comercialización	10,0	45,5%
.3	N/A	-	0,0%
		22,0	100%

Fuente: Ficha de Caracterización Apícola – Proyecto "Retos y Avances de la Apicultura en el Departamento del Guaviare".

Especies

Tabla 28. Especies de Abejas en la Zona del Guaviare.

Especies de Abejas en la zona		Q	%
.1	Apis Melífera	10,0	45,5%
.2	Meliponas	11,0	50,0%
.3	Trigona	1,0	4,5%
.4	Scaptotrigona	-	0,0%
.5	Nannotrigona	-	0,0%
.6	Frieseomelitta	-	0,0%
.7	Plebeia	-	0,0%
.8	N/A	-	0,0%
		22,0	100%

Fuente: Ficha de Caracterización Apícola – Proyecto "Retos y Avances de la Apicultura en el Departamento del Guaviare".

Cosecha Apícola

Tabla 2916. Cosechas Apícolas al Año en el Guaviare.

Cosechas Apícolas al año		Q	%
.1	Ninguna	4,0	18,2%
.2	(1) cosecha al año	12,0	54,5%
.3	(2) cosecha al año	6,0	27,3%
.4	Más de (2) cosechas al año	-	0,0%
.5	N/A	-	0,0%
		22,0	100%

Tabla 30. Tipo de Alimentadores para Abejas.

Tipo de Alimentadores Abejas	Q	%
.1 Alimentadores de colmena	11,0	40,7%
.2 Alimentadores de jarra	8,0	29,6%
.3 Comederos de panal	4,0	14,8%
.4 N/A	4,0	14,8%
	27,0	100%

Fuente: Ficha de Caracterización Apícola – Proyecto "Retos y Avances de la Apicultura en el Departamento del Guaviare".

Tabla 3117. Suplementos Nutricionales para Abejas.

Suplementos Nutricionales para Abejas	Q	%
.1 Pólen en polvo	15,0	34,9%
.2 Jarabes de azúcar	12,0	27,9%
.3 Proteínas para abejas	12,0	27,9%
.4 N/A	4,0	9,3%
	43,0	100%

Fuente: Ficha de Caracterización Apícola – Proyecto "Retos y Avances de la Apicultura en el Departamento del Guaviare".

Tabla 32. Elementos para Mantenimiento de Colmenas.

Elementos para Mantenimiento de Colmenas	Q	%
.1 Herramientas de limpieza	15,0	45,5%
.2 Cera de abeja para reparaciones	14,0	42,4%
.3 Solventes para limpieza de colmena	-	0,0%
.4 N/A	4,0	12,1%
	33,0	100%

Fuente: Ficha de Caracterización Apícola – Proyecto "Retos y Avances de la Apicultura en el Departamento del Guaviare".

Tabla 33. Tratamientos y Medicamentos para Abejas.

Tratamientos y Medicamentos para abejas	Q	%
.1 Medicamentos para varroa	15,0	34,1%
.2 Suplementos para salud de abejas	12,0	27,3%
.3 Trampas para enfermedades	13,0	29,5%
.4 N/A	4,0	9,1%
	44,0	100%

Fuente: Ficha de Caracterización Apícola – Proyecto "Retos y Avances de la Apicultura en el Departamento del Guaviare".

Tabla 34. Materiales de Estudio de Apicultura.

Materiales de Estudio de Apicultura		Q	%
.1	Manuales Manejo Colmenas	15,0	39,5%
.2	Videos y cursos online	8,0	21,1%
.3	Libros apicultura	12,0	31,6%
.4	N/A	3,0	7,9%
		38,0	100%

Fuente: Ficha de Caracterización Apícola – Proyecto "Retos y Avances de la Apicultura en el Departamento del Guaviare".

Tabla 35. Equipos de Capacitación de Apicultura.

Equipos de Capacitación de Apicultura		Q	%
.1	Materiales para talleres prácticos	11,0	28,2%
.2	Kits inicio para principiantes	16,0	41,0%
.3	Modelos Colmenas demostraciones	8,0	20,5%
.4	N/A	4,0	10,3%
		39,0	100%

Fuente: Ficha de Caracterización Apícola – Proyecto "Retos y Avances de la Apicultura en el Departamento del Guaviare".

Asistencia Técnica

Tabla 3618. ¿Ha recibido asistencia técnica?

¿Ha recibido asistencia Técnica?		Q	%
.1	Si	6,0	27,3%
.2	No	16,0	72,7%
.3	N/A	-	0,0%
		22,0	100%

Fuente: Ficha de Caracterización Apícola – Proyecto "Retos y Avances de la Apicultura en el Departamento del Guaviare".

Tabla 37. Calidad de la Asistencia Técnica.

Calidad de la Asistencia Técnica		Q	%
.1	Buena	5,0	22,7%
.2	Regular	1,0	4,5%
.3	Mala	-	0,0%
.4	N/A	16,0	72,7%
		22,0	100%

Fuente: Ficha de Caracterización Apícola – Proyecto "Retos y Avances de la Apicultura en el Departamento del Guaviare".

Producción Apícola

Tabla 38. Índices de Producción Apícola (Kg/Lt Año) MIEL.

Índices de Producción apícola (Kg/Lt Año) MIEL		Q	%
.1	Ninguna	5,0	22,7%
.2	Entre (1-99)	4,0	18,2%
.3	Entre (100-199)	7,0	31,8%
.4	Entre (200-299)	4,0	18,2%
.5	Entre (300-399)	2,0	9,1%
.6	Entre (400-499)	-	0,0%
.7	Entre (500-599)	-	0,0%
.8	Entre (600-699)	-	0,0%
.9	Entre (700-799)	-	0,0%
.10	Entre (800-899)	-	0,0%
.11	Entre (900-999)	-	0,0%
.12	Más de (1.000)	-	0,0%
.13	N/A	-	0,0%
		22,0	100%

Fuente: Ficha de Caracterización Apícola – Proyecto "Retos y Avances de la Apicultura en el Departamento del Guaviare".

Tabla 39. Precio de Venta (COP) de MIEL.

Precio Venta (COP) MIEL		Q	%
.1	Ninguno	5,0	22,7%
.2	Entre (10.000 19.000)	-	0,0%
.3	Entre (20.000 29.000)	-	0,0%
.4	Entre (30.000 39.000)	-	0,0%
.5	Entre (40.000 49.000)	9,0	40,9%
.6	Entre (50.000 59.000)	2,0	9,1%
.7	Entre (60.000 69.000)	6,0	27,3%
.8	Entre (70.000 79.000)	-	0,0%
.9	Entre (80.000 89.000)	-	0,0%
.10	Entre (90.000 99.000)	-	0,0%
.11	Entre (100.000 199.000)	-	0,0%
.12	Más de (200.000)	-	0,0%
.13	N/A	-	0,0%
		22,0	100%

Fuente: Ficha de Caracterización Apícola – Proyecto "Retos y Avances de la Apicultura en el Departamento del Guaviare".

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El proyecto “Retos y Avances de la Apicultura en el departamento del Guaviare” permitió obtener una primera radiografía precisa del sector apícola local, identificando tanto sus fortalezas como los desafíos que enfrenta para consolidarse como alternativa productiva sostenible.

Perfil Sociodemográfico y Participación

El 100% de los apicultores encuestados se encuentran en el rango de edad productiva (15-65 años), sin presencia de jóvenes menores de 15 ni adultos mayores, lo que evidencia una ausencia de relevo generacional y la necesidad de estrategias para involucrar a otros grupos etarios. La participación femenina representa el 31,8%, frente a un 68,2% de hombres, reflejando una brecha de género significativa que limita la diversidad y el potencial de innovación en el sector. El 100% de los apicultores contactados se identifican como mestizos, sin representación de comunidades indígenas, afrocolombianas u otros grupos étnicos, lo que sugiere barreras de acceso o falta de inclusión de la diversidad étnica regional.

Nivel Educativo y Capacitación

El 54,5% de los apicultores son bachilleres y el 27,3% cuentan con formación profesional, mientras que solo el 13,6% tiene primaria y no se registran personas sin estudios. Este perfil educativo favorece la adopción de nuevas tecnologías, pero el 72,7% no ha recibido formación específica en apicultura, lo que limita la tecnificación y profesionalización del sector. Solo el 27,3% ha accedido a capacitación, principalmente a través de talleres (27,3%) y universidad (22,7%), lo que resalta la urgencia de ampliar la oferta formativa y de asistencia técnica.

Producción, Comercialización y Dedicación

El 81,8% de los apicultores poseen apiarios, pero el 54,5% tiene entre 1 y 25 colmenas, lo que indica una producción a pequeña escala. La miel es el producto más relevante (60,7%), seguido de propóleos, jalea real, reinas, polen, cera y núcleos (todos con menos del 10% de relevancia cada uno). El 54,5% produce principalmente para consumo propio y el 45,5% para

comercialización, lo que evidencia un bajo nivel de inserción en mercados formales. En cuanto a la producción anual de miel, el 31,8% produce entre 100 y 199 kg/litros, mientras que el 22,7% no reporta producción, lo que refleja una heterogeneidad en la capacidad productiva. Los precios de venta de la miel se concentran entre \$40.000 y \$69.000 COP por unidad, con un 40,9% vendiendo entre \$40.000 y \$49.000 y un 27,3% entre \$60.000 y \$69.000.

Acceso a Insumos y Asistencia Técnica

El acceso a insumos es limitado y depende en gran medida de la fabricación en sitio (54,5% para material de capacitación), donaciones (50% para herramientas y capacitación) y compras locales (40,9% para envasado y almacenamiento). Solo el 27,3% ha recibido asistencia técnica, y de estos, el 22,7% la califica como buena, lo que evidencia una brecha importante en el acompañamiento institucional y técnico.

Sostenibilidad y Manejo de Recursos

Las estrategias más usadas para el manejo de recursos naturales son la conservación de hábitats (19,4%), el control biológico de plagas (12,9%) y el manejo sostenible del agua (12,9%), lo que muestra una orientación hacia prácticas sostenibles, aunque aún incipiente. El 45,5% de los apicultores se dedica a la apicultura con fines de conservación, mientras que solo el 4,5% lo hace de manera exclusiva.

Desafíos y Oportunidades

Los principales retos identificados son la baja productividad, la falta de capacitación y asistencia técnica, la limitada infraestructura, el acceso restringido a insumos y la ausencia de canales de comercialización formales. Existen oportunidades claras para fortalecer el sector a través de la formación técnica, la inclusión de mujeres y jóvenes, la diversificación de productos y la creación de asociaciones que permitan acceder a mejores recursos y mercados.

Los hallazgos de esta investigación evidencian que la apicultura en el Guaviare representa una opción realista y estratégica para avanzar hacia modelos de economía

sostenible, resiliencia climática y soberanía alimentaria. La diversidad biológica del departamento, su ubicación geoestratégica y la riqueza cultural de sus habitantes constituyen ventajas comparativas para proyectar esta actividad con visión de largo plazo.

No obstante, persisten barreras estructurales que limitan su escalamiento: la débil infraestructura para procesamiento y comercialización, la limitada asistencia técnica especializada, el escaso reconocimiento institucional del potencial apícola, y la carencia de políticas públicas diferenciadas que atiendan las particularidades del sector en contextos amazónicos.

Se concluye que para consolidar la apicultura como alternativa económica y ambiental en el Guaviare es necesario implementar una hoja de ruta territorial construida desde lo local, que contemple:

- El diseño e implementación de planes de formación técnica y certificación por competencias.
- La articulación de redes de comercialización con sello de origen amazónico.
- La promoción de alianzas interinstitucionales y proyectos de ciencia participativa.
- La inclusión de los apicultores en la gobernanza ambiental regional.

Este estudio no solo visibiliza un sector poco documentado, sino que también abre caminos para futuras investigaciones en temáticas como: caracterización genética de abejas locales, valoración nutricional de la miel nativa, estudios de polinización en cultivos amazónicos y desarrollo de Bioinsumos derivados de productos apícolas.

Anexo

Instrumento – Ficha de Caracterización

20/7/24, 6:58 a.m.

Caracterización Apicultura

Caracterización Apicultura

Fecha
Aplicación Instrumento en Sitio
yyyy-mm-dd

Geolocalización

latitud (x,y *)
longitud (x,y *)
altitud (m)
precisión (m)



Nombres y Apellidos del Titular	Nombre1	Nombre2	Apellido1	Apellido2
Nombres y Apellidos				

Evidencias (Archivos)

Haga clic aquí para subir el archivo. (<10MB)

Area Apícola_1

latitud (x,y *)
longitud (x,y *)
altitud (m)
precisión (m)



KML

cerrar polígono

New Question

Apreciación de la Ficha aplicada

☐ Buena

☐ Regular

☐ Mala

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alves, A. S., Do Nascimento, A. L., Borba, U., & de Castro, C. C. (2017). Optimal Foraging Theory Perspectives on the Strategies of Itinerant Beekeepers. *Human Ecology*, 45(3), 345–355. <https://doi.org/10.1007/s10745-017-9909-2>
- Barrios, C., Morales, Y., Cugnata, N., De Piano, F., Fuselli, S., Maggi, M., Melo, H. M., & Principal, J. (2012). La apicultura como estrategia de gestión ambiental en la cuenca del embalse Guaremal, Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 30(3), 269-284.
- Kaboré, B. A., et al. (2022). Socioeconomic and technical characterization of beekeeping in Burkina Faso. *Revue d’Elevage et de Medecine Veterinaire des Pays Tropicaux*, 75(1), 1-6. <https://doi.org/10.19182/remvt.36861>
- Lourenço, M. S. M., & Cabral, J. E. de O. (2016). Beekeeping and Sustainability: The Concept of Beekeepers in Sobral, Brazil. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 9(1), 93-115. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2016v9n1p93-115>
- MinAgricultura & IICA. (2006). Diagnóstico de la actividad apícola y de la crianza de abejas en Colombia. <https://bit.ly/3VzG8uw>
- Camargo, J. M. F., & Pedro, S. R. M. (2007). Meliponiculture in Brazil: Lessons and perspectives. *Apidologie*, 38(2), 141–142.
- Poveda, K., & Martínez, E. (2018). Polinizadores y servicios ecosistémicos: avances y desafíos en Latinoamérica. *Revista Ecosistemas*, 27(2), 78–87
- Valderrama, A., & Castaño, A. (2020). Apicultura comunitaria y cambio climático: experiencias desde la Amazonía colombiana. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 17(91), 45–62.
- FAO. (2021). *Las abejas y la apicultura para el desarrollo sostenible*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

**INTELIGENCIA EMOCIONAL EN
ESTUDIANTES DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL EN DOS
UNIVERSIDADES DE
COLOMBIA¹⁴⁶**

**EMOTIONAL INTELLIGENCE IN
INDUSTRIAL ENGINEERING
STUDENTS AT TWO UNIVERSITIES IN
COLOMBIA**

Sebastián García Méndez¹⁴⁷

Pares evaluadores: Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES.¹⁴⁸

¹⁴⁶ Derivado del proyecto de investigación: Competencias del mercado laboral en las empresas de Bucaramanga y su área metropolitana

¹⁴⁷ Ingeniero Industrial, Universidad Santo Tomás, Doctor en Ciencias de la Educación, Universidad Cuauhtémoc, Líder del Grupo de Investigación SOLYDO, Unidades Tecnológicas de Santander

¹⁴⁸ Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES. www.rediees.org

INTELIGENCIA EMOCIONAL EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN DOS UNIVERSIDADES DE COLOMBIA¹⁴⁹

Sebastián García Méndez¹⁵⁰

RESUMEN

Las Instituciones de Educación Superior tienen como propósito el desarrollo integral de los alumnos conforme a los programas académicos, siendo el de Ingeniería Industrial el objeto de estudio de la presente investigación, considerando la enseñanza y el perfeccionamiento de los conocimientos, las habilidades y las actitudes, tal como la inteligencia emocional, contemplando la cohesión con el entorno social, es por esto, que el estudio buscó analizar el constructo de los educandos, contemplando como eje orientador el instrumento TMMS – 24. El método se enmarcó en un estudio descriptivo, cuantitativo, transversal y no experimental en 200 educandos de último año, utilizando como instrumentos de recolección de información dos cuestionarios bajo escala Likert, con un alfa de Cronbach de 0,95, respectivamente, analizando estadísticos descriptivos y pruebas estadísticas como la U Mann Whitney y Kolmogorov – Smirnov. Los resultados específicos en torno a la inteligencia emocional permiten identificar que la dimensión de regulación se encuentra en mayor medida desarrollada por los educandos de ambas universidades, siendo esto posible a priori por la continua interacción del ser humano con los semejantes en los diferentes contextos, tanto, personal, profesional y colectivo, razón por la cual el hombre analiza continuamente y sistémicamente el actuar eficaz y eficiente en los escenarios, así mismo, considerando el efecto directo e indirecto de sus actos en los demás individuos, siendo esto relevante en la dinámica de la construcción social.

¹⁴⁹ Derivado del proyecto de investigación: Competencias del mercado laboral en las empresas de Bucaramanga y su área metropolitana

¹⁵⁰ Ingeniero Industrial, Universidad Santo Tomás, Doctor en Ciencias de la Educación, Universidad Cuauhtémoc, Líder del Grupo de Investigación SOLYDO, Unidades Tecnológicas de Santander

ABSTRACT

The purpose of Higher Education Institutions is the integral development of students according to the academic programs, being Industrial Engineering the object of study of the present research, considering the teaching and improvement of knowledge, skills and attitudes, such as emotional intelligence, contemplating the cohesion with the social environment, that is why the study sought to analyze the construct of the students, contemplating the TMMS - 24 instrument as a guiding axis. The method was framed in a descriptive, quantitative, cross-sectional and non-experimental study in 200 senior students, using two Likert-scale questionnaires as data collection instruments, with a Cronbach's alpha of 0.95, respectively, analyzing descriptive statistics and statistical tests such as Mann Whitney U and Kolmogorov - Smirnov. The specific results regarding emotional intelligence allow us to identify that the dimension of regulation is more developed by the students of both universities, this being possible a priori due to the continuous interaction of human beings with their peers in different contexts, both personal, professional and collective, reason why man continuously and systemically analyzes the effective and efficient acting in the scenarios, also considering the direct and indirect effect of their actions on other individuals, this being relevant in the dynamics of social construction.

PALABRAS CLAVE: Educación, Estudiantes, Inteligencia emocional.

Keywords: Education, Emotional Intelligence, Students

INTRODUCCIÓN

Durante el transcurso de los años, las Instituciones de Educación Superior han tenido la misión de formar integralmente a los estudiantes de las diferentes disciplinas, tanto a nivel técnico, tecnológico, profesional y posgradual, por consiguiente, se infiere que las prácticas educativas a nivel microcurricular y macrocurricular deben contemplar elementos afines al conocimiento, a las habilidades y a las actitudes, no obstante, diferentes estudios a nivel nacional e internacional precisan que existe una tendencia a la formación en saberes cognitivos, mitigando la importancia del ser humano objeto de formación, lo cual genera en gran medida afectaciones en la cohesión del egresado en el entorno empresarial.

En esta línea, hacen presencia la inteligencia emocional, la cual constituye un saber, no solo a nivel racional, sino a nivel emocional, siendo útil en gran medida para actuar con alto grado de eficacia, eficiencia y efectividad en los contextos sociales, considerando el desarrollo integral del hombre y el respeto y la tolerancia a la diferencia, así como, la validación de la existencia de la heterogeneidad y complementariedad de los seres humanos, puesto que la interacción social propende el logro de las metas y objetivos individuales y colectivos.

En el entorno investigativo específico en torno a la inteligencia emocional se debate ampliamente el surgimiento del vocablo, puesto que surgió en el año de 1990 por los autores Peter Salovey y John Mayer, sin embargo, gran cantidad de sujetos alrededor del mundo consideran al padre de dicha disciplina a Daniel Goleman, teniendo presente lo expuesto en el año 1995, a saber, la sociedad necesita contemplar la inteligencia humana más allá de los aspectos cognitivos, por consiguiente, se debe reconocer la influencia del mundo emocional y social para comprender las situaciones sociales (Extremera y Fernández-Berrocal, 2004), lo cual permite entrever la validez del constructo en la interpretación de contextos personales y profesionales.

Por lo expuesto al inicio del presente apartado, se precisa a la inteligencia emocional como destreza de distinguir, asimilar, comprender y regular las propias emociones y la de los otros fomentando un desarrollo emocional e intelectual, en otras palabras, se debe reconocer

el potencial propio y conjunto de las emociones, dado que los procesos de toma de decisiones de los seres humanos se ven ampliamente influenciados por el estado de ánimo previo y actual del sujeto, o en su defecto a responder el interrogante ¿Qué estoy sintiendo? (Mater y Salovey, 1997, como se citó en Extremera y Fernández-Berrocal, 2004).

De manera análoga, se manifiesta que la inteligencia no se puede considerar como alto unitario, puesto que es una capacidad para solucionar problemas con una amplia diferenciación, por tal motivo se podría inferir que los individuos requieren continuamente mejorar los procesos metodológicos acotados a la definición del accionar en los diferentes contextos, con el fin de propender exitosamente el éxito en los mismos, contemplando posturas éticas y beneficios individuales y colectivos (Stenberg, 1996, como se citó en Dueñas, 2002).

En este contexto, múltiples investigadores han establecido la necesidad de desarrollar la inteligencia emocional en los contextos laborales, escenario futuro de los estudiantes universitarios, dado que vinculan beneficios acotados a comprender a los demás y para relacionarse socialmente, así mismo, ventajas en el desarrollo de trabajos individuales o grupales (Bermúdez et al., 2003), en tal sentido, se podría inferir que dicha cualidad es imprescindible, puesto que el ser humano es un ente social, el cual no logra los objetivos y las metas particulares o profesionales articulando esfuerzos aisladamente, por el contrario, se apalanca en la heterogeneidad y complementariedad del entorno social, siendo esto semejante en las unidades empresariales de los diferentes entornos económicos.

En complemento a lo anteriormente dicho, se postula que la inteligencia emocional es necesaria en la dinámica económica actual (Rychen y Hersh Salganik, 2006, como se citó en Fragoso-Luzuriaga, 2015), posibilitando afirmar que la variable objeto de estudio en la presente investigación es un constructo vigente, considerando la alta complejidad y dinamismo de los diversos acontecimientos de la sociedad, por tal motivo, es necesario vincular dichos saberes en la formación de los estudiantes de las Instituciones de Educación Superior, así mismo, validar y constatar vínculos posibles con saberes complementarios.

En suma, se puede reconocer que la inteligencia emocional, no es un concepto

obsoleto en la época actual, debido a que se evidencia que los seres humanos son ampliamente influenciados por las emociones en los procesos de toma de decisiones, por consiguiente, se requiere un pleno conocimiento de las mismas en el plano individual y colectivo, con el propósito de vislumbrar la consecución de metas y objetivos, así mismo, denotando que el raciocinio no es el único insumo para definir el actuar en los contextos personales y profesionales.

En relación a los modelos o clasificaciones referentes a la inteligencia emocional han sido postulados por diversos autores, considerando en gran medida las posturas de la personalidad y la utilización del constructo en el aprendizaje (Trujillo y Rivas, 2005), permitiendo afirmar la amplia heterogeneidad en el estudio de los mismos y la alta utilización en la comprensión de aspectos inherentes al sujeto, en otras palabras, el estudio a profundidad del hombre en el marco de la comprensión del análisis y el actuar en circunstancias personales, profesionales y sociales.

En este contexto, se encuentran modelos denominados como mixtos, de habilidades y otros considerados complementarios, los primeros caracterizados por la presencia de cualidades de personalidad, tales como el control del impulso, la motivación, el manejo y la tolerancia al fracaso, el manejo de situaciones de tensión, la ansiedad, entre otros; los segundos enmarcados en el procesamiento de la información emocional; y finalmente, los terceros que integran los planteamientos referidos previamente y contemplan el sentido popular y divulgativo del saber (García-Fernández y Giménez-Mas, 2010).

En complemento a lo anteriormente dicho, es necesario puntualizar que al considerar las características de inteligencia emocional se puede afirmar que varía conforme a la edad, dado el comportamiento de estructuras neurológicas, las capacidades lingüísticas y la ejecución de funciones ejecutivas mediadas por la educación formal y no formal (Clemente y Adrián, 2004, como se citó en Castillo y Greco, 2014), por consiguiente, se puede afirmar que independientemente los modelos o las clasificaciones existentes se requieren estudios a profundidad por parte de los actores sociales involucrados en el marco de reconocer los atributos de la personalidad inherentes al comportamiento de la variable y la influencia de las mismas en el contexto social.

En esta línea, los modelos más representativos son los de Mayer y Salovey, Extremera y Fernández-Berrocal y Bar-On, posibilitando inferir la relevancia en el quehacer práctico de los procesos de enseñanza – aprendizaje de los diversos niveles de educación, particularmente, el superior, considerando la potencial utilización de dichos saberes en situaciones con grandes efectos directos e indirectos en el plano individual y colectivo, así mismo, brindando escenarios de mejora en la formación del educando del siglo XXI y vislumbrando la mejora en las acciones organizaciones.

En resumen, los modelos o las clasificaciones existentes afines a la inteligencia emocional se encuentran más claramente definidos y conceptualizadas en comparación a los semejantes de las habilidades blandas, no obstante, se visualiza una clara separación entre las dos vertientes más representativas, la impulsada por la personalidad del hombre y la referida al procesamiento de la información por parte de sujeto, en este punto, vale la pena señalar que el límite entre ambas es ampliamente finito, puesto que el individuo es uno solo, y actúa conforme a las características propias, mediado por el reconocimiento de estímulos propios y sociales. De igual manera, es pertinente clarificar que la fundamentación teórica más apropiada para la presente investigación es la señalada por Extremera y Fernández-Berrocal (2004), teniendo presente la utilización en escenario previos.

MATERIAL Y MÉTODOS

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo, no experimental y transversal, puesto que tuvo como objeto probar hipótesis con base a la medición numérica, así mismo, la descripción particular de la variable objeto de estudio, a saber, inteligencia emocional, sin contemplar la manipulación de los constructos, y acotados a un instante específico de tiempo, lo cual permite acoplar la intención del investigador frente al objeto de investigación especificado (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018).

En este contexto, se puntualiza que el cuestionario utilizado para la descripción de la inteligencia emocional es el TMMS -24, específicamente la versión adaptada de Espinoza Venegas et al., (2015), el cual se basa en el modelo de Extremera y Fernández-Berrocal,

considerando 24 ítems inherentes a 3 dimensiones, con un alfa de Cronbach del 0.95, permitiendo afirmar la cohesión con el estudio. De igual manera, se precisa el uso de la escala Likert de 5 niveles y la indagación sobre aspectos sociodemográficos, tales como, contexto universitario, género, edad y estado civil.

La población objeto de estudio fue de 395 estudiantes, y se aplicó un muestreo intencional, contemplando lo expuesto por Otzen y Manterola (2017), los cuales indican que posibilita seleccionar casos característicos de una población, considerando que las personas acuden por su disposición natural al estudio hasta alcanzar el número establecido por el investigador (Hernández y Carpio, 2019), siendo de 200 participantes para la presente investigación.

RESULTADOS

Los resultados referentes a la variable objeto de estudio, a saber, inteligencia emocional se enmarcan en tres dimensiones, a saber, percepción, comprensión y regulación, cada una de ellas con ocho reactivos inherentes a la investigación. En este contexto, la primera dimensión analiza la atención a los sentimientos, la preocupación por cómo se siente el individuo, el pensar en las emociones y la indagación sobre la representatividad de los pensamientos en torno a las emociones y el estado de ánimo, tal como se expone en la Tabla 1.

El primer ítem mencionado es relevante para el ser humano, puesto en el plano social se precisa que los sentimientos se consideran inasibles, irracionales y perturbadores, lo cual afecta el pensamiento objetivo, siendo este tópico bastante favorable y homogéneo en lo concerniente a la mediana, la asimetría estadística y la moda en ambos grupos. por su parte, el pensar en las emociones relaciona una mediana de cuatro, sin embargo, la moda en las universidades es de tres, validando la afirmación realizada en torno a que la cultura ha restado valor a las emociones y sobrevalorado la razón. Finalmente, se destaca que las emociones son modificaciones súbitas y ágiles enmarcada al estado de ánimo, por medio de ideas, recuerdos o situaciones, por consiguiente, se infiere la necesidad de “prestar atención”, siendo estos en alto grado homogéneos en los dos tipos de Instituciones con una ligera favorabilidad a la

tipología privada, tal como se refleja en la Tabla 1.

Tabla 1.

Comportamiento estadístico: Percepción, Reactivos 1 – 4

Indicador estadístico	Contexto Universitario	Reactivo			
		los sentimientos	por lo que siento	las emociones	en mis emociones y ánimo
	Atención a	Preocupación	Dedica a pensar en	Merece la pena pensar	
Mediana	Privado 4 4 3 4	Público 4 4 3 4			
Asimetría	Privado -0,7 -0,5 -0,2 -0,8	Público -0,7 -0,6 -0,4 -0,7			
Moda	Privado 4 5 3 5	Público 5 5 3 5			
Desviación estándar	1,1 1,06 1,14				
	Privado 0,97 1,01 1,23 1,09	Público 1,08			

Nota: La tabla expone la mediana, la asimetría, la moda y la desviación estándar de los reactivos asociados a la atención a los sentimientos, la preocupación por lo que siento, la dedicación a pensar en las emociones y la relevancia de pensar en emociones y ánimo

Por su parte, la Tabla 2 representa los resultados en torno a los reactivos “Dejo que mis pensamientos afecten mis pensamientos”, “Pienso en mi estado de ánimo constantemente”, “A menudo pienso en mis sentimientos” y “Presto mucha atención a cómo me siento”, en tal sentido, el primer aspecto se comporta de manera similar en las dos universidades, contemplando una leve superioridad en el contexto público, en este punto, es preciso señalar que los sentimientos provienen del procesamiento de imágenes, externas o de la memoria, que causan respuestas emocionales en el cuerpo.

En relación a los tópicos acotados al estado de ánimo, los resultados indican que los educandos de la universidad privada piensan más en el constructo, considerando que aquellos carecen de objeto al cual referirse y la baja intencionalidad, así mismo, se precisa que los sentimientos se vinculan con la facultad de desear, ya sea los apetitos propios, la voluntad o la autoestima, por lo tanto, es racional pensar en los mismos, tal como se evidencia en el

comportamiento de la mediana, la asimetría y la moda de los alumnos objeto de estudio, lo cual se evidencia en la Tabla 2.

Tabla 2.

Comportamiento estadístico: Percepción, Reactivos 5 - 8

Contexto	Reactivo			
	Dejo que mis sentimientos afecten mis pensamientos	Pienso en mi estado de ánimo constantemente	A menudo pienso en mis sentimientos	Presto mucha atención a como me siento
Universitario				
Privado	3 4 3 4	Público 3 3 3 4	Privado 0 -0,2 -0,2 -0,2	Público 0 -0,1 -0,2 -0,4
Privado 3 y 4	4 4 4 5			
Público	4 4 3 4	Privado 1,34 1,36 1,28 1,19	Público 1,3 1,22 1,22 1,07	

Nota: La tabla expone la mediana, la asimetría, la moda y la desviación estándar de los reactivos asociados a la afectación de los sentimientos en las emociones, los estados de ánimo, los sentimientos y la atención a como se siente el sujeto

La segunda dimensión, comprensión, evalúa reactivos acotados a “Tengo claro mis sentimientos”, “Frecuentemente puedo definir mis sentimientos”, “Casi siempre se cómo me siento” y “Conozco mis sentimientos sobre las personas”, tal como se expone en la Tabla 3, permitiendo afirmar que los alumnos de la universidad privada reflejan superiores puntuaciones que los de la universidad pública en el primer tópico, considerando el comportamiento de la mediana y la moda de cinco, siendo esto enmarcado en que los sentimientos expresan las tendencias de un sujeto al observar el mundo desde un escenario afectivo particular.

En esta línea, se menciona que el manejo emocional sucede cuando existe una discrepancia entre los sentimientos propios y las normas del sentir, por lo tanto, la definición de los sentimientos es un factor crucial en el desarrollo humano, en tal sentido, los resultados de la investigación sugieren cierta paridad en las dos poblaciones, no obstante, en el criterio de la moda se observan factores más favorables en los educandos de la universidad privada; por su parte, en el entorno social, se evidencia que las emociones ayudan a comprender las

motivaciones y acciones de los sujetos, por consiguiente, se infiere que los alumnos de la universidad privada tienen fortalezas en lo referido previamente, contemplando lo expuesto en la Tabla 3.

Tabla 1.

Comportamiento estadístico: Comprensión, Reactivos 1 - 4

		Reactivo																	
Contexto	sentimientos				mis		siempre sé				sentimientos								
Universitario	Frecuentemente				sentimientos		cómo me siento				sobre las								
Tengo claro	mis				Casi		Conozco mis				personas								
Privado	5	4	4	5	Público	4	4	4	4	Privado	-1,4	-1	-1,1	-1,1	Público	-1,1	-0,6	-0,5	-
0,8	Privado	5	5	5	5	Público	5	5	4	4	Privado	0,8	0,83	0,88	0,86	Público	0,92		
0,94																			
0,86																			
0,97																			

Nota: La tabla expone la mediana, la asimetría, la moda y la desviación estándar de los reactivos asociados a la claridad de los sentimientos, la definición de los sentimientos, el reconocimiento de los sentimientos y el análisis de los sentimientos del semejante

En complemento a lo presentado hasta el momento se encuentra la Tabla 4, la cual se refiere a reactivos inherentes a la dimensión comprensión, en tal sentido, se infiere que los sentimientos son las emociones reales surgidas al estar implicado en algo, en otros términos, el ser humano explora sentimientos continuamente en los diversos contextos sociales, tal concepto es visible con alta homogeneidad en los alumnos de ambas instituciones, sin embargo, existe una ligera ventaja en la institución privada.

Por otro lado, es preciso señalar que los sujetos con un pleno autoconocimiento y manejo emocional son en alto grado personas auténticas y sinceras, lo cual permite inferir la relevancia en el plano individual y colectivo, al respecto los resultados son similares a los del ítem presentado en el párrafo anterior, finalmente, se denota que las emociones tienen un rol relevante en la estructuración de nuestras vivencias del mundo, mientras que los sentimientos son únicamente impresiones de estados físico-corporales internos, tal

concepción es ampliamente homogénea entre los educandos de ambas tipologías de universidades, lo cual se presenta en la Tabla 4.

Tabla 2.

Comportamiento estadístico: Comprensión, Reactivos 5 – 8

Contexto	Reactivo			
	de mis sentimientos diferentes situaciones	Siempre en puedo decir cómo me siento A veces puedo	decir cuáles mis emociones	son comprender mis sentimientos
Universitario				
Me doy cuenta			Puedo llegar a	
Privado	4 5 4 4	Público 4 4 4 4	Privado -0,9 -0,9 -0,8 -0,7	Público -0,6 -0,4 -
	0,4 -0,8	Privado 5 5 5 5	Público 4 4 4 4	Privado 0,81 1,07 1,07 0,8
	0,92 1,06 1,08 0,93			Público

Nota: La tabla expone la mediana, la asimetría, la moda y la desviación estándar de los reactivos asociados a los sentimientos en diferentes situaciones, la exposición de los sentimientos, la definición de las emociones y la comprensión de los sentimientos.

Finalmente, en lo concerniente a la dimensión denominada regulación se analizan aspectos tales como “aunque me sienta triste tengo visión optimista”, “aunque me sienta mal procuro pensar en cosas agradables”, “cuando estoy muy triste pienso en los placeres de la vida” e “intento pensar positivamente, aunque me sienta mal”, tal como se expone en la Tabla 5, en tal sentido, en torno al primer ítem, el optimismo puede ser definido como la tendencia del sujeto a ser motivado por la facilidad de unos determinados resultados, siendo este vinculable a buena salud psicológica y física, al respecto, los resultados presentan mejor comportamiento en los educandos del contexto universitario privado, tanto en la mediana como en la moda.

Por su parte, a nivel educativo se reconoce que las Instituciones deben educar para asumir pensamientos, actitudes y conductas optimistas y responsables, evidenciando mejores puntuaciones en los alumnos de la universidad privada en comparación que la universidad

pública, así mismo, es el comportamiento del reactivo inherente a pensar positivamente, aunque me sienta mal, siendo el pensamiento positivo un factor importante para la felicidad de los seres humanos, siendo esto referido en la Tabla 5.

Tabla 3.

Comportamiento estadístico: Regulación, Reactivos 1 – 4

Reactivo				
Contexto Universitario	optimista Aunque me sienta mal procuro pensar en cosas	agradables	Cuando estoy muy triste pienso en los placeres de la vida	Intento pensar positivamente, aunque me sienta mal
Privado 5 5 4 5	Público 4 4 4 4	Privado -1,6 -1,3 -0,9 -1,1	Público -1 -0,9 -0,5 -0,9	Privado 5 5 5 5
Público 5 5 5 5	Privado 0,8 0,83 1,13 0,71	Público 1,1 1 1,17 0,97		

Nota: La tabla expone la mediana, la asimetría, la moda y la desviación estándar de los reactivos asociados al efecto de la tristeza en la visión optimista, el pensamiento en cosas agradables, la no afectación de la tristeza en elementos positivos de la vida y el pensamiento positivo.

En cuanto a lo objeto de exposición en la Tabla 6, se puede afirmar que el primer ítem tiene cierto grado de relación con la serenidad, la cual es considerada como una emoción positiva que se puede cultivar al pasar del tiempo, la cual ayuda a reducir los niveles de estrés percibido y a mejorar la salud, en otros términos, un estado de armonía física, mental, espiritual y emocional que se evidencia cuando una condición contraproducente y desfavorable en la vida puede ser aceptada y manejada, tal constructo se comporta de manera similar en los participantes estudiados de los dos tipos de instituciones, mediana en el cuarto nivel, asimetría negativa y moda en el quinto nivel con una aceptación promedio del 34%.

Por otro lado, se señala que la felicidad no solo se enmarca en el bienestar afectivo de un sujeto en un determinado contexto, sino que también contempla una serie de valores, tal elemento se comporta parcialmente semejante en los educandos objeto de estudio, sin embargo, se valida que la moda en la universidad privada se encuentra en el quinto nivel con una aceptación superior al 70%, así mismo, es el comportamiento el ítem orientado al intento de cambiar el ánimo, entendido como la capacidad de sentirse bien con uno mismo, y las personas externas y de experimentar sentimientos favorables, no obstante, la aceptación es cercana al 50% en el quinto nivel, tal como se expone en la Tabla 6.

Tabla 4.

Comportamiento estadístico: Regulación, Reactivos 5 – 8

		Reactivo									
Contexto	Universitario	vueltas a las cosas trato de calmarme		por tener buen estado de ánimo		energía cuando me siento feliz		enfadado intento cambiar mi ánimo			
		Me preocupo		Tengo mucha		Cuando estoy					
		Privado 4	5 5 4	Público 4	4 5 4	Privado -0,7	-1 -1,8 -1,1	Público -0,3	-0,9 -1,3 -		
		0,9	Privado 5	5 5 5	Público 5	5 5 5	Privado 1,17	0,81 0,55	0,99		
			Público 1,04	0,92 0,73	1						
Nota: La tabla expone la mediana, la asimetría, la moda y la desviación estándar de los reactivos asociados a la calma del individuo, el estado de ánimo, la energía y el enojo.											

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En relación con el análisis estadístico acotado a la variable inteligencia emocional, las hipótesis fueron:

H0: Las diferencias de la inteligencia emocional de los estudiantes de Ingeniería Industrial no son significativas entre las dos universidades objeto de estudio.

H1: Las diferencias de la inteligencia emocional de los estudiantes de Ingeniería Industrial son significativas entre las dos universidades objeto de estudio.

Los resultados permiten afirmar que la hipótesis nula se acepta en las dimensiones de percepción y regulación, sin embargo, se rechaza en la referente a la comprensión, considerando el p – valor de la prueba estadística, a saber, 0,873, 0,077 y 0,004, respectivamente. En esta línea, los hallazgos son semejantes a los establecidos en investigaciones previas tales como las desarrolladas por Mujica-Johnson y Jiménez (2019), Palacios y Cañari (2021) y Santoya et al., (2018), teniendo en cuenta el alto autoconocimiento emocional de los universitarios, la existencia de emociones positivas y negativas claramente percibidas por los sujetos y el alto nivel de inteligencia emocional, en otros términos, los alumnos han mejorado características inherentes a la autoevaluación y al ajuste del comportamiento y la postura en entornos sociales, lo cual es ampliamente positivo, puesto que ningún sujeto alcanzará la perfección absoluta y siempre necesitará del semejante, ya sea en menor o mayor grado (Boxó et al., 2013; Simkin y Pérez-Marín, 2018).

De manera contraria, investigadores precisan que la regulación de las emociones es el grupo de competencias más complicado, teniendo en cuenta la interacción con el entorno social (Jadue, 2002, como se citó en López y Gaeta, 2013), así mismo, lo precisado por Okwuduba et al., (2021), el cual indica que los procesos académicos tienen afectación en la

inteligencia emocional del educando, en tal sentido, se podría inferir que el hombre puede llegar a tener un pleno control emocional en las situaciones ampliamente conocidas, no obstante, los escenarios sociales son en gran medida dinámicos, por lo tanto, puede no responder correctamente en algún determinado momento de la vida, en adición, se precisa que las Universidades requieren insertar tales tópicos en el currículo, puesto que se encuentran vinculadas características del desempeño laboral del egresado (Del Pino y Aguilar, 2013).

En complemento a lo anteriormente dicho, Del Rosal et al., (2017) puntualiza que el constructo objeto de análisis difiere según el grado de avance del programa académico, y González et al., (2018) reconocen la alta necesidad de formación en temáticas inherentes a la inteligencia emocional en estudiantes universitarios, por consiguiente, se infiere que se requiere la aplicación de momentos de evaluación de la inteligencia emocional durante la carrera profesional en el marco visualizar el perfeccionamiento del constructo a medida del avance del plan de estudios y considerando la potencial aplicación de los saberes en los entornos sociales.

En conclusión, las características sociodemográficas de la población objeto de estudio permiten inferir que en alto grado los alumnos de último año del programa de Ingeniería Industrial en la ciudad de Bucaramanga (Colombia) son mujeres, tal aspecto, podrá ser utilizado para procesos de mercadeo de programas de posgrado y estudios de pertinencia en el marco de la empleabilidad de los sujetos en los múltiples sectores económicos, siendo estos elementos importantes en el quehacer estratégico, táctico y operativo en las Instituciones de Educación Superior.

En cuanto a la edad promedio de los estudiantes de último año del programa de Ingeniería Industrial en los contextos educativos objeto de estudio, se evidencia que difiere en el entorno privado y público, puesto que en el primero es de 21 o 22 años y en el segundo de 21 o 25 años, siendo estos tópicos relevantes en temáticas afines al mercado laboral, específicamente en el perfil profesional, por su parte, se destaca que la mayoría de los educandos en dicho momento de vida en alto grado no tienen establecido un vínculo de unión libre o se encuentran casados.

Los resultados específicos en torno a la inteligencia emocional permiten identificar que la dimensión de regulación se encuentra en mayor medida desarrollada por los educandos de ambas universidades, siendo esto posible a priori por la continua interacción del ser humano con los semejantes en los diferentes contextos, tanto, personal, profesional y colectivo, razón por la cual el hombre analiza continuamente y sistémicamente el actuar eficaz y eficiente en los escenarios, así mismo, considerando el efecto directo e indirecto de sus actos en los demás individuos.

Agregando a lo anterior, se reconoce que las dimensiones de la comprensión y la regulación tienen mejores puntuaciones en el contexto universitario privado en comparación del público, por consiguiente, se avizoran escenarios de investigación acotados a examinar al detalle el efecto generado de las prácticas aplicadas en los procesos formativos, tanto a nivel macrocurricular como microcurricular en tales tópicos, considerando la importancia de las emociones en el perfil del egresado de las Instituciones de Educación Superior, en contraste, el comportamiento de la dimensión percepción es semejante, razón por la cual se infiere que tal aspecto tiene características introspectivas propias de la personalidad del alumno.

De igual manera, la hipótesis acotada a la comparación de grupos posibilita afirmar que las diferencias existentes en las dimensiones percepción y regulación no son significativos, en otros términos, que el comportamiento en tales tópicos tiende a ser homogéneo en ambas tipologías de Instituciones de Educación Superior, por consiguiente, se recalca la amplia posibilidad de generar proyectos a nivel macro en torno al perfeccionamiento de dichas características, contemplando la relevancia en la formación del alumno.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bermúdez, M., Teva, I., y Sánchez, A. (2003). Análisis de la relación entre inteligencia emocional, estabilidad emocional y bienestar psicológico. *Universitas Psychologica*, 2(1), pp. 27–32.
- Boxó, J., Aragón, J., Ruiz, L., Benito, O., y Rubio, M. Á. (2013). Teoría del reconocimiento: aportaciones a la psicoterapia. *Revista de La Asociación Española de Neuropsiquiatría*, 33(117), pp. 67–79.
- Castillo, K., y Greco, C. (2014). Inteligencia emocional: un estudio exploratorio en escolares argentinos de contextos rurales. *Revista de Psicología*, 23(2), pp. 116–132.
- Del Pino, R., y Aguilar, M. (2013). La inteligencia emocional como una herramienta de la gestión educativa para el liderazgo estudiantil. *Cuadernos de Administración*, 29(50), 50. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=225029797003>
- Del Rosal, I., Dávila, M., Sánchez, S., y Bermejo, M. (2017). La inteligencia emocional en estudiantes universitarios: Diferencias entre el grado de maestro en educación primaria y los grados en ciencias. *International Journal of Developmental and Educational Psychology*. *Revista INFAD de Psicología*, 1(1), 115. <https://doi.org/10.17060/ijodaep.2017.n1.v1.904>
- Dueñas, M. (2002). Importancia de la inteligencia emocional: un nuevo reto para la orientación educativa. *Educación XXI*, 5, pp. 77–96.
- Espinoza-Venegas, M., Sanhueza-Alvarado, O., Ramírez-Elizondo, N., y Sáez Carrillo, K. (2015). Validación de constructo y confiabilidad de la escala de inteligencia emocional en estudiantes de enfermería. *Revista Latinoamericana de Enfermería*, 23(1), pp. 139–147.
- Extremera, N., y Fernández-Berrocal, P. (2004). El papel de la inteligencia emocional en el alumnado: evidencias empíricas. *Revista Electrónica De Investigación Educativa*, 6 (2), pp. 1-17.
- Fragoso-Luzuriaga, R. (2015). Inteligencia y competencias emocionales en educación superior, ¿un mismo concepto? *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 6(16), pp. 110–125.
- García-Fernández, M., y Giménez-Mas, S. (2010). La inteligencia emocional y sus

principales modelos: propuesta de un modelo integrador. *Espiral Cuadernos Del Profesorado*, 3(6), pp. 43-52.

González, R., Souto-Gestal, A., y Fernández, R. (2018). Perfiles de regulación emocional y estrés académico en estudiantes de fisioterapia. *European Journal of Education and Psychology*, 10(2), pp. 57-67.

Hernández, C. y Carpio, N. (2019). Introducción a los tipos de muestreo. *Revista Alerta*. 2(1). pp. 75-79.

Hernández-Sampieri, R. y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. México: McGraw Hill.

López, C., y Gaeta, M. (2013). Competencias emocionales en estudiantes universitarios: adaptación de dos escalas al contexto mexicano.
<https://www.comie.org.mx/congreso/memoriaelectronica/v12/doc/0600.pdf>

Mujica-Johnson, F., y Jiménez, A. (2019). Percepción emocional en la asignatura de baloncesto de estudiantes del grado en ciencias del deporte: Estudio piloto. *Cuadernos de Psicología Del Deporte*, 19(2), pp. 160–174.

Okwuduba, E., Nwosu, K., Okigbo, E., Samuel, N., y Achugbu, C. (2021). Impact of intrapersonal and interpersonal emotional intelligence and self-directed learning on academic performance among pre-university science students. *Heliyon*, 7(3).

Otzen, T., y Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), pp. 227–232.

Palacios, M., y Cañari, M. (2021). Comprensión de textos y estilos de aprendizaje en los estudiantes universitarios de Huancayo. *Horizonte de La Ciencia*, 11(21), pp. 267–282. Santoya, Y., Garcés, M., y Tezón, M. (2018). Las emociones en la vida universitaria: análisis de la relación entre autoconocimiento y autorregulación emocionales en adolescentes y jóvenes universitarios. *Psicogente*, 21(40), 422–439.
<https://doi.org/10.17081/psico.21.40.3081>

Simkin, H., y Pérez-Marín, M. (2018). Personalidad y autoestima: Un análisis sobre el importante papel de sus relaciones. *Terapia Psicológica*, 36(1), pp. 19–25.

Trujillo, M., y Rivas, L. (2005). Orígenes, evolución y modelos de inteligencia emocional. *Innovar*, 15(25), pp. 9–24.

CAPÍTULO 15

DETERMINACIÓN DE TÉCNICAS DE APRENDIZAJE SUPERVISADO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES MEDIANTE ALGORITMOS DE CLASIFICACIÓN¹⁵¹

DETERMINATION OF SUPERVISED LEARNING TECHNIQUES FOR THE OPTIMIZATION OF INDUSTRIAL PROCESSES USING CLASSIFICATION ALGORITHMS

Nicole Stephannie García Ardila ¹⁵²

Alex Giancarlo Figueroa Torres¹⁵³

Victor Alfonso Sanabria Ruiz¹⁵⁴

Anny Vanessa Zambrano Luna¹⁵⁵

Pares evaluadores: Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad –
REDIEES.¹⁵⁶

¹⁵¹ Derivado del proyecto de investigación: Transferencia de conocimiento para el mejoramiento de procesos productivos, industria 4.0 y sostenibilidad ambiental con energías renovables en empresas de Santander.

¹⁵² Estudiante Ingeniería Industrial, Unidades Tecnológicas de Santander, Ocupación (Estudiante), Unidades Tecnológicas de Santander

¹⁵³ Estudiante Ingeniería Industrial, Unidades Tecnológicas de Santander, Ocupación (Estudiante), Unidades Tecnológicas de Santander,

¹⁵⁴ Ingeniería Industrial, Universidad Industrial de Santander, Magister en Ingeniería Industrial, Universidad Industrial de Santander, Ocupación (docente), Unidades Tecnológicas de Santander

¹⁵⁵ Ingeniería de Petróleos, Universidad Industrial de Santander, Magister en Ingeniería de Hidrocarburos, Universidad Industrial de Santander, Ocupación (docente), Unidades Tecnológicas de Santander,

¹⁵⁶ Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES. www.rediees.org

DETERMINACIÓN DE TÉCNICAS DE APRENDIZAJE SUPERVISADO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES MEDIANTE ALGORITMOS DE CLASIFICACIÓN¹⁵⁷

Nicole García¹⁵⁸, Alex Figueroa¹⁵⁹, Víctor Sanabria¹⁶⁰, Anny Zambrano¹⁶¹

RESUMEN

El presente trabajo analiza la aplicación de técnicas de aprendizaje supervisado, específicamente la regresión lineal y el algoritmo K-Nearest Neighbors (KNN), para optimizar la gestión industrial en términos de demanda, niveles de inventario y tiempo de producción. Se seleccionaron tres modelos de regresión lineal, y el más eficiente fue el que relaciona demanda con niveles de inventario, alcanzando un R-cuadrado de 0.8566, lo que indica un ajuste muy adecuado. En contraste, los modelos que incluyeron tiempo de producción mostraron bajos niveles de significancia estadística y poder predictivo, con R-cuadrados extremadamente bajos.

Además, se implementó el algoritmo KNN, donde los datos se dividieron en un 70% para entrenamiento y un 30% para prueba. Los resultados mostraron una precisión del 70.83% y un AUC de 0.87, destacando la capacidad del modelo para clasificar correctamente los niveles de inventario y predecir su comportamiento en relación con la demanda.

También se abordó el uso del software Restudio como parte de un enfoque sistemático de revisión y actualización de habilidades y conocimientos, lo que facilita la adaptación a nuevas metodologías y herramientas tecnológicas en la industria mejorando la efectividad en la toma de decisiones basada en datos. En conclusión, tanto la regresión lineal como el modelo KNN

¹⁵⁷ Derivado del proyecto de investigación: Transferencia de conocimiento para el mejoramiento de procesos productivos, industria 4.0 y sostenibilidad ambiental con energías renovables en empresas de Santander.

¹⁵⁸ Estudiante Ingeniería Industrial, Unidades Tecnológicas de Santander, Ocupación (Estudiante), Unidades Tecnológicas de Santander,

¹⁵⁹ Estudiante Ingeniería Industrial, Unidades Tecnológicas de Santander, Ocupación (Estudiante), Unidades Tecnológicas de Santander,

¹⁶⁰ Ingeniería Industrial, Universidad Industrial de Santander, Magister en Ingeniería Industrial, Universidad Industrial de Santander, Ocupación (docente), Unidades Tecnológicas de Santander,

¹⁶¹ Ingeniería de Petróleos, Universidad Industrial de Santander, Magister en Ingeniería de Hidrocarburos, Universidad Industrial de Santander, Ocupación (docente), Unidades Tecnológicas de Santander,

demonstraron ser útiles en la toma de decisiones basada en datos, optimizando la eficiencia y precisión en procesos industriales clave.

ABSTRACT

The following research text the application of supervised learning techniques, specifically linear regression and the K-Nearest Neighbors (KNN) algorithm, to optimize industrial management in terms of demand, inventory levels and production time. Three linear regression models were selected, and the most efficient was the one relating demand to inventory levels, achieving an R-squared of 0.8566, indicating a very good fit. In contrast, the models that included production time showed low levels of statistical significance and predictive power, with extremely low R-squared.

In addition, the KNN algorithm was implemented, where the data was split 70% for training and 30% for testing. The results showed an accuracy of 70.83% and an AUC of 0.87, highlighting the model's ability to correctly classify inventory levels and predict their behavior in relation to demand.

The use of Rstudio software was also addressed as part of a systematic approach to review and update skills and knowledge, which facilitates the adaptation to new methodologies and technological tools in the industry, improving the effectiveness of data-driven decision making. In conclusion, both linear regression and the KNN model proved to be useful in data-driven decision making, optimizing efficiency and accuracy in key industrial processes.

PALABRAS CLAVE: Algoritmos de predicción y clasificación, Aprendizaje supervisado en cadena de producción, Deep learning, Machine learning.

Keywords: Prediction and classification algorithms, Supervised learning in production chain, Deep learning, Machine learning.

INTRODUCCIÓN

En la era de la Industria 4.0 y con la aproximación hacia la Industria 5.0, la mejora y optimización de los procesos industriales se ha convertido en una prioridad global para aumentar la eficiencia, reducir costos y mejorar la competitividad. Una de las herramientas más prometedoras en este contexto es el aprendizaje supervisado, una técnica de inteligencia artificial que utiliza algoritmos de clasificación para analizar grandes volúmenes de datos y tomar decisiones en los procesos de producción (Bécue, Praça, & Gama, 2021). A nivel internacional, la implementación de estas técnicas ha demostrado ser altamente efectiva, proporcionando beneficios significativos como la mejora de la calidad del producto, la reducción de los tiempos de inactividad y la minimización de errores humanos (Zeki Murat, Nuhu, & Qasim, 2020).

Según Ramírez et al. (2022), los algoritmos de clasificación permiten a las empresas identificar patrones y tendencias en los datos de producción, facilitando la detección temprana de problemas y la implementación de soluciones proactivas. En el ámbito de la manufactura, estos algoritmos pueden predecir fallos en la maquinaria antes de que ocurran, lo que posibilita el mantenimiento predictivo y evita costosas interrupciones. En el sector logístico, pueden optimizar las rutas de distribución, lo que reduce costos y mejora el servicio al cliente. La precisión y adaptabilidad de estos algoritmos los convierte en herramientas esenciales para la modernización y la mejora continua de los procesos industriales (Shafiq, Thakre, & Kumar, 2023).

En Colombia, la adopción de metodologías relacionadas con el aprendizaje supervisado para la optimización de procesos industriales está en una etapa de crecimiento, lo que demuestra un importante potencial de implementación. La industria colombiana, al igual que sus homólogos internacionales, enfrenta desafíos como la necesidad de aumentar la productividad y reducir los costos operativos (Huertas Mora, 2020). La implementación de algoritmos de clasificación puede ofrecer soluciones a estos retos, proporcionando una ventaja competitiva en el mercado global. Además, la capacidad de estos algoritmos para adaptarse a diferentes contextos y sectores hace que su aplicación sea versátil y relevante en

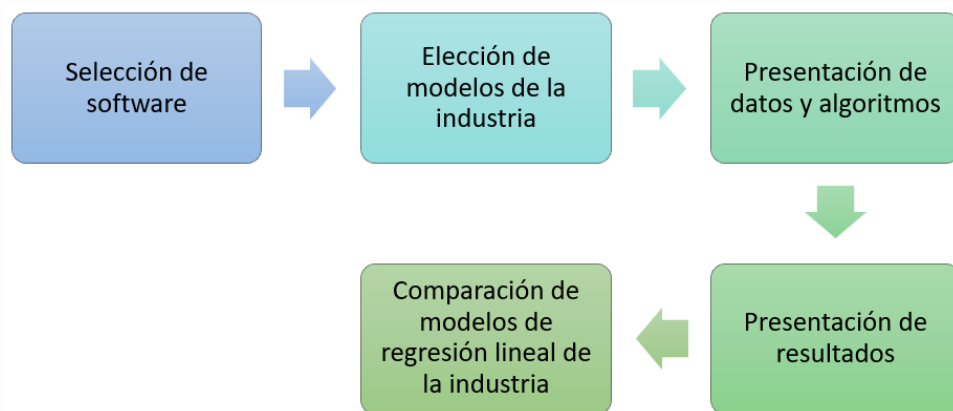
diversas industrias del país, desde la manufactura hasta la agroindustria (Vesga Acevedo, 2020).

Con base en lo expuesto, la investigación tiene como objetivo determinar las técnicas de aprendizaje supervisado para la optimización de procesos industriales mediante el uso de algoritmos de clasificación. Como parte del diseño metodológico, se realizó una revisión documental de las aplicaciones de estas técnicas a través de la literatura disponible, incluyendo documentos, artículos y publicaciones que presentan casos nacionales e internacionales relevantes en la industria. Además, se llevó a cabo una comparación de diferentes algoritmos y se interpretaron los modelos empleados en procesos de inventario, utilizando técnicas de entrenamiento y validación de los algoritmos identificados.

MATERIAL Y MÉTODOS

De acuerdo con la figura 1, en el desarrollo del estudio, uno de los primeros pasos consistió en la selección del software adecuado para trabajar los modelos de regresión lineal donde se muestra el proceso seguido para esta selección. Se evaluaron diferentes opciones de software en función de su capacidad para manejar grandes volúmenes de datos y su compatibilidad con los algoritmos requeridos.

Figura 1. Selección de Software para Regresión Lineal

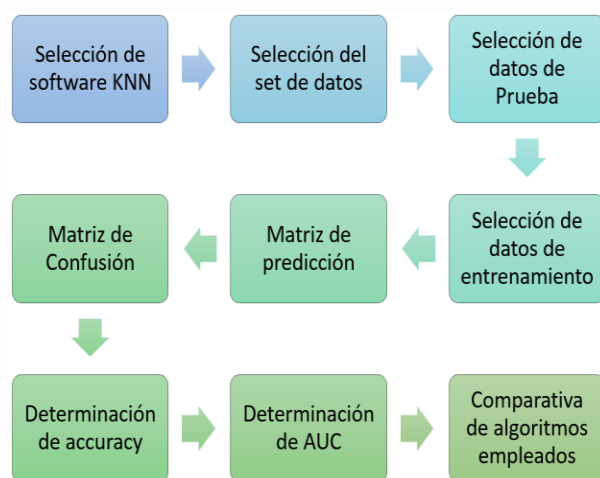


Fuente: Autores

Una vez seleccionado el software, se implementaron los modelos de regresión lineal correspondientes a las distintas etapas del proceso industrial. En esta fase, se identificaron y analizaron los aspectos clave de cada uno de los modelos empleados, junto con los datos y algoritmos necesarios para su ejecución.

Posteriormente, se procedió a presentar los resultados obtenidos de la implementación de los modelos. Finalmente, se realizó una comparación de los resultados generados por cada uno de los algoritmos de regresión lineal utilizados, evaluando su desempeño en términos de precisión y eficiencia.

Figura 2. Modelo K-Nearest Neighbors (KNN)



Fuente: Autores

En la segunda fase del estudio figura 2, se implementó el algoritmo K-Nearest Neighbors (KNN). Para ello, se seleccionó un conjunto de datos general, el cual fue dividido en dos grupos: datos de entrenamiento (70%) y datos de prueba (30%). Esta división permitió evaluar la capacidad predictiva del modelo.

Con los resultados de las pruebas, se construyó una matriz de predicción, que posteriormente fue utilizada para elaborar una matriz de confusión. Esto permitió determinar el nivel de precisión (accuracy) y el área bajo la curva (AUC) del modelo KNN.

Como paso final, se realizó una comparación entre los resultados obtenidos con el algoritmo de Regresión Lineal y el algoritmo KNN, con el objetivo de evaluar las diferencias en cuanto a precisión y capacidad predictiva.

Implementación del Software de Restudio

En un entorno industrial en constante evolución, el proceso de evaluación y mejora continua se ha vuelto una necesidad estratégica tanto para individuos como para organizaciones. En este estudio, se implementó un software de restudio, el cual proporciona un enfoque integral para la revisión y actualización de conocimientos y habilidades, facilitando el aprendizaje adaptativo en procesos industriales. El propósito fue analizar sus características clave, funcionalidades y los beneficios que aporta en la optimización de la formación y el rendimiento.

Características del Software de Restudio

El software de restudio utilizado en este proyecto destaca por su enfoque sistemático y adaptativo, diseñado específicamente para identificar y reforzar áreas de conocimiento que requieren revisión. Entre las principales características del software se encuentran:

- **Personalización del contenido:** Permite adaptar los módulos de aprendizaje a las necesidades individuales del usuario, enfocándose en áreas específicas que necesitan ser fortalecidas.
- **Integración de nuevas metodologías educativas:** Se incluyen métodos innovadores como el aprendizaje activo y el uso de estudios de caso, aplicados a entornos industriales.
- **Identificación de lagunas en el aprendizaje previo:** El software analiza el desempeño de los usuarios para detectar brechas en los conocimientos y sugerir mejoras.
- **Retroalimentación continua:** A través de evaluaciones periódicas, el software proporciona retroalimentación para garantizar que los objetivos de aprendizaje se cumplan de manera efectiva y sostenida.

Funcionalidad del Software de Restudio

La funcionalidad del software de restudio radica en su capacidad para ajustar el **proceso de aprendizaje** a las necesidades específicas del usuario. Durante este proyecto, el software fue utilizado para:

- **Revisión de materiales previamente aprendidos:** Los usuarios pudieron revisar conocimientos fundamentales de procesos industriales que se consideraban clave para la optimización de tareas.
- **Incorporación de nuevos conocimientos:** A medida que el software detectaba áreas que requerían fortalecimiento, se integraban contenidos adicionales adaptados al contexto de la industria 4.0 y 5.0.
- **Aplicación práctica:** Los usuarios trabajaron en ejercicios prácticos y estudios de caso industriales, lo que permitió una evaluación del aprendizaje en situaciones reales.

La implementación del software estuvo facilitada por herramientas digitales y plataformas educativas modernas, las cuales ofrecieron recursos **interactivos** y técnicas de evaluación que permitieron realizar un seguimiento detallado del progreso. Estas herramientas contribuyeron al desarrollo de habilidades críticas, permitiendo que los usuarios ajustaran continuamente su enfoque de estudio y aplicaran los conocimientos adquiridos de manera efectiva.

RESULTADOS

En esta sección se detallan específicamente cuales fueron los resultados obtenidos en la ejecución del trabajo de grado, documentando cada una de las pruebas y tabulando o graficando si es necesario, los datos obtenidos como respuesta a la solución de la problemática.

Comparación de los diferentes algoritmos de aprendizaje supervisado

Al tomar como base los trabajos previamente identificados a continuación se buscó realizar una comparación entre los diferentes algoritmos de aprendizaje supervisado, con el fin de evaluar su idoneidad para el modelado de los procesos industriales.

En términos generales en el trabajo de Nasteski se presentó una visión general de los métodos supervisados, describiendo sus fundamentos y aplicaciones. Otros estudios como Shafiq et al. (2023) aplican y comparan técnicas específicas en contextos prácticos, como el control de calidad y la evaluación de riesgos.

Al tomar en cuenta a Shafiq et al. (2023) ofrecieron comparaciones detalladas y cuantitativas de algoritmos específicos, evaluando su desempeño en tareas prácticas. Por otra parte, las investigaciones de Ramírez et al. (2023) y Richi et al. (2022) realizaron revisiones sistemáticas de la literatura, al proporcionar una evaluación cualitativa de los algoritmos y su aplicación en diversas áreas de la industria.

Identificación de Algoritmos de Aprendizaje Supervisado en la Industria

Para evaluar la idoneidad de diferentes algoritmos de aprendizaje supervisado en el modelado de procesos industriales, se deben considerar varios factores, como la precisión, la eficiencia, la capacidad de manejo de datos, la interpretabilidad y la robustez del modelo. A continuación, se presenta una comparación de algunos algoritmos comunes de aprendizaje supervisado, destacando sus características, ventajas y desventajas en el contexto de procesos industriales.

La Tabla 1 se presentan cada uno de los modelos de aprendizaje supervisado que han sido implementados en la industria.

Tabla 1. Principales Algoritmos de Aprendizaje Supervisado Implementados en la Industria

Nº	Algoritmo	Descripción	Autor
1	Regresión Lineal	Es una metodología de análisis predictivo que busca definir la relación entre una variable dependiente, que toma valores continuos, y una o más variables independientes. Esto se logra trazando una línea recta que mejor se ajuste a los datos disponibles. El criterio utilizado para determinar el mejor ajuste es la minimización de la suma de los cuadrados de las diferencias entre los valores observados en el conjunto de datos y los valores que el modelo predice. Aplicaciones: Predicción de demanda de productos. Estimación de tiempos de producción	(Nasteski, An overview of the supervised machine learning, 2017)
2	Árboles de Decisión	Es un algoritmo de aprendizaje automático basado en el método de conjunto, que construye múltiples árboles de decisión de manera aleatoria para mejorar la precisión y robustez de las predicciones. En este enfoque, cada árbol realiza una predicción individual y la clase final es determinada por un proceso de votación, donde la clase que reciba más votos es seleccionada como la predicción final del modelo. Aplicaciones: Clasificación de inventarios. Detección de anomalías en procesos de producción.	(Osisanwo, Akinsola, Awodale, O, & O., 2017)
3	Bosques Aleatorios (Random Forest)	Un bosque aleatorio es un algoritmo de aprendizaje conjunto que construye múltiples árboles de decisión de manera aleatoria y los combina para producir una predicción más precisa y robusta.	(Islam & Hassanzadeh, 2020)

		Cada árbol en el bosque vota por una clase y la clase con más votos es la predicción del modelo.	
4	Máquinas de Soporte Vectorial (SVM)	Las máquinas de soporte vectorial (SVM) son algoritmos de aprendizaje supervisado que se utilizan para clasificación y regresión. Funcionan encontrando el hiperplano que mejor separa las diferentes clases en el espacio de características, maximizando el margen entre las clases. Aplicaciones: Clasificación de niveles de inventario. Predicción de demanda.	(Figuerola Donayre, Guillén Guevara, & Flores, 2023)
5	Redes Neuronales Artificiales (ANN)	Las redes neuronales artificiales (ANN) son modelos de aprendizaje inspirados en la estructura y el funcionamiento del cerebro humano. Están formadas por capas de nodos (neuronas) interconectados, donde cada conexión tiene un peso ajustable. Las ANN son capaces de aprender y modelar relaciones complejas y no lineales a partir de los datos. Aplicaciones: Predicción de demanda de productos . Optimización de tiempos de producción.	(Kang, Catal, & Tekinerdogan, 2020)
6	Gradient Boosting Machines (GBM) y XGBoost	Gradient Boosting Machines (GBM) y su implementación optimizada XGBoost son métodos de aprendizaje conjunto que crean un modelo predictivo a partir de un conjunto de modelos base débiles, normalmente árboles de decisión. Cada modelo nuevo se ajusta para corregir los errores residuales de los modelos anteriores, mejorando así la precisión general. Aplicaciones: Predicción de demanda. Clasificación de inventarios.	(Islam & Hassanzadeh, 2020)
7	K-Nearest Neighbors (KNN)	El algoritmo K-Nearest Neighbors (KNN) es un método de clasificación y regresión basado en la similitud de las muestras. Para clasificar una nueva muestra, el algoritmo busca las K muestras de	(Cebekhulu, Onumanyi, & Sherrin, 2022)

		entrenamiento más cercanas en el espacio de características y asigna la clase más común (o promedio para regresión) de estos vecinos cercanos a la nueva muestra. Aplicaciones: Clasificación de inventarios. Predicción de demanda.	

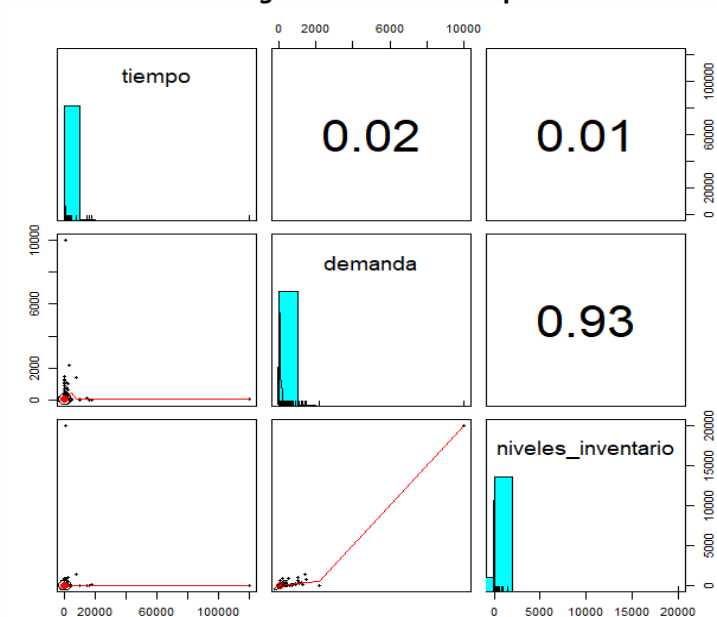
Fuente: Autores

Como se pudo determinar, las investigaciones realizadas presentan de forma concreta cada uno de los métodos que identifican a los algoritmos para aplicaciones en la industria. La elección e implementación de cada algoritmo dependerá de la finalidad y características del problema a resolver. En la 1 se presentan los algoritmos seleccionados de aprendizaje supervisado.

Regresión Lineal

Se empezó con la visualización de una relación entre las variables del conjunto de datos. se creó una matriz de dispersión figura 3, la cual lleva histogramas y la correlación de las variables, todo esto para completar un panel de gráficos.

Figura 3 Matriz de dispersión

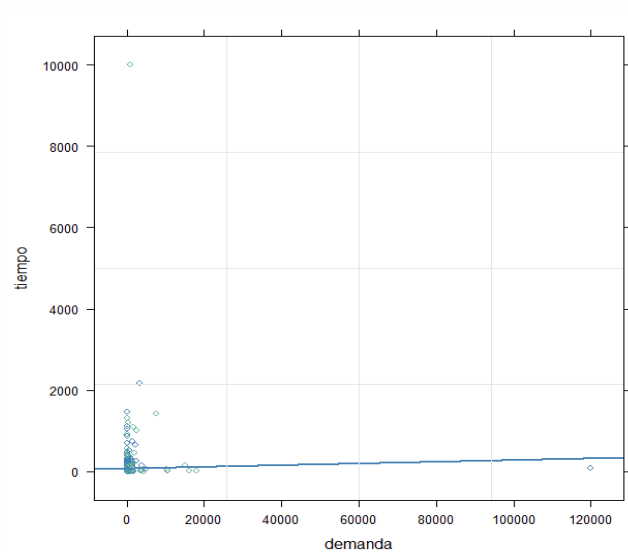


Fuente: Autores

Dentro del modelo se tomaron tres modelos del conjunto de datos para así, realizar el estudio y saber cuál es la opción óptima para el modelo. Como lo muestran las figuras 4 y 5.

Modelo 1= DEMANDA-TIEMPO DE PRODUCCIÓN

Figura 4 Demanda-Tiempo de Producción



Fuente: Autores

Figura 5 Resultados Obtenidos del Algoritmo del Modelo

Descripción	Valor
Coefficientes	
- Intercepto	348.97 (p < 0.01)
- Pendiente de Demanda	0.2722 (p = 0.4462)
Estadísticas de Ajuste	
- R-cuadrado	0.0005816
- R-cuadrado ajustado	-0.0004198
- Error estándar residual	3948
F-estadístico	0.5808 (p = 0.4462)

Fuente: Autores

Intercepto: El valor de 348.97 indica el valor estimado de la variable dependiente cuando la demanda es 0. El p-valor es muy pequeño ($p < 0.01$), lo que indica que el intercepto es estadísticamente significativo.

Pendiente de Demanda: El coeficiente de 0.2722 indica la relación entre la demanda y la variable dependiente. Sin embargo, su p-valor (0.4462) indica que no es estadísticamente significativo, lo que sugiere que la demanda no tiene un impacto significativo en el modelo.

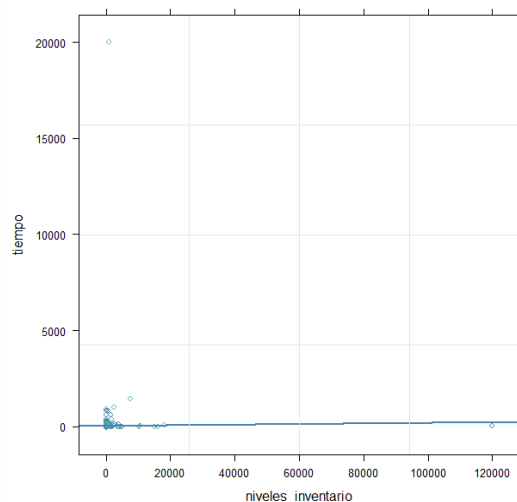
R-cuadrado: Un valor extremadamente bajo (0.0005816) sugiere que el modelo explica prácticamente nada de la variabilidad en la variable dependiente.

R-cuadrado ajustado: Un valor negativo (-0.0004198) implica que el modelo no solo no explica la variabilidad, sino que la representación del modelo está por debajo de un modelo que solo usa la media de los datos.

F-estadístico: Un valor de 0.5808 con un p-valor de 0.4462 también refuerza la falta de significancia global del modelo.

Modelo 2= NIVELES DE INVENTARIO _ TIEMPO DE PRODUCCIÓN

Figura 6 Comportamiento de Niveles_Inventario_tiempo de Producción



Fuente: Autores

Figura 7 Resultados de Algoritmo Niveles_Inventario_tiempo de Producción

Descripción	Valor
Coefficientes	
- Intercepto	368.01 (p < 0.01)
- Pendiente de Niveles de Inventario	0.05897 (p = 0.7635)
Estadísticas de Ajuste	
- R-cuadrado	9.072e-05
- R-cuadrado ajustado	-0.0009112
- Error estándar residual	3949
F-estadístico	0.09055 (p = 0.7635)

Fuente: Autores

Intercepto: El valor del intercepto es 368.01, lo que significa que cuando los niveles de inventario son cero, el valor de la variable dependiente (el resultado que se está modelando) será aproximadamente 368.01. Dado que el p-valor es menor a 0.01, este coeficiente es estadísticamente significativo, lo que sugiere que el intercepto tiene un impacto importante en el modelo.

Pendiente de Niveles de Inventario: El coeficiente es 0.05897, lo que indica que, por cada unidad adicional en los niveles de inventario, la variable dependiente aumentará en 0.05897 unidades. Sin embargo, el p-valor es 0.7635, lo que sugiere que este coeficiente no es estadísticamente significativo. En otras palabras, los niveles de inventario no parecen tener un impacto relevante en el resultado modelado.

R-cuadrado: Un valor de 9.072×10^{-5} (o 9.072×10^{-5}) indica que el modelo explica menos del 0.01% de la variabilidad en la variable dependiente. Esto sugiere que el modelo no está capturando la relación entre las variables de manera efectiva.

R-cuadrado ajustado: El valor negativo (-0.0009112) indica que, cuando se ajusta por el número de variables en el modelo, el ajuste es incluso peor que si solo se utilizara la

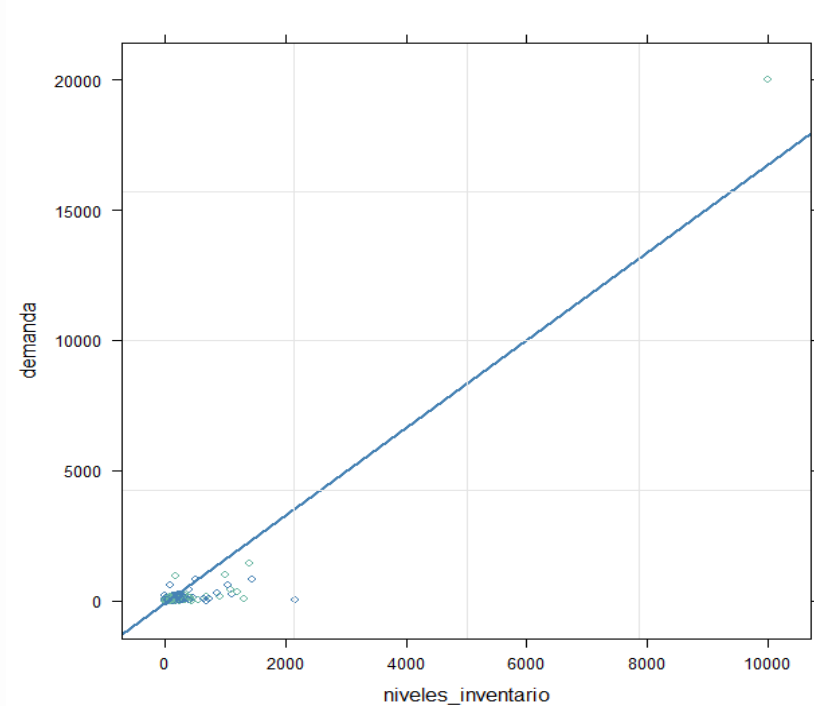
media para predecir el resultado. Esto refuerza la idea de que el modelo no es adecuado para predecir la variable dependiente.

Error estándar residual: El valor de 3949 refleja la variabilidad de los residuos o la diferencia entre los valores observados y los predichos por el modelo. Un error estándar residual tan alto indica que las predicciones del modelo se desvían considerablemente de los valores reales.

F-estadístico: Un F-estadístico de 0.09055 y un p-valor de 0.7635 indican que el modelo completo no es estadísticamente significativo. Esto implica que el modelo no tiene poder explicativo para la variable dependiente. Como lo muestran en la figura 6 y 7

Modelo 3= DEMANDA- NIVELES DE INVENTARIO

Figura 8 Comportamiento Demanda Niveles de Inventario



Fuente: Autores

Figura 9 Resultado Obtenido del Modelo

Descripción	Valor
Coefficientes	
- Intercepto	56.55 (p < 0.001)
- Pendiente de Niveles de Inventario	0.50767 (p < 0.001)
Estadísticas de Ajuste	
- R-cuadrado	0.8566
- R-cuadrado ajustado	0.8564
- Error estándar residual	132.5
F-estadístico	5960 (p < 2.2e-16)

Fuente: Autores

Intercepto: El valor de 56.55 indica que cuando los niveles de inventario son cero, el valor estimado de la variable dependiente es 56.55. Dado que el p-valor es extremadamente bajo ($p < 0.001$), este coeficiente es estadísticamente significativo, lo que sugiere que el intercepto tiene un impacto importante en el modelo.

Pendiente de Niveles de Inventario: El coeficiente de 0.50767 indica que, por cada unidad adicional en los niveles de inventario, la variable dependiente aumenta en 0.50767 unidades. El p-valor es muy bajo ($p < 0.001$), lo que indica que este coeficiente es altamente significativo y que los niveles de inventario tienen un impacto positivo y significativo en la variable dependiente.

R-cuadrado: El valor de 0.8566 indica que el modelo explica el 85.66% de la variabilidad en la variable dependiente, lo que sugiere un ajuste muy bueno del modelo.

R-cuadrado ajustado: El valor de 0.8564, muy cercano al R-cuadrado, indica que el ajuste del modelo sigue siendo muy alto incluso cuando se ajusta por el número de variables incluidas.

Error estándar residual: El valor de 132.5 indica que la variabilidad de los residuos (diferencias entre los valores observados y los predichos) es relativamente baja, lo que sugiere que las predicciones del modelo son razonablemente precisas.

F-estadístico: El valor extremadamente alto del F-estadístico (5960) con un p-valor extremadamente bajo ($p < 2.2e-16$) indica que el modelo es globalmente significativo, lo que refuerza la idea de que hay una relación estadísticamente significativa entre los niveles de inventario y la variable dependiente. Como lo muestran la figura 8 y 9

Comparación de Modelos Regresión Lineal

Utilizando los resultados de los 3 modelos, se realizó una comparación entre ellos para mirar cual será el mejor predictor.

Coefficientes

- **Modelo 1:** El coeficiente para demanda no es significativo ($p = 0.4462$), lo que indica que demanda no es un buen predictor del tiempo.
- **Modelo 2:** El coeficiente para niveles_inventario tampoco es significativo ($p = 0.7635$) cuando se usa para predecir tiempo, lo que sugiere que niveles_inventario no tiene un impacto significativo sobre el tiempo en este contexto.
- **Modelo 3:** Ambos coeficientes (intercepto y pendiente de niveles_inventario) son altamente significativos ($p < 0.001$), indicando una fuerte relación entre niveles_inventario y demanda.

Recomendaciones

- **Modelo 1:** El modelo no explica bien la variabilidad en tiempo (R-cuadrado ~ 0.0006), lo que sugiere que la relación entre tiempo y demanda es muy débil.
- **Modelo 2:** Similar al Modelo 1, el ajuste del modelo es muy bajo (R-cuadrado ~ 0.00009), indicando que niveles_inventario no explica bien la variabilidad en tiempo.
- **Modelo 3:** El modelo muestra un ajuste excelente con un alto R-cuadrado de 0.8566, lo que sugiere que niveles_inventario explica una gran parte de la variabilidad en demanda.

Error estándar

- **Modelo 1 y Modelo 1:** Ambos modelos tienen errores estándar residuales altos (3948 y 3949, respectivamente), indicando una alta variabilidad no explicada en tiempo.
- **Modelo 3:** El error estándar residual es significativamente menor (132.5), lo que refleja una mejor capacidad del modelo para predecir demanda.

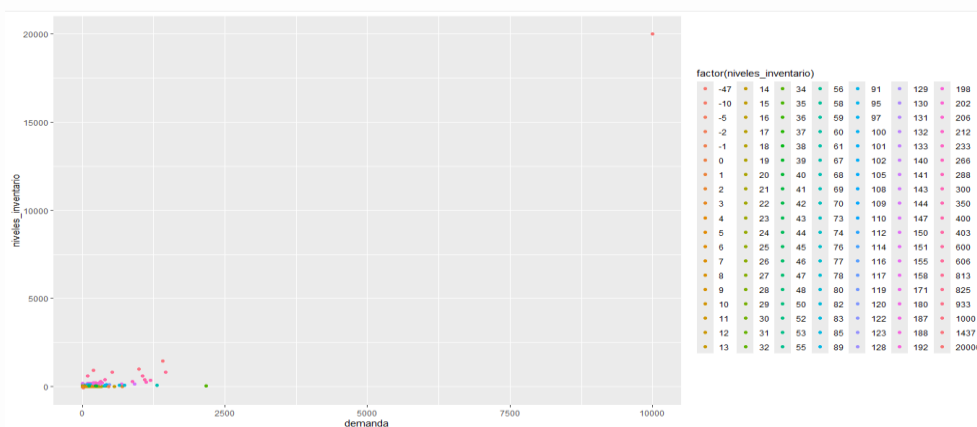
Modelo KNN

El algoritmo de k vecinos más cercanos, también conocido como KNN o k-NN, es un método no paramétrico de clasificación supervisada que se basa en la proximidad para realizar clasificaciones o predicciones sobre la agrupación de un punto de datos individual

En este estudio, se implementó un algoritmo de K-Nearest Neighbors (KNN) con el propósito de evaluar la capacidad predictiva del modelo en relación con los niveles de inventario y la demanda. El objetivo central es predecir los niveles de inventario empleando un conjunto de datos sintéticos, lo que permitirá medir la efectividad del algoritmo en un entorno controlado. Cebekhulu, E., Onumanyi, A. J., & Sherrin, J. I. (2022).

Base de Datos General (Data Set)

Figura 10 Datos Generales

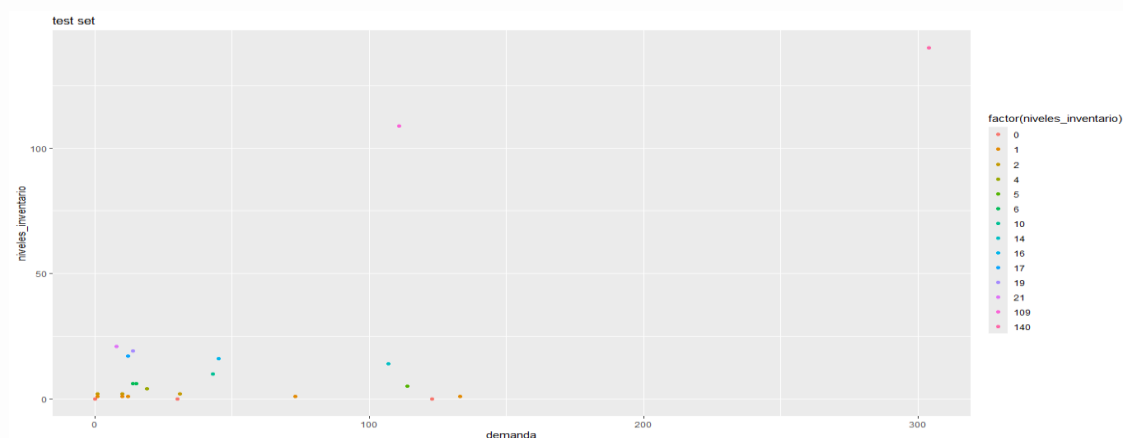


Fuente: Autores

Para ejecutar el algoritmo KNN, primero se dividieron los datos en un conjunto de entrenamiento (70%) y un conjunto de prueba (30%). Posteriormente, se genera una gráfica de dispersión que permite visualizar las variables de demanda y niveles de inventario, como se muestra en la figura 10.

Datos de Prueba

Figura 11 Datos de Prueba



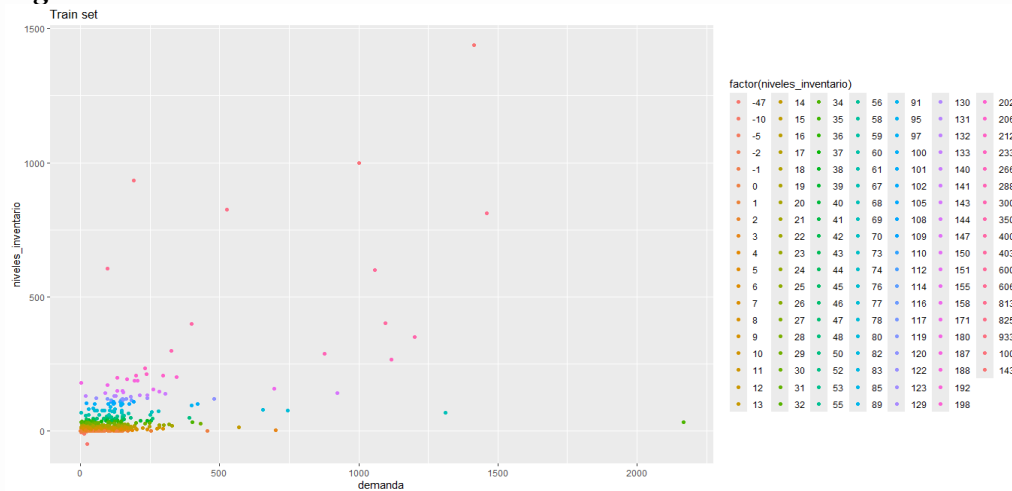
Fuente: Autores

La figura 11 muestra los datos de prueba, "test set", el cual visualiza el conjunto de datos de prueba (30%). En este gráfico, los puntos estarán coloreados según los niveles de inventario. Este análisis nos permitirá observar cómo se distribuyen en función de la demanda y, además, identificar posibles patrones o agrupaciones relevantes.

Datos de Entrenamiento

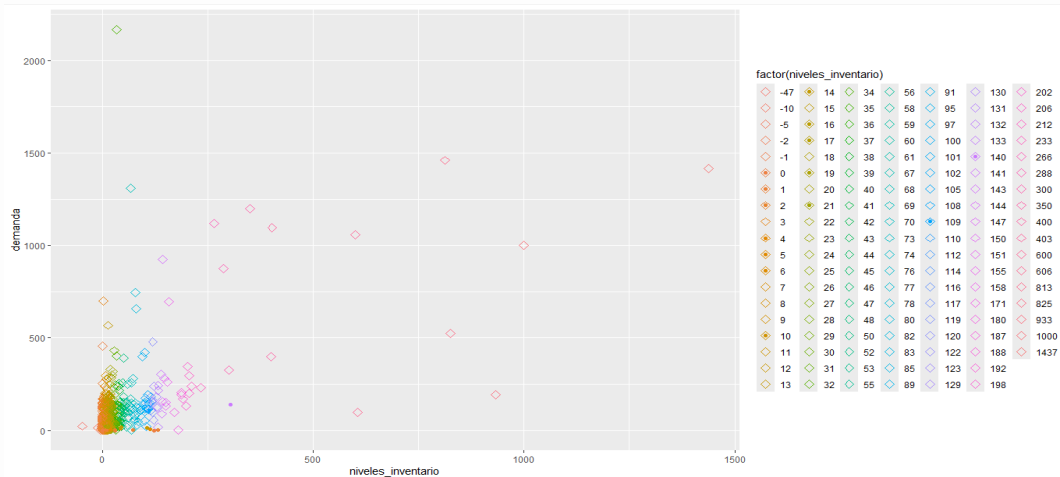
El paso siguiente fue determinar los datos de entrenamiento, denominados "train set", en el conjunto de datos de entrenamiento (70%). En la figura 12 se puede observar la distribución de los datos en función de las variables demanda y niveles de inventario.

Figura 12 Datos de Entrenamiento



Fuente: Autores

Figura 13 Datos de Entrenamiento y Prueba



Fuente: Autores

En la figura 13 se observa el resultado de los datos de dispersión, en el que se superponen los datos de entrenamiento, representados con rombos rellenos (◆), y los datos de prueba, presentados con círculos por defecto (◇). Esto permitirá comparar visualmente las distribuciones y analizar las relaciones entre las variables en ambos conjuntos de datos.

Matriz de Predicción

Figura 141 Matriz de Predicción

```
333      45      1      2
[ reached 'max' / getoption("max.print") -- omitted 1773 rows ]
> table(resul1,d_train$níveles_inventario)

resul1 -47 -10  -5  -2  -1   0   1   2   3   4   5   6   7   8   9  10  11  12  13  14  15  16  17  18
-47    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0
-10    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0
-5      1    0    3    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0
-2      0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0
-1      0    0    0    0    7    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0
0       0    1    0    1    1 200    8    2    0    0    1    0    0    0    0    1    0    0    0    0    1    0    0
1       0    0    0    0    0    23 306   13    4    1    4    0    0    0    0    0    0    2    0    0    0    0    0

resul1  19  20  21  22  23  24  25  26  27  28  29  30  31  32  34  35  36  37  38  39  40  41  42  43
-47    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0
-10    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0
-5      0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0
-2      0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0
-1      0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0
0       0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    2    0    0    0    0    0    0    0
1       0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0

resul1  44  45  46  47  48  50  52  53  55  56  58  59  60  61  67  68  69  70  73  74  76  77  78  80
-47    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0
-10    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0
-5      0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0
-2      0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0
-1      0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0
0       0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0
1       0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0

resul1  82  83  85  89  91  95  97 100 101 102 105 108 109 110 112 114 116 117 119 120 122 123 129 130
-47    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0
-10    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0
-5      0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0
-2      0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0
-1      0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0
```

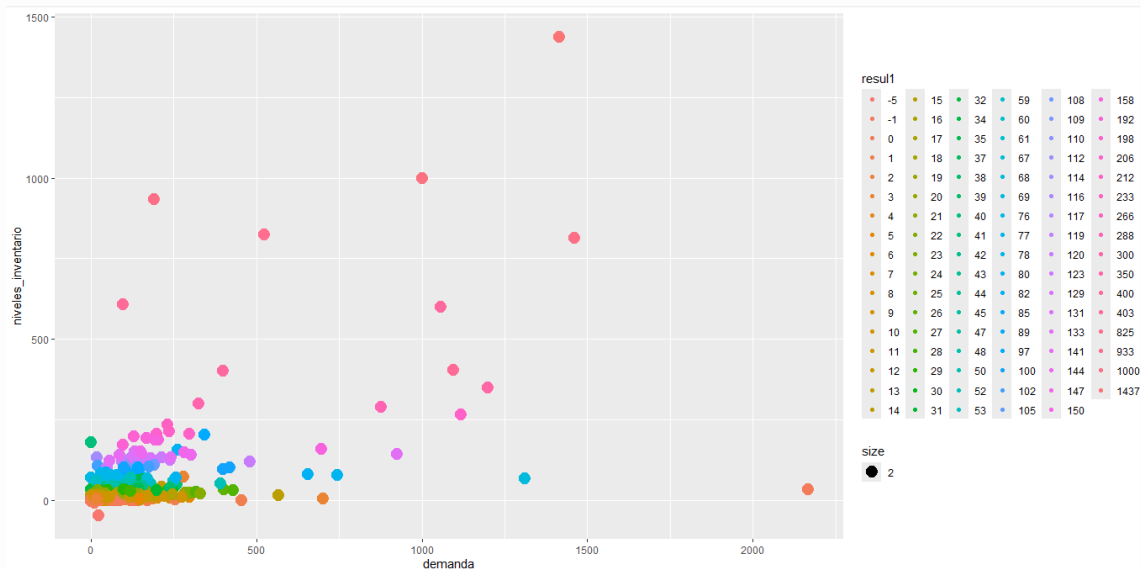
Fuente: Autores

En la figura 14 se presenta el resultado de la matriz de confusión, la cual proporciona el número de veces que el modelo predijo cada clase en comparación con la clase verdadera. Esto permitió evaluar la precisión y el desempeño del modelo.

A continuación, se procedió a calcular la precisión del modelo para evaluar el desempeño de los clasificadores. Para ello, se compararon las predicciones del modelo con las etiquetas verdaderas, obteniendo un vector de valores TRUE o FALSE que indica si la predicción es correcta o incorrecta, respectivamente. Además, se sumarán los valores TRUE, que representan las predicciones correctas, y se calculará la proporción de predicciones correctas en relación con el número total de observaciones.

El resultado obtenido es 81.67142, lo cual indica que el modelo KNN tiene una precisión del 81.67%. Esto sugiere que las predicciones realizadas por el modelo coinciden con las etiquetas reales del conjunto de datos de entrenamiento. Una precisión alta indica que el modelo clasifica correctamente las observaciones.

Figura 15 Resultado

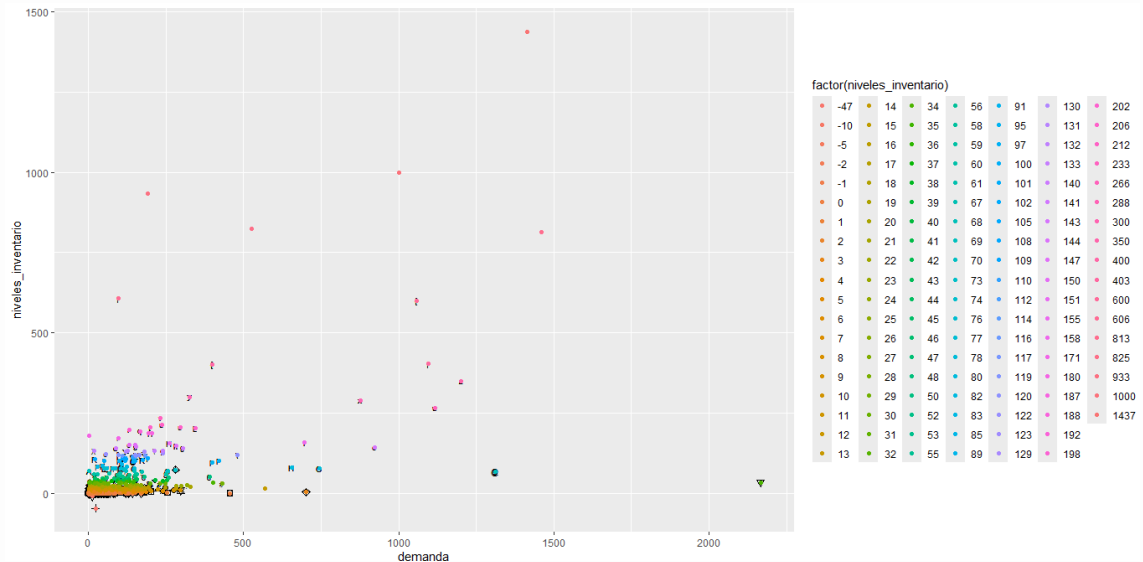


Fuente: Autores

Como resultado, la figura 15 muestra cómo se distribuyen las predicciones del modelo en función de las características de los datos (demanda y niveles de inventario).

A continuación, en la figura 16 se muestra el resultado de datos reales, esto se logró mediante la función KNN, se especificó el conjunto de entrenamiento, el conjunto de prueba, las etiquetas y el número de vecinos (k). Con estos parámetros, se obtuvieron las predicciones para los datos de prueba, basadas en las características del conjunto de entrenamiento.

Figura 16 Datos Reales



Fuente: Autores

A continuación, mediante la función KNN, se especificará el conjunto de entrenamiento, el conjunto de prueba, las etiquetas y el número de vecinos (k). Con estos parámetros, se obtuvieron las predicciones para los datos de prueba, basadas en las características del conjunto de entrenamiento.

Figura 172 Accuracy

```
> ##VALORES PREDICHOS Y REALES##  
> Accuracy(y_pred,y_true=d_test$niveles_inventario)  
[1] 0.7083333
```

Fuente: Autores

En la figura 17 para evaluar el rendimiento del modelo KNN, se calcularon dos métricas, la precisión (Accuracy) y el área bajo la curva (AUC). La precisión del modelo fue del 70.83%, lo que indica que el modelo clasificó correctamente aproximadamente ese

porcentaje de las observaciones en el conjunto de prueba. Esta métrica representa la proporción de predicciones correctas entre todas las predicciones realizadas.

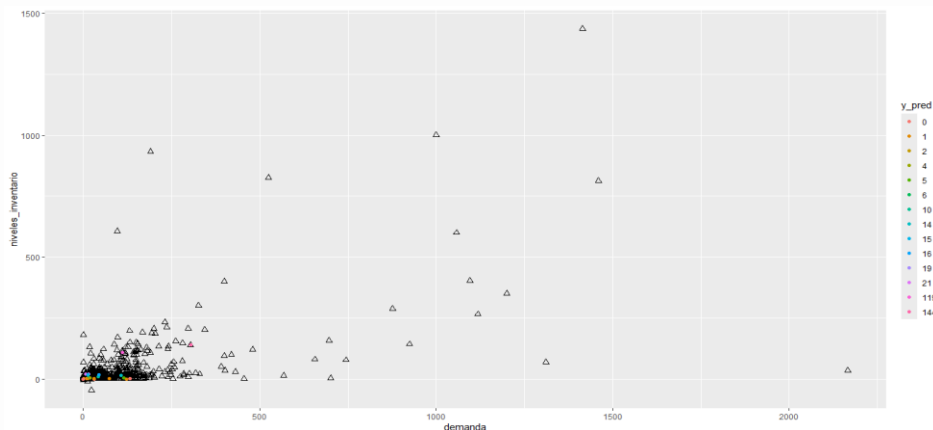
Figura 18 AUC

```
> AUC(y_pred = y_pred, y_true = d_test$niveles_inventario)
[1] 0.8666667
```

Fuente: Autores

Como se muestra en la figura 18 el AUC (Área Bajo la Curva) es 0.87, lo que sugiere que el modelo tiene una buena capacidad para discriminar entre las clases. Este valor indica un rendimiento sólido, con una alta capacidad para distinguir entre las clases positivas y negativas.

Figura 19 Comparativo



Fuente: Autores

En la figura 19 se permite comparar visualmente los datos reales del conjunto de entrenamiento con las predicciones del modelo KNN en el conjunto de prueba. Los puntos del conjunto de entrenamiento se representaron en azul, mientras que las predicciones del modelo en el conjunto de prueba se mostraron en colores aleatorios, facilitando la comparación de cómo se alinean las predicciones con los datos reales.

El modelo KNN mostró una precisión del 70.83%, lo cual refleja la proporción de predicciones correctas respecto al total de observaciones. Además, el AUC (Área Bajo la Curva) de 0.87 indica que el modelo tiene una excelente capacidad de discriminación, con una alta precisión en la diferenciación entre clases. Estos resultados conjuntamente ofrecen una visión clara de la efectividad del modelo en la clasificación de datos, como lo muestra la tabla 2.

Tabla 2 Comparativo de Modelos Empleados

REGRESION LINEAL	KNN
Proporciona valores continuos, predice volúmenes exactos y realiza predicciones precisas	Modelo de clasificación, óptimo para predecir categorías o clases. Además, para clasificar niveles de inventario en categorías, no proporciona valores continuos.

Fuente: Autores

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Al tener en cuenta el modelo de Regresión Lineal, se pudo establecer que ninguno de los modelos que predicen tiempo (Modelos 1 y 2) muestra una buena capacidad predictiva o una relación significativa con sus variables predictoras. Por otra parte, el Modelo 3, que predice demanda a partir de niveles_inventario, es claramente el modelo más robusto y efectivo. La alta significancia de los coeficientes y el alto R-cuadrado indican que niveles_inventario es un predictor fuerte de demanda, y el modelo tiene un buen ajuste.

Para predecir variables clave en los procesos industriales, como la demanda de productos, los tiempos de producción o los niveles de inventario, el modelo de regresión lineal es el más adecuado, ya que está diseñado para predecir valores continuos, como el volumen de inventario. Este modelo proporciona predicciones precisas y significativas, mostrando una fuerte relación entre las variables predictivas y la variable objetivo. Aunque el KNN es útil para clasificación, no es el mejor para predecir valores continuos. En este caso, la regresión lineal ofrece un enfoque más robusto y efectivo para cumplir con el objetivo de predecir variables clave en los procesos industriales.

Dentro de la investigación se pudo establecer que existen varios algoritmos en términos de precisión, interpretabilidad, tiempo de entrenamiento, robustez y manejo de no linealidad. Los algoritmos más precisos, como Redes Neuronales y GBM/XGBoost, tienen una mayor robustez y pueden manejar no linealidad, pero a costa de un tiempo de entrenamiento alto y menor interpretabilidad. En contraste, algoritmos como la Regresión Lineal y KNN ofrecen una mayor interpretabilidad y tiempos de entrenamiento más rápidos, pero son menos robustos y no tan precisos. Árboles de Decisión y Random Forest logran un balance medio, combinando buena robustez y manejo de no linealidad con tiempos de entrenamiento moderados y precisión aceptable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bécue, A., Praça, I., & Gama, o. (2021). Artificial intelligence, cyber-threats and Industry 4.0: challenges and opportunities. *Artificial Intelligence Review*, 54, 3849–3886. Obtenido de <http://surl.li/vmyvrr>

Cebekhulu, E., Onumanyi, A. J., & Sherrin, J. I. (2022). Performance Analysis of Machine Learning Algorithms for Energy Demand–Supply Prediction in Smart Grids. *Sustainability*, 14(5), 1-10. Obtenido de <http://surl.li/eappjc>

Figueroa Donayre, E. M., Guillén Guevara, M. L., & Flores, R. H. (2023). Machine Learning en la Industria 4.0: Análisis de su relevancia y aplicaciones. *Revista Científica de Ingeniería Nawparisun*, 4(5), 1-13. Obtenido de <http://surl.li/wwnucj>

Huertas Mora, A. (2020). Algoritmos de aprendizaje supervisado utilizando datos de monitoreo de condiciones: Un estudio para el pronóstico de fallas en máquinas. Repositorio Universidad Santo Tomas, 1-77. Obtenido de <http://surl.li/yuosks>

Islam, S., & Hassanzadeh, A. (2020). Prediction of probable backorder scenarios in the supply chain using Distributed Random Forest and Gradient Boosting Machine learning techniques. *Journal of Big Data*, 7, 1-22. Obtenido de <http://surl.li/rpdsjh>

Kang, Z., Catal, C., & Tekinerdogan, B. (2020). Machine learning applications in production lines: A systematic literature review. *Computers & Industrial Engineering*, 1-15. Obtenido de <http://surl.li/iayfch>

Ramírez Asis, E., Vilchez Carcamo, J., & Thakar, C. M. (2022). A review on role of artificial intelligence in food processing and manufacturing industry. *Materials today, Proceedings*, 2462-2465.

Ramirez Asis, E., Vilchez Carcamo, J., & Thakar, C. M. (2022). A review on role of artificial intelligence in food processing and manufacturing industry. *Materials today Proceedings*, 2462-2465.

Shafiq, M., Thakre, K., & Kumar, D. (2023). Continuous quality control evaluation during manufacturing using supervised learning algorithm for Industry 4.0. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 1-12. Obtenido de <http://surl.li/nwdjqqq>

Vesga Acevedo, D. N. (2020). Modelo de planeación de inventarios para E-commerce, utilizando herramientas de inteligencia artificial para hacer pronósticos de demanda y clasificación de inventarios. Repositorio Universidad de los Andes, 1-26. Obtenido de <http://surl.li/ggcvvff>

Zeki Murat, Ç., Nuhu, A., & Qasim, Z. (2020). Machine Learning in Predictive Maintenance towards Sustainable Smart Manufacturing in Industry 4.0. *Sustainability*, 12(19), 1-12. Obtenido de <http://surl.li/jdfsra>



Eidec
EDITORIAL

A stylized white icon of a stack of books, positioned above the word "EDITORIAL". The books are represented by simple horizontal lines and a small vertical line for the spine.