

Solución a problemas emergentes

desde un enfoque multidisciplinario



Eduardo Cornejo Velázquez
Mireya Clavel Maqueda
Heriberto Niccolas Morales
Juana Patricia Muñoz Chávez
(coordinadores)

Solución a problemas emergentes desde un enfoque multidisciplinario



**COMUNICACIÓN
CIENTÍFICA**

Ediciones Comunicación Científica se especializa en la publicación de conocimiento científico de calidad en español e inglés en soporte de libro impreso y digital en las áreas de humanidades, ciencias sociales y ciencias exactas. Guía su criterio de publicación cumpliendo con las prácticas internacionales: dictaminación de pares ciegos externos, autenticación antiplagio, comités y ética editorial, acceso abierto, métricas, campaña de promoción, distribución impresa y digital, transparencia editorial e indexación internacional.

Cada libro de la Colección Ciencia e Investigación es evaluado para su publicación mediante el sistema de dictaminación de pares externos y autenticación antiplagio. Invitamos a ver el proceso de dictaminación transparentado, así como la consulta del libro en Acceso Abierto.



www.comunicacion-cientifica.com

[DOI.ORG/10.52501/cc.268](https://doi.org/10.52501/cc.268)




**COMUNICACIÓN
CIENTÍFICA** PUBLICACIONES
ARBITRADAS
HUMANIDADES, SOCIALES Y CIENCIAS

CC+I
COLECCIÓN
CIENCIA e
INVESTIGACIÓN

Solución a problemas emergentes desde un enfoque multidisciplinario

EDUARDO CORNEJO VELÁZQUEZ
MIREYA CLAVEL MAQUEDA
HERIBERTO NICCOLAS MORALES
JUANA PATRICIA MUÑOZ CHÁVEZ

(Coordinadores)



**COMUNICACIÓN
CIENTÍFICA**

Solución a problemas emergentes desde un enfoque multidisciplinario / coordinadores Eduardo Cornejo Velázquez, Mireya Clavel Maqueda, Heriberto Niccolas Morales, Juana Patricia Muñoz Chávez.— Ciudad de México : Comunicación Científica, 2025.(Colección Ciencia e Investigación).

261 páginas : gráficas ; 23 × 16.5 centímetros

DOI: 1052501/cc.268

ISBN: 978-607-2628-36-6

1. Solución de problemas. 2. Innovaciones educativas. 3. Pequeñas y medianas empresas – Innovaciones tecnológicas. I. Cornejo Velázquez, Eduardo, coordinador. II. Clavel Maqueda, Mireya, coordinadora. III. Niccolas Morales, Heriberto, coordinador. IV. Muñoz Chávez, Juana Patricia, coordinadora.

LC: HD30.29 S65

DEWEY: 658.403 S65

La titularidad de los derechos patrimoniales y morales de esta obra pertenece a los coordinadores D. R. © Eduardo Cornejo Velázquez, Mireya Clavel Maqueda, Heriberto Niccolas Morales y Juana Patricia Muñoz Chávez, 2025. Reservados todos los derechos conforme a la Ley. Su uso se rige por una licencia Creative Commons BY-NC-ND 4.0 Internacional, <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legal-code.es>

Primera edición en Ediciones Comunicación Científica, 2025

Diseño de portada: Francisco Zeledón • Interiores: Guillermo Huerta

Ediciones Comunicación Científica, S. A. de C. V., 2025

Av. Insurgentes Sur 1602, piso 4, suite 400

Crédito Constructor, Benito Juárez, 03940, Ciudad de México,

Tel.: (52) 55-5696-6541 • Móvil: (52) 55-4516-2170

info@comunicacion-cientifica.com • www.comunicacion-cientifica.com

 comunicacioncientificapublicaciones  @ ComunidadCient2

ISBN 978-607-2628-36-6

DOI 10.52501/cc.268



Esta obra fue dictaminada mediante el sistema de pares ciegos externos.
El proceso transparentado puede consultarse, así como el libro en acceso abierto,
en <https://doi.org/10.52501/cc.268>

Índice

| | |
|---|----|
| <i>Dedicatoria</i> | 9 |
| <i>Epígrafe</i> | 11 |
| <i>Agradecimientos</i> | 13 |
| <i>Presentación</i> | 15 |
| <i>Prólogo</i> | 17 |
| <i>Introducción</i> | 19 |
| | |
| 1. Desarrollo de habilidades en estudiantes universitarios para la adopción de la Industria 4.0 y sus tecnologías asociadas, <i>Mireya Clavel Maqueda y Eduardo Cornejo Velázquez</i> | 21 |
| | |
| 2. Sostenibilidad y desarrollo económico desde las medianas empresas con creación de valor compartido e innovación social, <i>Heriberto Niccolas Morales, Jaime Garnica González y César Alfonso Arroyo Barranco</i> | 49 |
| | |
| 3. La gobernanza como condición organizacional de viabilidad de los programas sociales. Una revisión sistemática de literatura con la metodología PRISMA, <i>Rosa Leticia Muñoz-Chávez, Juana Patricia Muñoz-Chávez y Héctor Barrios-Quiroz</i> | 73 |

| | |
|---|-----|
| 4. Estrategias de innovación en la producción tradicional de café: el caso de los pequeños productores de la región Otomí-Tepehua, Hidalgo, México, <i>Paul Misael Garza López, Josefa Espitia López, Eduardo Cornejo Velázquez, Otilio Arturo Acevedo Sandoval y Oscar Arce Vargas</i> | 91 |
| 5. Estrategia de predicción para mantener la calidad de vida en la región Tula, Hidalgo, <i>Silvia Soledad Moreno Gutiérrez y Yoali Trejo Ambrosio</i> | 111 |
| 6. Marco de trabajo para desarrollar tecnologías en la educación superior, <i>Mariela Juana Alonso Calpeño, Mariana Natalia Ibarra Bonilla y Guadalupe Gabriela Bárcena Vicuña</i> | 133 |
| 7. Estrategias para combatir la contaminación ambiental y el cambio climático, <i>Ramiro Cadena Uribe, Gabriel de las Nieves Sánchez Guerrero y Heriberto Niccolas Morales</i> | 171 |
| 8. Desigualdad de género y emprendimiento femenino rural en el sureste de México, <i>Lourdes Pineda-Celaya y Juana Patricia Muñoz-Chávez</i> | 211 |
| 9. La estandarización de tiempos un problema recurrente en Mipymes Hidalguenses, <i>Katia Lorena Avilés Coyoli, Jaime Garnica González, Rosa Irene Rojas Rauda y Edith Mendoza Ramírez</i> | 231 |
| <i>Sobre los autores</i> | 245 |

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo a nuestras familias, cuyo amor, apoyo y comprensión son la fuerza que nos impulsa a perseverar cada nuevo día.

A nuestros alumnos y exalumnos, quienes nos inspiran con su curiosidad y entusiasmo por aprender. Que este libro sea una guía y un recordatorio de que el conocimiento transforma y abre caminos.

Y a todos ustedes que representan el futuro, dedicamos con gratitud y esperanza cada página de este esfuerzo colectivo.

Epígrafe

En un mundo de cambio constante, el estudio de los problemas emergentes desde las perspectivas de diferentes disciplinas permite analizar la complejidad, descubrir patrones, realizar conexiones y actuar de forma creativa e innovadora para proponer alternativas de solución.

Agradecimientos

A los autores de esta obra, agradecemos profundamente el esfuerzo y la dedicación que han puesto para plasmar sus conocimientos y experiencias en cada una de estas páginas.

Este libro es el fruto conjunto de los integrantes de la Red Académica de Colaboración Multidisciplinaria de Posgraduados UPAEP en Hidalgo, quienes, a través de un enfoque multidisciplinar, refrendan su compromiso por habilitar espacios de diálogo e intercambio que permitan fortalecer nuestros conocimientos, el crecimiento colectivo, el trabajo investigativo, la formación de recursos humanos y la contribución social.

Su interés por la investigación y el impacto social, guiado por un enfoque de liderazgo transformador, inspira a todos aquellos que aspiramos a construir un mundo mejor.

Gracias por compartir su visión y su trabajo, que sin duda dejarán huella en quienes buscan aprender y generar un cambio positivo en la sociedad.

Presentación

La presente obra es resultado del trabajo constante de los integrantes de la Red Académica de Colaboración Multidisciplinaria de Posgraduados UPAEP en Hidalgo quienes a través de la colaboración académica y esfuerzos compartidos han integrado sus trabajos de investigación para proponer alternativas de solución a problemas de nuestra sociedad.

En los diferentes ámbitos de la sociedad moderna se presentan problemas complejos en los que interactúan diferentes hechos y procesos de forma simultánea. Para alcanzar un mejor entendimiento de dichos problemas se propone la combinación de diferentes perspectivas a partir de distintas disciplinas para configurar una visión más integrada.

El enfoque multidisciplinario permite la colaboración entre diferentes disciplinas que aportan sus conocimientos, métodos y técnicas para abordar los problemas emergentes a los que se enfrentan las organizaciones modernas. Los problemas del mundo actual son complejos y requieren de una perspectiva más amplia para ser comprendidos en su totalidad. Los capítulos que integran este libro ofrecen a los lectores una comprensión más completa de algunos problemas emergentes a los que se proponen soluciones innovadoras.

Al combinar diversas disciplinas las investigaciones aprovechan las fortalezas de cada campo del conocimiento y logran una visión más completa y detallada de los problemas actuales con el propósito de alcanzar resultados creativos, innovadores y efectivos.

Este libro reúne trabajos de destacados académicos, investigadores y

expertos en diferentes campos del conocimiento. A lo largo de sus capítulos los lectores tienen acceso a investigaciones desarrolladas en los sectores empresarial, social, salud y educativo.

Cada uno de los autores que ha contribuido a este libro, aporta su experiencia y sus conocimientos adquiridos mediante sus investigaciones y reflexiones para ofrecer una visión multidisciplinaria de algunos problemas emergentes de nuestra sociedad. Los lectores del libro, estudiantes, profesionistas, investigadores y responsables de la elaboración de políticas y estrategias en los ámbitos públicos y privados tienen una herramienta para consultar y reflexionar sobre los temas y alternativas presentadas en cada capítulo.

Expreso mi sincero agradecimiento para todos los que han hecho posible la integración y publicación de este libro. En primer lugar, a todos los autores por su valiosa dedicación y contribución. A los coordinadores del libro, que con entusiasmo y compromiso trabajaron arduamente en la integración y revisión de cada capítulo. Finalmente, al equipo editorial que nos acompañó en todo el proceso.

Prólogo

El presente libro aborda de manera multidisciplinaria los desafíos y las oportunidades que surgen en un mundo cada vez más interconectado y tecnológicamente avanzado. A través de sus capítulos, se ofrece un análisis estratégico que conecta a las universidades, las empresas y las comunidades en un esfuerzo conjunto por alcanzar la sostenibilidad, la innovación y el desarrollo humano.

Esta obra es una invitación a construir puentes entre disciplinas, sectores y comunidades, fomentando un diálogo que promueva el cambio transformador.

Así también, se puede encontrar en él un marco referencial para académicos, tomadores de decisiones y agentes de cambio comprometidos con la evolución social y económica de la región y el país.

Introducción

En este libro, el lector encontrará una perspectiva multidisciplinaria sobre los desafíos y las oportunidades que surgen de un entorno complejo, interconectado y dominado por el avance tecnológico.

A través de sus capítulos, se presenta un análisis estratégico que une a universidades, empresas y sociedad en un esfuerzo conjunto para alcanzar la sostenibilidad, la innovación y el desarrollo humano.

El primer capítulo explora el desarrollo de habilidades en estudiantes universitarios para adoptar las tecnologías de la Industria 4.0. Destaca la formación de profesionales preparados para afrontar los retos tecnológicos de esta revolución de manera estratégica y proactiva, subrayando el papel crucial de la educación superior en la formación de líderes capaces de transformar los actuales paradigmas industriales.

El segundo capítulo analiza cómo las medianas empresas se convierten en agentes clave para generar valor compartido e impulsar la innovación social. Este enfoque resalta la importancia de integrar objetivos económicos y sociales para resolver problemas complejos de forma sostenible.

El tercer capítulo aborda la gobernanza como un factor esencial para garantizar la viabilidad de los programas sociales. Mediante una revisión sistemática basada en la metodología PRISMA, se identifican las condiciones organizacionales necesarias para maximizar su impacto y sostenibilidad.

El cuarto capítulo combina tradición e innovación al explorar el uso de nuevas tecnologías en los procesos de pequeños productores de café de la región Otomí-Tepehua. Este caso demuestra cómo la modernización puede

respetar las identidades culturales al mismo tiempo que fortalece las capacidades productivas locales.

El quinto capítulo analiza estrategias predictivas enfocadas en mejorar la calidad de vida en la región de Tula, Hidalgo, abordando problemáticas complejas desde una perspectiva de desarrollo sostenible y sustentabilidad tanto ambiental y como social.

En el sexto capítulo se describe un marco estratégico para desarrollar tecnologías en la educación superior, destacando la transferencia tecnológica y la innovación como motores de bienestar y progreso en las comunidades a las que sirven estas instituciones.

En el séptimo capítulo se presenta un análisis de la situación actual del medio ambiente, las causas de su degradación y la visualización de posible tendencias y consecuencias. El trabajo se fundamenta en la revisión de informes de organismos internacionales y estudios previos que abordan esta temática.

En el octavo capítulo se presentan los resultados de una investigación enfocada en describir la actitud emprendedora de mujeres rurales del sureste de México frente a los niveles de marginación, pobreza y rezago social.

Finalmente, el libro cierra con un noveno capítulo que presenta los resultados de una investigación aplicada y mixta para lograr la estandarización de tiempos con el propósito de conseguir mejoras en la producción e incremento en la productividad de mipymes hidalguenses.

1. Desarrollo de habilidades en estudiantes universitarios para la adopción de la Industria 4.0 y sus tecnologías asociadas

MIREYA CLAVEL MAQUEDA*

EDUARDO CORNEJO VELÁZQUEZ**

Resumen

Las transformaciones en el campo laboral provocadas por la Cuarta Revolución industrial representan un desafío para las industrias, los sistemas educativos y los empleados. La gestión del talento humano es un factor relevante para el desarrollo y la sostenibilidad de las organizaciones. En este trabajo se identificaron las actividades desarrolladas por estudiantes de nivel superior con mayor incidencia en el desarrollo de habilidades para incorporarse a la Industria 4.0. Para ello, se realizó la aplicación de un cuestionario a estudiantes universitarios en áreas afines a las tecnologías de la información que incluyó ítems relacionados con soft skills y formación en temas relacionados con la Industria 4.0. Los datos se analizaron con un modelo de ecuaciones estructurales a través de la técnica multivariable PLS. Los resultados del análisis establecen que el uso de las herramientas digitales, los hábitos digitales, las actividades en el rol de creadores de contenido y el abordaje de temas relacionados con los pilares de la Industria 4.0 en los programas educativos influyen en el desarrollo de habilidades relacionadas con la adopción de la Industria 4.0. Los resultados son relevantes para la

* Doctora en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México. Maestra en Administración, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5487-9888>

** Doctor en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México. Maestro en Ciencias Computacionales, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. <https://orcid.org/0000-0002-0653-9459>

planificación de los proyectos educativos en la formación y actualización de talento.

Palabras clave: *herramientas digitales, soft skills, tecnologías en educación.*

Introducción

A diferencia de las revoluciones industriales anteriores que tomaron décadas para adaptarse, la Cuarta Revolución Industrial demanda nuevas estrategias y planes para aprovechar plenamente las oportunidades generadas. El informe “The Future of Jobs” del Foro Económico Mundial de 2023 destaca las discrepancias entre la oferta y la demanda actual de habilidades, así como entre las habilidades contemporáneas y las futuras necesidades (WEF, 2023). Para cerrar estas brechas, es crucial entender las bases de las habilidades existentes en países e industrias específicas y cómo el cambio disruptivo dictará nuevas necesidades de habilidades (Motyl *et al.*, 2017; WEF, 2023).

A pesar de las preocupaciones por el desempleo global, los desequilibrios y las brechas en los sistemas educativos dificultan la redistribución efectiva de talentos no aprovechados, con consecuencias humanas y económicas significativas (Piccarozzi *et al.*, 2018; WEF, 2023). Los trabajadores deben readaptarse a las industrias, centrándose en las habilidades necesarias para campos en rápido crecimiento (Mikhailov *et al.*, 2018). El Informe Global de Capital Humano de 2023 del World Economic Forum (2023) señala que, aunque el número de personas con habilidades desarrolladas está en aumento; sin embargo, la distribución de habilidades para el trabajo en industrias y zonas geográficas particulares es limitada.

Un análisis detallado de las habilidades es esencial para que empleadores y empleados comprendan mejor la transferibilidad de habilidades entre industrias (Ciolacu *et al.*, 2018; WEF, 2023). Los empleadores deben enfocarse en aprovechar habilidades “adyacentes” para descubrir talentos ocultos, lo cual requiere estrategias proactivas de gestión de talentos y colaboración continua entre empresas, gobiernos, proveedores de educación y la sociedad civil (Stachová *et al.*, 2019; WEF, 2023).

Con la transformación del lugar y la forma de trabajo, surgen nuevos desafíos de gestión y regulación. Prepararse para un mercado laboral en constante cambio es crucial para aprovechar oportunidades y mitigar resultados negativos (Ciolacu *et al.*, 2019; WEF, 2023).

Diversos investigadores describen que las ocupaciones rutinarias y poco cualificadas son las que corren mayor riesgo de ser sustituidas por la automatización (Paraschiv, 2022; Pouliakas, 2018; Schwabe y Castellacci, 2020). Dicho riesgo es particularmente alto para los puestos de trabajo que se basan en tareas monótonas y repetitivas, además de que requieren habilidades y conocimientos no especializados (Paraschiv, 2022). Esta situación se agrava por el temor a una futura sustitución, afectando negativamente la satisfacción laboral, especialmente entre los trabajadores poco cualificados (Schwabe y Castellacci, 2020).

Este trabajo de investigación tiene el objetivo de identificar las actividades desarrolladas por estudiantes de nivel superior en una institución pública mexicana que tienen incidencia en el desarrollo de habilidades para incorporarse a la Industria 4.0. Para ello, se aplicó un cuestionario a los estudiantes y se generó una ecuación estructural para modelar las relaciones entre las actividades que realizan en su proceso formativo y el desarrollo de habilidades para la Industria 4.0.

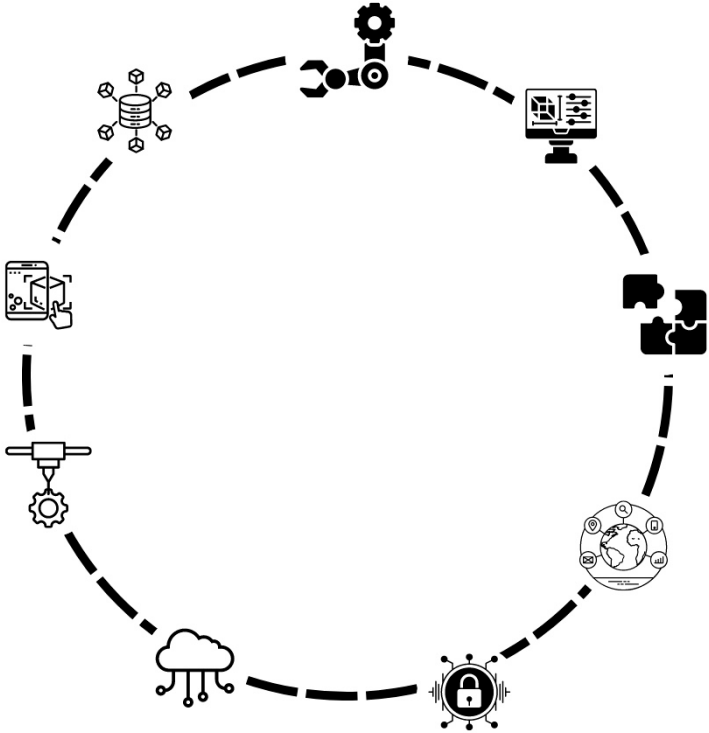
Tecnologías digitales de la Industria 4.0

De acuerdo con el BCG Boston Consulting Group (2016), la Industria 4.0 se refiere a la convergencia y aplicación de nueve tecnologías industriales digitales que se muestran en la Figura 1.

En la industria 4.0 convergen nueve tecnologías industriales digitales. Entre ellas se encuentran: *robots autónomos* que interactúan entre sí y con seres humanos; *manufactura aditiva* (impresión 3D) para generar productos personalizados; *realidad aumentada* para mejorar la toma de decisiones; *simulación* para optimizar operaciones en un entorno virtual; *integración horizontal y vertical* para cohesionar organizaciones; *internet de las cosas (IoT)* para la comunicación entre dispositivos; *cloud computing* para compartir datos y funcionalidades en la nube; *ciberseguridad* para proteger sis-

temas de amenazas; y *big data* y *analítica* para recopilar y analizar datos para la toma de decisiones en tiempo real. Estas tecnologías, cuando se aplican en conjunto, contribuyen a la creación de “fábricas inteligentes” y entornos de trabajo conectados.

Figura 1. *Tecnologías industriales digitales para la Industria 4.0*



Fuente: Elaboración propia basada en BCG (2016).

Retos en el nuevo contexto

El estudio del Boston Consulting Group titulado “Sprinting to Value in Industry 4.0” (Rose *et al.*, 2016) identifica varios desafíos para la adopción de la Industria 4.0. Estos incluyen la definición de estrategias, el replanteamiento organizacional, la comprensión del modelo de negocio, la realización de pilotos exitosos, la concienciación de la organización, la gestión del cam-

bio, la cultura empresarial, la interconexión de departamentos y la gestión del talento humano.

Sánchez (2021) cuestiona la noción de desempleo tecnológico generalizado, destacando la estratificación de ganadores y perdedores en los procesos de digitalización y robotización. Este enfoque sugiere que, en lugar de un desempleo masivo, las nuevas tecnologías crean una división en la fuerza laboral, beneficiando a aquellos con las habilidades adecuadas y perjudicando a los que carecen de ellas. Choi (2018) respalda esta idea al confirmar una mayor destrucción de empleo en actividades con mayor intensidad innovadora, lo que indica un cambio en la demanda de cualificación de los trabajadores.

Sánchez (2019) profundiza en las posibilidades de un futuro de desempleo tecnológico, discutiendo la inevitabilidad de las disrupciones laborales debidas a las nuevas tecnologías digitales y la necesidad de intervenir en la formación y el reciclaje del factor humano para mitigar los efectos adversos de estas disrupciones. Este autor subraya la importancia de desarrollar políticas educativas y de formación que preparen a los trabajadores para las demandas del mercado laboral emergente. Las tecnologías de la Industria 4.0 exigirán habilidades y conocimientos específicos para que los individuos, equipos y organizaciones puedan adoptar con éxito estos cambios (Tortorella *et al.*, 2020).

Apella (2022) destaca la creciente demanda de trabajadores en ocupaciones cognitivas no rutinarias, que requieren inteligencia creativa, emocional o social. Esta tendencia es particularmente evidente en España y América Latina. Sin embargo, el potencial de automatización en estas tareas es motivo de preocupación, especialmente para los trabajadores con menores ingresos y empleo informal, como señala Maurizio (2023).

Ante el alto riesgo de desempleo tecnológico, hay que intervenir en el sistema educativo y construir sistemas de formación continua en la vida laboral para difundir y adquirir competencias tecnológicas, con la finalidad de disminuir los impactos negativos del avance tecnológico sobre el empleo, por lo que se requiere que los agentes económicos, privados y públicos gestionen de manera activa el cambio (Donménech *et al.*, 2018; Sintás *et al.*, 2018).

El capital humano para la industria I4.0

La Cuarta Revolución Industrial está generando cambios significativos en la vida cotidiana y requiere nuevas competencias (WEF, 2022). La adopción de la Industria 4.0 en la educación presenta tanto retos como oportunidades. Dávalos-Gómez (2023) enfatiza la necesidad de actualizar los planes de estudio, desarrollar nuevas metodologías de enseñanza y formar a los educadores para que incorporen las competencias y los conocimientos que requiere la Industria 4.0.

Barrientos-Avenida y Areniz-Arévalo (2019) analizan el cambio hacia una “universidad inteligente” y los retos que plantea a las prácticas educativas tradicionales. Ulloa-Duque *et al.* (2020) destacan el potencial para la creatividad y la innovación en la educación superior mediante el uso de tecnologías de la Industria 4.0. Santos *et al.* (2018) ofrecen una visión general de la Industria 4.0, sus componentes y las oportunidades que presenta para satisfacer los requisitos actuales.

La educación especializada debe adaptarse a las necesidades del mercado laboral, proporcionando las habilidades más solicitadas (Kirchner, 2018). Esto implica una actualización constante de competencias técnicas y personales, incluyendo la creatividad, la comunicación, la resolución de problemas y la adaptabilidad (López, 2022). Además, es crucial que la educación universitaria se enfoque en la empleabilidad, colaborando estrechamente con el sector empresarial para garantizar una inserción laboral efectiva (Campos, 2022).

La lenta incorporación de tecnologías educativas en algunos sistemas es un desafío común, como señalan estudios latinoamericanos (Irrazabal, 2021; Fajardo-Aguilar *et al.*, 2023) en el contexto de la educación (Pastrana-Muñoz *et al.*, 2022; Lugo y Ithurburu, 2019). Estos estudios destacan la necesidad de un enfoque integral de la adopción tecnológica, considerando el impacto en la enseñanza y el aprendizaje. Además, enfatizan la importancia de abordar la capacitación docente, el acceso equitativo y el desarrollo de estrategias pedagógicas efectivas.

Dada la necesidad de aprovechar las posibilidades de la Industria 4.0, es esencial adoptar y adaptar las cualificaciones y competencias del capital humano para que pueda realizar las tareas en una fábrica del futuro, que

serán diferentes (Habracken y Bondarouk, 2017; Bissola y Imperatori, 2019; Liboni *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2020; da Silva *et al.*, 2022).

El talento humano es un valor fundamental para las organizaciones que se refleja en la calidad de productos y servicios. Las estrategias empresariales en la Industria 4.0 deben ser coherentes y aprovechar el talento humano multidisciplinario, adaptable e innovador (Morales, 2022).

La transformación digital de la fuerza laboral es fundamental en este proceso, ya que implica la implementación de nuevas estrategias y sistemas que mejoren la productividad y la competitividad (Pascual, 2019). En este contexto, es crucial que el talento humano perciba la automatización no como una amenaza, sino como una oportunidad para su crecimiento y desarrollo profesional (Segarra *et al.*, 2021). Para lograr esto, las empresas necesitan conocer las fortalezas y debilidades de su personal, para así decidir las posibles acciones a seguir. La administración estratégica, impulsa el desarrollo y la acumulación de habilidades y aptitudes organizativas, adapta, integra y reconfigura recursos, habilidades internas y externas para responder a un entorno en constante cambio.

Desarrollo de competencias en el capital humano

La innovación como proceso social implica no solo el desarrollo de nuevas técnicas, sino también requiere formas de conocimiento, habilidades y competencias diversas. Por ello, tanto las innovaciones como el desarrollo de nuevas tecnologías se producen a través de actividades realizadas por personal calificado, como ingenieros, investigadores y administradores, quienes representan el capital humano de una empresa (Hansson *et al.*, 2014). Las empresas deben reconocer e invertir en su personal como un activo valioso para poder afrontar con éxito los retos de la Industria 4.0 y otros cambios globales. Así mismo, las universidades deben entender y desarrollar las capacidades demandadas en el mercado, así como buscar estrategias educativas pertinentes para la era de la I4.0 (Briones-Cedeño y González-Calzadilla, 2019).

La gestión del conocimiento se presenta como una estrategia innovadora para el desarrollo de las universidades, fortaleciendo los procesos de inno-

vación y el desarrollo de capacidades organizacionales (Beltrán-Ríos *et al.*, 2019). En resumen, la gestión y el desarrollo del talento humano son pilares esenciales para la sostenibilidad y el éxito de las organizaciones en la era contemporánea. Las estrategias que fomentan la atracción, el desarrollo y la retención de talento, así como la implicación activa de los empleados en el crecimiento organizacional, son fundamentales para adaptarse a las dinámicas del mercado y mantener la competitividad.

Metodología

Recolectamos datos a través de un instrumento diseñado para evaluar las opiniones de los estudiantes inscritos en programas educativos afines a las tecnologías de la información (TI) con énfasis en soft skills y su formación en habilidades y temas relacionados con la Industria 4.0. El instrumento consideró trabajos publicados previamente (Motyl *et al.*, 2017; Clavert, 2019; Stentoft *et al.*, 2020) y se adaptó a los objetivos de este estudio.

Se empleó la metodología de validez de expertos (Babbie, 2009) dado que es útil para identificar el grado en que un instrumento mide la variable según voces cualificadas, y dicho nivel está vinculado a la validez de contenido (Hernández-Sampieri *et al.*, 2018). De acuerdo con Groves *et al.* (2009), las recomendaciones recibidas sirvieron para desarrollar una mejor versión del instrumento en construcción.

Se eligieron seis expertos con publicaciones relacionadas con la Industria 4.0 y que accedieron a revisar la propuesta de cuestionario y validar la pertinencia de su contenido. Se atendieron las recomendaciones recibidas y con la versión del instrumento aprobada, se implementó un estudio piloto formal.

Para el estudio piloto el instrumento se aplicó a una muestra de 200 estudiantes de un instituto tecnológico superior en el estado de Puebla, México. Las respuestas no se analizaron por sus resultados, sólo se examinaron en busca del grado de comprensión de las instrucciones y preguntas.

El conjunto de datos recolectados en la prueba piloto se analizó en el software STATA versión 15, mediante un análisis de componentes principales (rotación varimax). Los valores de 0.5, que se derivaron de la matriz

de componentes rotados, se consideraron significativos. Finalmente, el instrumento se integra por 6 dimensiones que se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Dimensiones del instrumento aplicado a los estudiantes

| Dimensión | Preguntas | Ítems |
|--|-----------|-----------|
| Medios digitales de que dispone el estudiante | 1 | 12 |
| | | 6 |
| Hábitos digitales básicos desarrollados | 3 | 8 |
| | | 8 |
| Formación en tecnologías de la I4.0 | 1 | 12 |
| Percepción de la importancia que tiene prepararse para la I4.0 | 1 | 5 |
| Nivel de dominio de habilidades (soft skills) para I4.0 | 1 | 24 |
| Total | | 75 |

Fuente: Elaboración propia con base en Motyl *et al.* (2017), Clavert (2019), Stentoft *et al.* (2020).

Determinación de la muestra probabilística

Para determinar la muestra de estudiantes, se realizó el cálculo basado en la ecuación de tamaño de muestra para una población finita (Moguel, 2005):

$$n = \frac{Z^2 pqN}{(N-1)e^2 + Z^2 pq}$$

Se utilizó un nivel de confianza de 95%, error muestral del 5%, coeficiente de confianza ($Z = 1.96$) y prevalencia esperada ($p = 70\%$) para una población de 212 estudiantes de tecnologías de la información (TI) y programas educativos afines en una universidad mexicana. Adicionalmente, se hizo uso de un muestreo aleatorio estratificado por sectores para garantizar la representatividad, basado en los datos de la matrícula de la institución de educación superior en el periodo septiembre-diciembre de 2023.

Se utilizó una muestra aleatoria estratificada de 129 estudiantes, con el 74% de los estudiantes del género masculino y 26% del género femenino. La edad promedio muestral fue de 23 años y el promedio de las calificaciones acumuladas de la muestra es de 9.14. Las variables categóricas fueron codificadas para su análisis.

El análisis de fiabilidad interna del cuestionario se evaluó mediante el alfa (α) de Cronbach=0.9054 que sirve de evidencia de la confiabilidad del instrumento usado, el nivel de fiabilidad de las escalas de medición y el grado de covariación entre los criterios establecidos (Shelby, 2011; Santiago-Sáez *et al.*, 2021).

Hipótesis

Las hipótesis que se plantearon para el estudio fueron las siguientes:

- H₀1: El uso de las herramientas digitales como un recurso de aprendizaje, no influye en el desarrollo de habilidades que favorecen la adopción de la Industria 4.0.
- H₀2: Los hábitos digitales no influyen en el desarrollo de habilidades relacionadas con la adopción de la Industria 4.0.
- H₀3: Las actividades de creación de contenido, no influyen en el desarrollo de habilidades para la adopción de la Industria 4.0.
- H₀4: Abordar temas identificados en la literatura como pilares de la Industria 4.0 en las asignaturas disciplinares de los programas educativos no influye en el desarrollo de habilidades para la adopción de la Industria 4.0.
- H₀5: La percepción que tienen los estudiantes sobre la importancia de prepararse para la Industria 4.0, no influye en el desarrollo de habilidades que les permiten estar preparados para su adopción.

Resultados

Para realizar el análisis cuantitativo de los datos, se diseñó un modelo de ecuaciones estructurales a través de la técnica multivariable *Partial Least Squares* (PLS). Con la finalidad de obtener un primer análisis de la dimensionalidad de las escalas de medida y una mayor información de los indicadores utilizados en el modelo propuesto, se realizó un análisis factorial

exploratorio (AFE) (Ferrando y Lorenzo-Seva 2014; Lloret-Segura *et al.*, 2014; Ramayah *et al.*, 2017; Rodríguez *et al.*, 2019).

En AFE todas las variables se analizan en conjunto con el propósito de reconocer las variables que son más relevantes antes de aplicar otros análisis (Pérez y Medrano, 2010; Méndez y Rodón, 2012; Calderón *et al.*, 2018; Ledesma *et al.*, 2019). Para justificar la aplicación de AFE, se validó el supuesto de normalidad de las variables mediante la prueba de esfericidad de Bartlett con la hipótesis nula de que no existe correlación entre las variables. El resultado fue menor a 0.05, lo que permite rechazar la hipótesis nula y considerar la existencia de algún grado de correlación estadísticamente significativa (Bartlett, 1937).

Se aplicó el análisis Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) para medir la homogeneidad de las variables estudiadas. El resultado fue un valor de $0.826 > 0.6$; de acuerdo con Cureton y D'Agostino (2013), se rechaza la hipótesis nula de no homogeneidad de los datos.

Los resultados de los análisis de Bartlett y KMO presentan evidencia estadística de que existe correlación entre las variables de interés. Además, permitieron dejar fuera del análisis a 12 ítems de la dimensión *Medios digitales de que dispone el estudiante*, debido a que los resultados reflejaron su no idoneidad para continuar formando parte de la revisión.

Al finalizar el análisis AFE, se obtuvo una matriz rotada donde todos los indicadores obtienen valores superiores a 0.5 respecto a sus constructos. Se obtuvieron 32 componentes, cuyos ítems cargan de acuerdo con los parámetros establecidos y explican el 87.45% de la varianza total.

A partir de los resultados del Análisis Factorial Exploratorio se revisó el modelo inicial propuesto y se incluyeron los indicadores elegidos. En la Tabla 2 se muestran cinco constructos (tres asociados a motivadores internos, dos a motivadores externos) relacionados con la *Preparación para la Industria 4.0*. El conjunto de indicadores se integró por 63 ítems (sin considerar los ítems de identificación), que fueron incluidos en el análisis mediante PLS.

Tabla 2. Indicadores seleccionados para análisis PLS

| Constructo | | Indicadores |
|-----------------------|--|---|
| Motivadores internos | Importancia del uso de dispositivos digitales personales | UTI1 Correo electrónico UTI2 Servicios de mensajería instantánea UTI3 Redes sociales UTI4 Plataformas de aprendizaje a distancia UTI5 Blog UTI6 Wiki UTI7 Sitio web UTI8 Videollamadas UTI9 Compartir documentos en la nube |
| | Hábitos digitales básicos desarrollados | US1 Enviar un correo electrónico formal US2 Usar aplicaciones de la suite de Office US3 Utilizar herramientas para trabajo remoto US4 Leer y descargar documentos de la web US5 Investigar en bibliotecas digitales |
| | Realiza actividades como creador de contenido | CRE1 Administrar un sitio web CRE2 Tener una wiki CRE3 Tener un canal de streaming CRE4 Tener un canal de YouTube propio CRE5 Generar un podcast CRE6 Generar contenido en un blog CRE7 Administrar un perfil en una red social |
| Motivadores externos | Formación en temas relacionados con I4.0 | FI41 Big Data y Analítica de datos FI42 Robots autónomos FI43 Simulación por computadora FI44 Integración de sistemas horizontal y vertical FI45 Internet de las Cosas (IoT) FI46 Ciberseguridad FI47 Manufactura aditiva FI48 Realidad aumentada FI49 Cómputo en la nube FI4A Tecnologías móviles FI4B Inteligencia artificial FI4C Sistemas de ubicación en tiempo real con sistemas de radiofrecuencia o GPS FI4D Impresión 3D |
| | Percepción de la importancia de prepararse para la I4.0 | IC ¿Cuál cree que es el nivel de importancia que tiene desarrollar habilidades para la Industria 4.0 en su futuro ejercicio profesional? |
| Preparación para I4.0 | | SK1 Comunicación SK2 Comunicación en idioma inglés SK3 Habilidades sociales SK4 Resolución de problemas SK5 Aplicación del método científico SK6 Inteligencia emocional SK7 Empatía SK8 Fluidez en el manejo de tecnologías SK9 Pensamiento Sistémico SK10 Pensamiento de negocios SK11 Alfabetización digital SK12 Aprendizaje continuo a lo largo de la vida SK13 Creatividad SK14 Conocimiento multidisciplinario e integral SK15 Trabajo en equipo SK16 Flexibilidad SK17 Mente abierta |

| | |
|-----------------------|---|
| Preparación para I4.0 | SK18 Iniciativa propia SK19 Pensamiento crítico SK20 Auto aprendizaje SK21 Liderazgo SK22 Emprendimiento digital SK23 Transformación digital SK24 Innovación SK25 Persistencia SK26 Resiliencia SK27 Estadística SK28 Diseño de tecnología y programación |
|-----------------------|---|

Fuente: Elaboración propia.

Validación del modelo mediante PLS

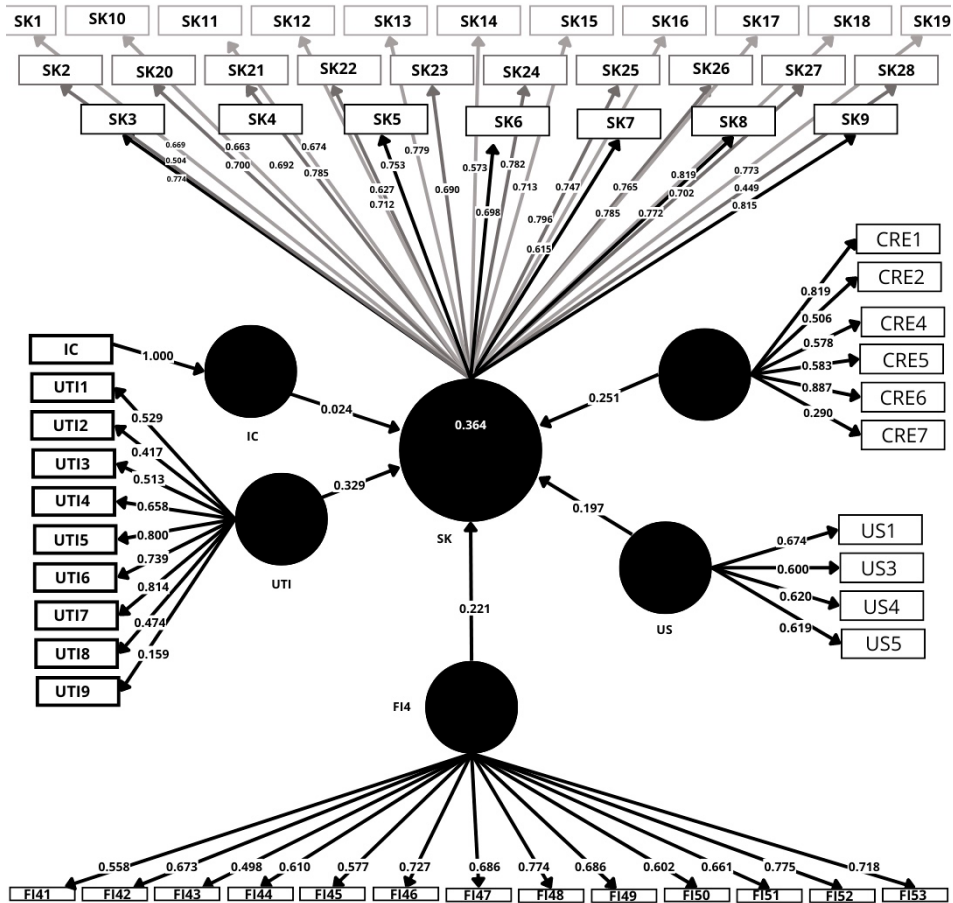
PLS es una técnica de modelización de ecuaciones estructurales (SEM) que puede contrastar simultáneamente las relaciones del modelo de medida entre los indicadores o variables manifiestas, sus correspondientes constructos o variables latentes y el modelo estructural (Hair *et al.*, 2017). Además, tiene la capacidad de manejar modelos muy complejos con una elevada cantidad de constructos, indicadores y relaciones (Lohmöller, 1989; Henningsson *et al.*, 2001; Sarstedt y Cheah, 2019).

Para analizar el conjunto de datos se utilizó el programa estadístico Smart PLS 3, desarrollado por la Universidad Técnica de Hamburgo, Alemania (Ringle *et al.*, 2015). La representación gráfica del modelo construido y el cálculo del algoritmo PLS se presenta en la Figura 2.

La fiabilidad individual de cada constructo se obtiene a través de los coeficientes Alfa (α) de Cronbach (Cho y Kim, 2015). El resultado para cuatro de los constructos fue mayores al nivel recomendado de 0.7; el constructo que presentó una fiabilidad dudosa fue el de *Hábitos digitales básicos desarrollados* con un valor de 0.516.

Los valores de la fiabilidad compuesta para los cinco constructos se presentan en la Tabla 3. Al considerar las cargas de las variables del modelo causal, se observa que todos superan el límite recomendado de 0.6 (Cronbach y Shavelson, 2004) e incluso de 0.7 (Gliem J. y Gliem, R., 2003). Debido a que el valor de la fiabilidad compuesta del constructo *Hábitos digitales básicos desarrollados* tiene un valor de 0.702, se decidió que siguiera formando parte del modelo.

Figura 2. Representación gráfica PLS del modelo construido



Nota: UTI=Importancia del uso de dispositivos digitales personales; US=Hábitos digitales básicos desarrollados; CRE= Realiza actividades como creador de contenido; FI= Formación en temas relacionados con I4.0; IC= Percepción de la importancia de prepararse para la I4.0; SK= Preparación para I4.0.

Fuente: Elaboración propia.

La validez convergente, representada por la varianza extraída media (AVE), presenta valores para todos los constructos superiores a 0.5 (Fornell y Lacker, 1981). De forma conjunta, las cargas de las variables con sus respectivos constructos resultaron mayores a 0.7 (Henseler, *et al.*, 2014). De este modo, dado que todos los parámetros superan los valores de referencia, se consideró de utilidad de continuar los análisis con todas las variables, incluida la variable *Hábitos digitales básicos desarrollados*.

Tabla 3. *Fiabilidad y validez de constructo*

| | Constructo | Alfa de Cronbach | Fiabilidad compuesta |
|----------------------|--|------------------|----------------------|
| Motivadores internos | Importancia del uso de dispositivos digitales personales | 0.756 | 0.819 |
| | Hábitos digitales básicos desarrollados | 0.516 | 0.702 |
| | Realiza actividades como creador de contenido | 0.766 | 0.822 |
| Motivadores externos | Formación en temas relacionados con I4.0 | 0.897 | 0.909 |
| | Percepción de la importancia de prepararse para la I4.0 | 1.000 | 1.000 |
| Variable dependiente | Nivel de dominio de habilidades (soft skills) para I4.0 | 0.963 | 0.966 |

Fuente: Elaboración propia.

El criterio de Fornell y Larcker (1981), mide las correlaciones entre los constructos. Para este modelo, todos los valores de la raíz cuadrada del AVE son superiores a las correlaciones entre constructos (Tabla 4). Los valores de la diagonal de la matriz de correlaciones son superiores a los valores situados por debajo de la diagonal (que son las correlaciones bivariadas entre constructos).

Tabla 4. *Criterio de Fornell & Larcker*

| | CRE | FI4 | IC | SK | US | UTI |
|-----|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| CRE | 0.644 | | | | | |
| FI4 | 0.082 | 0.662 | | | | |
| IC | -0.085 | -0.081 | 1.000 | | | |
| SK | 0.359 | 0.314 | 0.026 | 0.712 | | |
| US | 0.145 | 0.239 | -0.143 | 0.313 | 0.576 | |
| UTI | 0.226 | 0.080 | 0.227 | 0.422 | 0.066 | 0.601 |

Nota: UTI=Importancia del uso de dispositivos digitales personales; US=Hábitos digitales básicos desarrollados; CRE= Realiza actividades como creador de contenido; FI= Formación en temas relacionados con I4.0; IC= Percepción de la importancia de prepararse para la I4.0; SK= Preparación para I4.0.

Fuente: Elaboración propia.

Derivado de este criterio se identificó que las variables se diferencian claramente, asegurando así la validez discriminante. Se cumple el criterio de las cargas cruzadas de una variable con todos los factores, donde cada ítem se correlaciona más con el factor al que pertenece que con el resto de los factores.

Finalmente, de acuerdo con Franke y Sarstedt (2019), la relación Heterotrait-Monotrait (HT/MT) debe ser inferior a 0.9 para cada par de estructuras. En los valores calculados y mostrados en la Tabla 5, la relación HT/MT entre cada par de factores es inferior a 0.9.

Tabla 5. *Relación Heterotrait-Monotrait (HT/MT)*

| | CRE | FI4 | IC | SK | US | UTI |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| CRE | | | | | | |
| FI4 | 0.246 | | | | | |
| IC | 0.116 | 0.116 | | | | |
| SK | 0.346 | 0.290 | 0.090 | | | |
| US | 0.430 | 0.390 | 0.246 | 0.417 | | |
| UTI | 0.328 | 0.219 | 0.302 | 0.467 | 0.349 | |

Nota: UTI=Importancia del uso de dispositivos digitales personales; US=Hábitos digitales básicos desarrollados; CRE= Realiza actividades como creador de contenido; FI= Formación en temas relacionados con I4.0; IC= Percepción de la importancia de prepararse para la I4.0; SK= Preparación para I4.0.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos en la estimación del modelo de medida aseguran una alta confiabilidad y cumplen con los criterios de validez convergente y discriminante, en consecuencia, se procede a realizar el análisis del modelo estructural.

Evaluación del modelo estructural

La evaluación del modelo estructural mediante el análisis con PLS supone evaluar el peso y la magnitud de las relaciones entre los diferentes constructos. Inicialmente, se realizó el cálculo del factor de la inflación de la varianza (VIF). Los resultados de la Tabla 6 muestran que los valores de las combinaciones de los constructos exógenos con el constructo endógeno están por debajo del umbral de 5. Por lo tanto, la colinealidad entre los constructos predictores no resulta un conflicto en el modelo estructural.

Tabla 6. *Colinealidad entre constructos (valores VIF)*

| Constructo | | Preparación para I4.0 |
|----------------------|--|---|
| Motivadores internos | Importancia del uso de dispositivos digitales personales | UT11: 1.488 UT12: 1.376 UT13: 1.278 UT14: 1.479 UT15: 2.379 UT16: 2.070 UT17: 1.940 UT18: 1.198 UT19: 1.084 |
| | Hábitos digitales básicos desarrollados | US1: 1.145 US2: 1.178 US3: 1.263 US4: 1.076 US5: 1.143 |
| | Realiza actividades como creador de contenido | CRE1: 1.624 CRE2: 1.837 CRE3: 2.168 CRE4: 1.379 CRE5: 1.365 CRE6: 1.941 CRE7: 1.059 |
| Motivadores externos | Formación en temas relacionados con I4.0 | FI41: 1.742 FI42: 1.979 FI43: 1.550 FI44: 1.937 FI45: 2.670 FI46: 3.604 FI47: 2.242 FI48: 2.522 FI49: 2.434 FI4A: 2.264 FI4B: 2.281 FI4C: 2.377 FI4D: 1.956 |
| | Percepción de la importancia de prepararse para la I4.0 | IC: 1.000 |

Fuente: Elaboración propia.

Los coeficientes path o coeficientes de regresión estandarizados (columna “Muestra original (O)” de la Tabla 7) muestran en qué medida cada variable exógena contribuye a la varianza explicada de la variable latente endógena.

En lo que respecta a la valoración de la significatividad de las relaciones, se recurrió a la técnica del Bootstrapping. En la Tabla 7 se muestran los valores de la distribución t-Student de una cola, debido a que en las hipótesis del modelo propuesto se especificaba la dirección de la relación.

Tabla 7. Resultados del análisis Bootstrap

| | Muestra original (O) | Media de la muestra (M) | Desviación estándar (STDEV) | Estadísticos t (O/STDEV) | P Valores |
|---|----------------------|-------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------|
| Importancia del uso de dispositivos digitales personales -> Preparación para I4.0 | 0.333 | 0.334 | 0.076 | 4.394 | 0.000 |
| Hábitos digitales básicos desarrollados -> Preparación para I4.0 | 0.207 | 0.215 | 0.066 | 3.143 | 0.002 |
| Realiza actividades como creador de contenido -> Preparación para I4.0 | 0.238 | 0.245 | 0.077 | 3.069 | 0.002 |
| Formación en temas relacionados con I4.0 -> Preparación para I4.0 | 0.220 | 0.243 | 0.085 | 2.604 | 0.009 |
| Percepción de la importancia de prepararse para la I4.0 -> Preparación para I4.0 | 0.018 | 0.024 | 0.074 | 0.246 | 0.805* |

* El resultado no es significativo a ningún nivel de significación aceptado (0,01, 0,05, 0,10).
Fuente: Elaboración propia.

Puede observarse en la Tabla 7 que la relación con la variable exógena del constructo *Percepción de la importancia de prepararse para la I4.0* no es significativa (p -value = 0.805). Por otra parte, los intervalos de confianza de los coeficientes path por Bootstrapping permiten comprobar si el coeficiente path es significativamente distinto de cero. Para ello, el intervalo no debe incluir el cero (Hair *et al.*, 2017). En la Tabla 8 se puede observar que la relación con la variable exógena del constructo *Percepción de la importancia de prepararse para la I4.0* no es significativa para los resultados que se obtienen en sus intervalos de confianza.

El coeficiente de determinación R^2 proporciona la varianza de las variables latentes dependientes que viene explicada por los constructos que la predicen.

Según Drapper y Smith (1998), la R^2 no debería tener un valor inferior a 0.1. Los resultados R^2 del modelo cumplen con los niveles recomendados, y el valor para la variable dependiente es de 0.360 (0.334 la R^2 ajustada), resultado que indica que la variable endógena *Preparación para adoptar I4.0*

Tabla 8. *Análisis Bootstrapping*

| | | Muestra original (O) | Media de la muestra (M) | Sesgo | 2.5% | 97.5% |
|----------------------|---|----------------------|-------------------------|-------|--------|-------|
| Motivadores internos | Importancia del uso de dispositivos digitales personales -> Preparación para I4.0 | 0.333 | 0.334 | 0.001 | 0.174 | 0.472 |
| | Hábitos digitales básicos desarrollados -> Preparación para I4.0 | 0.207 | 0.215 | 0.008 | 0.056 | 0.322 |
| | Realiza actividades como creador de contenido -> Preparación para I4.0 | 0.238 | 0.245 | 0.008 | 0.076 | 0.381 |
| Motivadores Externos | Formación en temas relacionados con I4.0 -> Preparación para I4.0 | 0.220 | 0.243 | 0.023 | -0.277 | 0.325 |
| | Percepción de la importancia de prepararse para la I4.0 -> Preparación para I4.0 | 0.018 | 0.024 | 0.005 | -0.120 | 0.161 |

Fuente: Elaboración propia.

es explicada en suficiente medida por los constructos propuestos en el modelo.

El impacto de las variables latentes exógenas sobre la endógena se recoge a través del tamaño del efecto f^2 . En la Tabla 9 se muestra el valor f^2 de los constructos del modelo.

Tabla 9. f^2 de los constructos del modelo

| | Constructo | Preparación para I4.0 |
|----------------------|--|-----------------------|
| Motivadores internos | Importancia del uso de dispositivos digitales personales | 0.152 |
| | Hábitos digitales básicos desarrollados | 0.061 |
| | Realiza actividades como creador de contenido | 0.081 |
| Motivadores externos | Formación en temas relacionados con I4.0 | 0.071 |
| | Percepción de la importancia de prepararse para la I4.0 | 0.000 |

Fuente: Elaboración propia.

El constructo *Percepción de la importancia de prepararse para la I4.0* tiene un valor no representativo de $f^2 = 0.000$. Las variables *Formación en temas relacionados con I4.0* con $f^2 = 0.071$ y *Hábitos digitales básicos desarrollados* con $f^2 = 0.061$ presentan efectos medios ($f^2 > 0.06$). Los efectos mayores se encuentran en las relaciones *Realiza actividades como creador de contenido -> Preparación para adoptar I4.0* con $f^2 = 0.081$, y especialmente,

en la relación del constructo *Importancia del uso de dispositivos digitales personales* -> *Preparación para adoptar I4.0* con $f^2 = 0.152$.

Por último, se realizó la prueba Stone-Geisser mediante la técnica del Blindfolding, para obtener la capacidad predictiva del modelo. Dicha prueba proporciona el parámetro Q^2 , el cual debe ser positivo, para concluir que el modelo tiene relevancia predictiva (Sullivan y Feinn, 2012; Hahn y Ang, 2017). En la Tabla 10 se muestra que el valor Q^2 del constructo dependiente es mayor a cero (0.166), lo que confirma que el modelo tiene relevancia predictiva.

Tabla 10. Resultado de la relevancia predictiva (Q^2)

| Constructo | | SSO | SSE | Q^2 (=1-SSE/SSO) |
|-----------------------|--|-----------|-----------|-----------------------|
| Motivadores internos | Importancia del uso de dispositivos digitales personales | 1 161.000 | 1 161.000 | |
| | Hábitos digitales básicos desarrollados | 516.000 | 516.000 | |
| | Realiza actividades como creador de contenido | 774.000 | 774.000 | |
| Motivadores Externos | Formación en temas relacionados con I4.0 | 1 677.000 | 1 677.000 | |
| | Percepción de la importancia de prepararse para la I4.0 | 129.000 | 129.000 | |
| Preparación para I4.0 | | 3 612.000 | 3 012.613 | 0.166 |

Fuente: Elaboración propia.

Después del análisis PLS se llevó a cabo un análisis de la potencia estadística de la muestra. Para realizar dicho análisis se utilizó al programa G*Power (Universität Düsseldorf, 2024), mediante la estimación del estadístico F^2 a partir del coeficiente de determinación R^2 obtenido en el modelo estructural (Faul *et al.*, 2009).

En este caso las cinco variables predictoras incorporadas en el modelo explican el 64.8% de la varianza total de la variable dependiente, siendo el valor del tamaño del efecto $f^2 = 1.8418295$.

Se trata de un valor significativo, lo cual es evidencia estadística del efecto de las variables incorporadas en el modelo (Cohen, 2013). Por lo tanto, el análisis anterior determina y confirma la potencia estadística definitiva de la muestra.

Con base en los valores obtenidos de las pruebas T, VIF y F^2 que se presentan en la Tabla 11, se realizaron las pruebas a las hipótesis hechas a

priori sobre la población basándose en evidencia muestral para tomar la decisión de aceptar o rechazar tales supuestos.

Tabla 11. Pruebas de hipótesis

| Hipótesis | T-value | VIF | f ² | Decisión |
|------------------|---------|-------|----------------|--------------|
| H ₀ 1 | 4.394 | 1.138 | 0.152 | Soportado |
| H ₀ 2 | 3.143 | 1.097 | 0.061 | Soportado |
| H ₀ 3 | 3.069 | 1.091 | 0.081 | Soportado |
| H ₀ 4 | 2.64 | 1.071 | 0.071 | Soportado |
| H ₀ 5 | 0.246 | 1.104 | 0.000 | No soportado |

Fuente: Elaboración propia.

Con base en la tabla 12, se rechazan H₀1, H₀2, H₀3 y H₀4 debido a que el T-value > 1.96 (para un $\alpha = 5\%$). En tanto, los valores $1 < VIF < 5$ sugiere una correlación moderada pero no sería necesario resolverla (Bolanos, 2023). Mientras que los valores f² para H₀1, H₀2, H₀3 y H₀4 presentan efectos estadísticos válidos.

De acuerdo con los resultados y el análisis presentados en la Tabla 7 se rechazan las hipótesis nulas H₀1, H₀2, H₀3 y H₀4, y se aceptan las hipótesis alternas:

H_A1: El uso de las herramientas digitales como un recurso de aprendizaje influye en el desarrollo de habilidades en los estudiantes que favorecer la adopción de la Industria 4.0.

H_A2: Los hábitos digitales de los estudiantes influyen en el desarrollo de habilidades relacionadas con la adopción de la Industria 4.0.

H_A3: Las actividades de los estudiantes en el rol de creadores de contenido, influyen en el desarrollo de habilidades que permiten estar preparados para la adopción de la Industria 4.0.

H_A4: Abordar temas identificados en la literatura como pilares de la Industria 4.0 en las asignaturas disciplinares de los programas educativos, influye en el desarrollo de habilidades que permiten a los estudiantes estar preparados para la adopción de la Industria 4.0.

Mientras que no se rechaza la hipótesis H₀5: La percepción que tienen los estudiantes de la importancia de prepararse para la Industria 4.0, no influye

en el desarrollo de habilidades que les permiten estar preparados para su adopción. Lo anterior fundamentado en los resultados de las pruebas T- value, VIF y f^2 que no presentan evidencias estadísticas de que exista tal influencia.

Conclusiones

Los resultados del análisis estadístico de la encuesta a estudiantes demuestran que la integración de herramientas digitales como recursos educativos tiene un impacto significativo en el desarrollo de habilidades necesarias para la adopción de la Industria 4.0, facilitando la preparación de los estudiantes en este ámbito.

Además, los hábitos digitales adquiridos juegan un papel crucial en el desarrollo de habilidades relevantes para la adopción de la Industria 4.0.

La participación de los estudiantes como creadores de contenido también ejerce una influencia en el desarrollo de las habilidades esenciales para abordar los desafíos asociados con la Industria 4.0.

Por otra parte, abordar los conceptos fundamentales de la Industria 4.0 en las asignaturas disciplinares de los programas educativos contribuye al desarrollo de habilidades que preparan a los estudiantes para integrarse en este contexto industrial avanzado.

No obstante, los resultados señalan que la percepción que los estudiantes tienen acerca de la importancia de prepararse para la Industria 4.0 no se traduce necesariamente en el desarrollo efectivo de las habilidades deseadas.

Los hallazgos están en concordancia con el trabajo de Storberg-Walker (2004), que señala que los impulsores de la creación de valor incluyen a las relaciones sociales y los sistemas organizativos. El análisis realizado confirma lo anterior, al encontrar significativa las actividades desarrolladas en las aulas de las universidades, en donde se discuten los conceptos fundamentales de la Industria 4.0 y se desarrollan las competencias para enfrentar los desafíos del nuevo contexto.

Asimismo, la confirmación de la incidencia de los hábitos digitales adquiridos, la integración de herramientas digitales y la participación de los estudiantes como creadores de contenido, confirman que los conocimientos y las habilidades tienen el potencial de generar sujetos mejor preparados

para generar valor en la era de la industria 4.0. Por el contrario, los referentes teóricos señalan a las actitudes individuales, como un factor determinante y en este trabajo la percepción que tienen los estudiantes tienen acerca de la importancia de prepararse para la Industria 4.0, no resultó significativa.

Limitaciones

Es importante destacar que nuestra investigación tomó como referencia una autoreflexión de los estudiantes en cuanto al desarrollo de habilidades para aprovechar las tecnologías de la Industria 4.0, será importante triangular la información con una heteroevaluación realizada por empleadores o agentes capacitadores que corroboren dichas capacidades.

Además, en un trabajo futuro se deberá ahondar en el tema y encontrar mejores maneras de medir la percepción de la importancia de la industria 4.0, analizar si es semejante al concepto actitud individual ante la industria 4.0 o miden variables distintas.

Referencias

- Apella, I. (2022). Transformaciones en el mercado laboral: La demanda de habilidades cognitivas no rutinarias en España y América Latina. *Revista de Sociología Laboral*, 14(2), 35-52.
- Babbie, E. R. (2009). *The Practice of Social Research* (12th Edition). Belmont, CA: Wadsworth Publishing. ISBN-13: 9780495598411.
- Barrientos-Avendaño, E., Areniz-Arévalo, Y. (2019). Universidad inteligente: Oportunidades y desafíos desde la Industria 4.0. *Revista Ingenio*, 16(1), 56-60.
- Bartlett, M. S. (1937). Properties of sufficiency and statistical tests. *Proceedings of the Royal Statistical Society, Series A*, 160, 268- 282.
- BCG (2016) *Industry 4.0*. BCG Global. <https://www.bcg.com/capabilities/manufacturing/industry-4.0>
- Beltrán-Ríos, J. A., López-Giraldo, J. A., Gelvez-Velásquez, C., Quintero-Benítez, S., & Benítez-Cardona, V. K. (2019). Gestión del conocimiento: una estrategia innovadora para el desarrollo de las universidades. *Clío América*, 13(26), 362-369.
- Bissola, R. & Imperatori, B. (2019). HRM in the Industry 4.0 Era: Are Workers Still in The Center? HRM 4.0 For Human-Centered Organizations. *Advanced series in management*.

- Bolanos, P. (2023). *RPubs by RStudio. Lección 1*. <https://rpubs.com/PaulinaBol/1030285>
- Briones-Cedeño, K. L., González-Calzadilla, C. S. (2019). La universidad contemporánea y la gestión del talento humano. Apuntes y reflexiones. *Revista San Gregorio*, (35), 81-93.
- Calderón C. J., Ortiz C. K. M., Alcibar T. C. (2018). Análisis factorial exploratorio como método multivariante para validación de datos académicos en plataformas virtuales. *Revista Lasallista de Investigación*, 15(2). <https://doi.org/10.22507/rli.v15n2a1>
- Campos, R. (2022). Educación y empleabilidad: La importancia de la colaboración universidad-empresa. *Perspectivas Educativas*, 15(2), 35-47.
- Cho, E., Kim, S. (2015). Cronbach's coefficient alpha: Well-known but poorly understood. *Organizational Research Methods*, 18(2), 207-230.
- Choi, J. (2018). "Innovación y destrucción de empleo: Un análisis sectorial". *Journal of Labor Economics*, 36(2), 123-148.
- Ciolacu, M., Tehrani, A. F., Beer, R., Popp, H. (2018). Education 4.0-Fostering student's performance with machine learning methods. *IEEE 23rd International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME)*, 438-443. <https://doi.org/10.1109/SIITME.2017.8259941>
- Ciolacu, M., Tehrani, A. F., Binder, L., Svasta, P. M. (2019). Education 4.0-Artificial Intelligence Assisted Higher Education: Early recognition System with Machine Learning to support Students' Success. *IEEE 24th International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME)*, 135-141. <https://doi.org/10.1109/siitme.2018.8599203>
- Clavert, M., (2019). *Industry 4.0 Implications for Higher Education Institutions State of maturity and competence needs*. Collaborative Digital Shift Towards a New Framework for Industry and Education. https://www.universitiesofthefuture.eu/wp-content/uploads/2019/02/State-of-Maturity_Report.pdf
- Cohen, J. (2013). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Routledge.
- Cronbach, L. J., Shavelson, R. J. (2004). My Current Thoughts on Coefficient Alpha and Successor Procedures. *Educational and Psychological Measurement*, 64(3), 391-418.
- Cureton, E. E., D'Agostino, R. B. (1993). *Factor Analysis: An Applied Approach* (1st ed.). Psychology Press. <https://doi.org/10.4324/9781315799476>
- daSilva, L. B. P., Soltovski, R., Pontes, J., Treinta, F. T., Leitão, P., Mosconi, E., de Resende, L. M., Yoshino, R. T. (2022). Human Resources Management 4.0: Literature Review and Trends. *Computers & Industrial Engineering*, 108111. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108111>
- Dávalos-Gómez, U. (2023). Industry 4.0 as a catalyst for digital transformation in education. *Revista E-TECH: Tecnologías para Competitividad Industrial*, 16(3). <https://doi.org/10.18624/etech.v16i3.1313>
- Donménech, R., García, J. R., Montañez, M., Neut, A. (2018). *¿Cuán vulnerable es el empleo en España a la revolución digital?* BBVA Research: Observatorio Económico.
- Draper, N. R., Smith, H. (1998). *Applied Regression Analysis*. WileyInterscience.
- Fajardo-Aguilar, G. M., Ayala Gavilanes, D. C., Arroba Freire, E. M., López Quincha, M. (2023). Inteligencia Artificial y la Educación Universitaria: Una revisión sistemática.

- Magazine De Las Ciencias: Revista De Investigación E Innovación*, 8(1), 109-131. <https://doi.org/10.33262/rmc.v8i1.2935>
- Ferrando, P. J., Lorenzo-Seva, U. (2014). Exploratory item factor analysis: Additional considerations. *Anales de psicología*, 30(3), 1170-1175.
- Fornell, C., Larcker, D. F. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error, *Journal of Marketing Research*, 18(1), 39-50.
- Franke, G., Sarstedt, M. (2019). Heuristics versus statistics in discriminant validity testing: a comparison of four procedures. *Internet Research*, 29(3) 430-447. <https://doi.org/10.1108/IntR-12-2017-0515>
- Gliem, J. A., Gliem, R. R. (2003). Calculating, interpreting, and reporting Cronbach's alpha reliability coefficient for Likert-type scales. *Midwest Research-to-Practice Conference in Adult, Continuing, and Community Education*, 4(3), 82-88.
- Groves, R.M., Fowler, F.J. Jr., Couper, M.P., Lepkowski, J.M., Singer, E., Tourangeau, R. (2009) *Survey Methodology* (2nd Edition). Hoboken, N.J.: Wiley & Sons ISBN-13: 978-0-470-46546-2.
- Habraken, M., Bondarouk, T. (2017). Smart industry research in the field of HRM: Resetting job design as an example of upcoming challenges. *Electronic HRM in the smart era*. 221-259.
- Hahn, E. D., Ang, S. H. (2017). From the editors: new directions in the reporting of statistical results in the Journal of World Business. *Journal of World Business*, 52, 125-126.
- Hair, J. F., Babin, B. J., Krey, N. (2017). Covariance-based structural equation modeling in the Journal of Advertising: Review and recommendations. *Journal of Advertising*, 46(1), 163-177.
- Hansson, F., Norn, M. T., Vad, T. B. (2014). Modernize the public sector through innovation? A challenge for the role of applied social science and evaluation. *Evaluation*, 20(2), 244-260.
- Henningsson, M., Sundbom, E., Armelius, B. Å., Erdberg, P. (2001). PLS model building: A multivariate approach to personality test data. *Scandinavian journal of psychology*, 42(5), 399-409.
- Henseler, J., Ringle, C. M., Sarstedt, M. (2014). A new criterion for assessing discriminant validity in variance-based structural equation modeling. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 43 (1), 115-135.
- Hernández-Sampieri, R., Torres, C. P. M. (2018). *Metodología de la investigación* (Vol. 4). McGraw-Hill Interamericana.
- Irrazabal, M. D., Otero-Agreda, O. E., Nivelá-Cornejo, M. A. (2021). Los cambios de la tecnología usada en educación a través del tiempo. *Horizontes Revista de Investigación en Ciencias de la Educación*, 5(21), 58-71.
- Kirchner, P. (2018). Formación y mercado laboral: Adaptación de habilidades. *Revista de Educación y Trabajo*, 12(3), 45-60.
- Ledesma, R. D., Ferrando, P. J., Tosi, J. D. (2019). Uso del Análisis Factorial Exploratorio en RIDEP. Recomendaciones para autores y revisores. *Revista Iberoamericana de Diagnóstico y Evaluación Psicológica*, 3(52), 173-180.

- Liboni, L. B., Cezarino, L. O., Jabbour, C. J. C., Oliveira, B. G., Stefanelli, N. O. (2019). Smart industry and the pathways to HRM 4.0: Implications for SCM. *Supply Chain Management: An International Journal*, 24 (1). 124-146. <http://doi.org/10.1108/SCM-03-2018-0150>
- Lloret-Segura, S., Ferreres-Traver, A., Hernández-Baeza, A., TomásMarco, I. (2014). El análisis factorial exploratorio de los ítems: una guía práctica, revisada y actualizada. *Anales de Psicología/Annals of Psychology*, 30(3), 1151-1169.
- Lohmöller, J. B. (1989). *Latent Variable Path Modeling with Partial Least Squares*. Heidelberg: Physica.
- López, M. (2022). Desarrollo de competencias en el siglo XXI: Creatividad, comunicación y resolución de problemas. *Journal of Contemporary Education*, 29(1), 88-104.
- Lugo, M. T., Ithurburu, V. (2019). Políticas digitales en América Latina. Tecnologías para fortalecer la educación de calidad. *Revista iberoamericana de educación*, 79(1), 11-31.
- Maurizio, R. (2023). Automatización y vulnerabilidad laboral: Implicaciones para los trabajadores de bajos ingresos. *Economía y Desarrollo Humano*, 19(1), 22-38.
- Méndez, C., Rodón, M. A. (2012). Introducción al análisis factorial exploratorio. *Revista colombiana de psiquiatría*, 41(1), 197-207.
- Mikhailov, A. N., Rodin, A. B., Smirnova, M. I. (2018). Humanization of Engineering Education in Conditions of the Process of Industry 4.0 Forming. 2018 4th International Conference on Information Technologies in Engineering Education, INFORINO 2018-Proceedings, 1-4. IEEE. <https://doi.org/10.1109/INFORINO.2018.8581805>
- Moguel, E. A. R. (2005). Metodología de la Investigación. Univ. J. Autónoma de Tabasco.
- Morales, L. (2022). Estrategias empresariales en la Industria 4.0: Aprovechando el talento multidisciplinario. *Journal of Industrial Management*, 18(3), 50-67.
- Motyl, B., Baronio, G., Uberti, S., Speranza, D., Filippi, S. (2017). How will Change the Future Engineers' Skills in the Industry 4.0 Framework? A Questionnaire Survey. *Procedia Manufacturing*, 11(June), 1501-1509. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.282>
- Paraschiv, D., Țițan, E., Manea, D., Bănescu, C. (2022). The Risk of Automation of Occupations at European Level. In Pamfilie, V. Dinu, C. Vasiliu, D. Pleșea, L. Tăchiciu eds. 2022. 8th BASIQ International Conference on New Trends in Sustainable Business and Consumption. Graz, Austria, May 2022. Bucharest: ASE, pp. 490-497. <https://doi.org/10.24818/BASIQ/2022/08/065>
- Pascual, J. (2019). Transformación digital y productividad: Nuevas estrategias para la competitividad. *Economía y Empresa*, 27(2), 112-130.
- Pastrana-Muñoz, J. C., Díaz, A. M., Lafont, C. P. R. (2022). Incorporación de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) en espacios educativos formales bajo un enfoque de inclusión social. *Panorama*, 16(30), 14.
- Pérez, E. R., Medrano, L. A. (2010). Análisis factorial exploratorio: bases conceptuales y metodológicas. *Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento (RACC)*, 2(1), 58-66.
- Piccarozzi, M., Aquilani, B., Gatti, C. (2018). Industry 4.0 in management studies: A systematic literature review. *Sustainability (Switzerland)*, 10(10), 1-24. <https://doi.org/10.3390/su10103821>

- Pouliakas, K. (2018). Automation risk in the EU labour market: a skill-needs approach. European Centre for the Development of Vocational Training *CEDEFOP, Thessaloniki*. University of Aberdeen Business School and IZA.
- Ramayah, T., Yeap, J. A., Ahmad, N. H., Halim, H. A., Rahman, S. A. (2017). Testing a confirmatory model of Facebook usage in SmartPLS using consistent PLS. *International Journal of Business and Innovation*, 3(2), 1-14.
- Ringle, C.M., Wende, S., Becker, J.M. (2015) SmartPLS. SmartPLS GmbH, *Boenningstedt*. <http://www.smartpls.com>
- Rodríguez G. C., Padilla F. G., Valenzuela O. M. (2019). Análisis factorial exploratorio para las percepciones estudiantiles en torno a la evaluación académica. *Páginas de Educación*, 12(1), 150163.
- Rose, J., Lukic, V., Milon, T., Cappuzzo, A. (2016). Sprinting to value in Industry 4.0. *BCG Perspectives*. <https://www.bcg.com/publications/2016/leanmanufacturing-technology-digital-sprinting-to-value-industry-40>
- Sánchez, F. (2019). Desempleo tecnológico: Realidad y perspectivas. *Informe sobre el Futuro del Trabajo*, 11(3), 78-94.
- Sánchez, F. (2021). El impacto de la digitalización y la robotización en el empleo: Ganadores y perdedores. *Revista de Economía Digital*, 23(4), 45-60.
- Santiago-Sáez A., García-Martín A. F, Olivares-Pardo E, Liano-Riera M, Labajo-González E., Perea-Pérez B. (2021). Balance del asesoramiento médico legal hospitalario mediante análisis factorial exploratorio. *Rev Esp Med Legal*. <https://doi.org/10.1016/j.reml.2020.10.002>
- Santos, B. P., Charrua-Santos, F., Lima, T. M. (2018). Industry 4.0: an overview. *Proceedings of the World Congress on engineering* (Vol. 2, pp. 4-6). IAEN, London, UK.
- Sarstedt, M., Cheah, J. H. (2019). Partial least squares structural equation modeling using: a software review. *Journal of Marketing Analytics*, 7(6), 196-202. <https://doi.org/10.1057/s41270-01900058-3>
- Schwabe, H., Castellacci, F. (2020). Automation, workers' skills and job satisfaction. *Plos one*, 15(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242929>
- Segarra, A., Martínez, R., Torres, P. (2021). Automatización y desarrollo profesional en la Industria 4.0. *Revista de Innovación y Tecnología*, 33(1), 78-95.
- Shelby L.B. (2011) Beyond Cronbach's Alpha: Considering Confirmatory Factor Analysis and Segmentation, *Human Dimensions of Wildlife: An International Journal*, 16(2), 142-148.
- Silva, V. L., Kovaleski, J. L., Pagani, R. N., Corsi, A., Gomes, M. A. S. (2020). Human factor in smart industry: A literature review. *Future Studies Research Journal: Trends and Strategies*, 12(1), 87-111. <https://doi.org/10.24023/FutureJournal/2175-5825/2020.v12i1.473>
- Sintas, J. L., Souto Nieves, G., Van Hemmen, S. F. (2018). Innovación digital y transformación de las organizaciones: implicaciones sociales y laborales. *La revolución digital en España. Impacto y retos sobre el mercado de trabajo y el bienestar*, 47-81.
- Stachová, K., Papula, J., Stacho, Z., Kohnová, L. (2019). External partnerships in emplo-

- ylle education and development as the key to facing industry 4.0 challenges. *Sustainability (Switzerland)*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/su11020345>
- Stentoft, J., Wickstrøm, K., Philipsen, K., Haug, A. (2020). Drivers and barriers for Industry 4.0 readiness and practice: empirical evidence from small and medium-sized manufacturers. *Production Planning & Control*, <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1768318>
- Storberg-Walker, J. B. (2004). *Towards a theory of human capital transformation through human resource development*. University of Minnesota.
- Sullivan, G. M., Feinn, R. (2012). Using Effect Size-or why the p Value is not enough. *Journal of Graduate Medical Education*, 4(3), 279- 282.
- Tortorella, G. L., Cawley Vergara, A. Mac, Garza-Reyes, J. A. & Sawhney, R. (2020). Organizational learning paths based upon industry 4.0 adoption: An empirical study with Brazilian manufacturers. *International Journal of Production Economics*, 284-294. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.06.023>
- Ulloa-Duque, G. S., Torres-Mansur, S. M., López-Piñón, D. C. (2020). Industria 4.0 en la educación superior. *Vinculatégica EFAN*, 6(2), 1348-1357.
- Universität Düsseldorf. (2024). G*Power Statistical Power Analyses. <https://www.psychologie.hhu.de/arbeitsgruppen/allgemeine-psychologie-und-arbeitspsychologie/gpower>
- World Economic Forum. (2022). Strategic Intelligence. https://intelligence.weforum.org/topics/a1Gb0000001RIhBEAW/keys-issues/a1Gb00000027vYXEAY?utm_source=sfmc&utm_medium=email&utm_campaign=2773127_Si-WeeklyNewsletterV5-Live-10-01-2022&utm_term=
- World Economic Forum. (2023). Global Human Capital Report 2023. <https://www.weforum.org/agenda/2023/05/growth-summit-2023-developing-human-capital-deep-dive/>
- World Economic Forum. (2023). The Future of Jobs Report 2023. <https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2023/>

2. Sostenibilidad y desarrollo económico desde las medianas empresas con creación de valor compartido e innovación social

HERIBERTO NICCOLAS MORALES*

JAIME GARNICA GONZÁLEZ**

CÉSAR ALFONSO ARROYO BARRANCO***

Resumen

En la actualidad, las empresas de tamaño mediano desempeñan un papel significativo en la cuota de mercado. Debido a esto y a la creciente demanda de implementar políticas que favorezcan prácticas sostenibles en estas empresas, se ha identificado la aplicación de prácticas, que han ganado relevancia en los últimos años, como una estrategia clave para impulsar tanto la sostenibilidad como el crecimiento económico. Estas prácticas están enfocadas en promover la creación de valor compartido, un concepto que se refiere al desarrollo económico y social simultáneo, generado por medio de la interacción entre la empresa y la comunidad en la que se establece. Además, se incluye la innovación social, que consiste en convertir ideas en bienes o servicios que respondan a necesidades sociales y ambientales. Ambos enfoques ofrecen beneficios tanto para la sociedad como para las empresas. Este trabajo tiene como objetivo reformular un modelo visual sistémico que guíe a las empresas medianas en la promoción y el fortalecimiento de la sostenibilidad y el desarrollo económico teniendo como soporte la creación de valor

* Doctor en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México. Maestro en Ingeniería (Planeación), Universidad Nacional Autónoma de México, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6402-121X>

** Doctor en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México. Maestro en Ingeniería (Planeación), Universidad Nacional Autónoma de México, México. <https://orcid.org/0000-0002-2453-5144>

*** Doctor en Diseño y Desarrollo de Productos, Universidad Autónoma Metropolitana, México. Maestro en Ingeniería Industrial, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2453-5144>

compartido y la innovación social con orientación estratégica. La investigación es de corte cualitativo-interpretativo. Para la elaboración del modelo propuesto se emplean el pensamiento visual y el pensamiento sistémico como metodologías de diseño. El modelo resultante integra cuatro subsistemas, 16 elementos, 15 componentes, diez factores y cuatro ejes. Se concluye que este modelo visual puede ser útil para facilitar la comprensión y el trabajo colaborativo entre las entidades involucradas en procesos de cambio orientados al desarrollo económico y la sostenibilidad.

Palabras clave: *creación de valor compartido, desarrollo económico, innovación social, sostenibilidad, medianas empresas.*

Introducción

La sociedad hace frente a un sinnúmero de retos que se relacionan con la utilización adecuada de los recursos naturales empleados en los procesos productivos. Por ello, la creciente preocupación por cuestiones ambientales ha impulsado a las grandes empresas a adoptar enfoques con una visión social. La idea de crear valor compartido y de la innovación social han surgido como alternativas para ayudar a las empresas a redefinir la estrategia empresarial y considerar como una prioridad generar beneficios a la sociedad y operar bajo un régimen con miras a la sostenibilidad.

Vargas (2021), señala que el concepto de innovación social (IS) envuelve una gran cantidad de ejes, desde la resolución de situaciones problema de naturaleza social con la generación de proyectos tangibles como productos o servicios hasta cambios de actitudes, comportamientos o percepciones que producen cambios en las dinámicas sociales. La necesidad de innovar en el aspecto social surge a través de la observación de fenómenos desfavorables que repercuten de forma negativa en la sociedad y en el entorno que la rodea, y como resultado de esta observación comienza una búsqueda para dar solución a diversas problemáticas desatendidas. Por lo anterior, se considera que la innovación social es un factor importante para el desarrollo de la sociedad, debido a que a partir de ella surgen nuevas perspectivas que resultan inclusive en cambios en los paradigmas actuales.

Según Medeiros, Gonçalves y Camargos (2019), la competitividad está directamente ligada a la habilidad para implementar estrategias que generen ventaja y a la capacidad de mantener los productos en el mercado de manera constante. Por este motivo, resulta imprescindible que las medianas empresas dirijan su planeación y ejecución con el fin de volverse competitivas, lo que permitirá fomentar el crecimiento empresarial y la creación de valor compartido, que implica la modificación de los modelos tradicionalmente establecidos, donde las metas de crecimiento y desarrollo empresarial se enfoquen en entregar valor a la sociedad. Actualmente eso sería únicamente posible si además de brindar beneficios, se considera actuar de forma responsable con el ambiente, por lo que la promoción de la sustentabilidad tiene un papel importante en la creación de valor compartido. De acuerdo con lo planteado por Figueroa, Moreno y Tualombo (2022), es imprescindible para una empresa que rige sus principios bajo la premisa del valor compartido, orientar su estrategia empresarial, no sólo a la consecución de objetivos primarios, sino contribuir al bienestar social y el desarrollo económico.

La problemática que se observa es la dificultad que se tiene para articular de manera efectiva los esfuerzos y las acciones realizados por las empresas, la academia, las entidades gubernamentales y la sociedad para lograr la competitividad y sostenibilidad en naciones que se encuentran en vías de desarrollo. La competitividad empresarial se refiere a la habilidad de una organización para diseñar e implementar estrategias innovadoras que le permitan consolidar o expandir su posición en el mercado de manera duradera, según Medeiros, Gonçalves y Camargos (2019).

En este trabajo se presenta un replanteamiento de un modelo generado por los autores, considerando factores que contribuyen a la sostenibilidad y que se representan de manera más clara y explícita en el modelo visual sistémico generado. Retomar la reflexión sobre los enfoques de creación de valor compartido y la innovación social para replantear un modelo visual sistémico que se oriente a fomentar e impulsar el desarrollo económico y la sostenibilidad con apoyo de las medianas empresas es el principal objetivo de este trabajo. Se considera que el modelo propuesto representa una aportación al campo de la gestión empresarial de las medianas empresas, por ser éstas las que tienen una mayor oportunidad de volverse más competitivas

al mejorar sus habilidades de administración, procesos, sistemas de apoyo y organización.

Marco teórico o revisión de la literatura

Redes y asociaciones: clave para la sostenibilidad

Según Markkula y Sinko (2009), aunque el aprendizaje es fundamental para superar las crisis actuales, los líderes políticos aún no reconocen plenamente su importancia debido a su enfoque limitado por políticas y creencias pasadas. Lo anterior se hizo más evidente durante la pandemia de COVID-19 que se generó en el inicio de la tercera década del presente siglo. Markkula y Sinko (2009) enfatizan la necesidad de superar el pensamiento convencional para impulsar la innovación sistémica en economías del conocimiento en constante evolución. Un aspecto clave en este debate es la optimización de la interconexión entre el mundo laboral y la academia, esencial para catalizar la innovación en economías basadas en el conocimiento. En este sentido, los países latinoamericanos necesitan hacer esfuerzos mayores para lograr establecer y mantener en el tiempo, lazos fuertes de interacción y colaboración entre las empresas y las instituciones de educación superior que realizan investigación básica y aplicada. Las asociaciones tienen el potencial y la responsabilidad de facilitar una colaboración transversal y a gran escala en redes interconectadas, reuniendo a numerosos expertos de empresas y universidades. La innovación abierta es el motor del cambio, integrando la investigación universitaria, la enseñanza, el aprendizaje y diversas formas de colaboración multidimensional.

La innovación abierta, según Chesbrough (2003), es una estrategia que rompe barreras organizacionales, fomentando la colaboración con expertos externos para potenciar el crecimiento, en la cual las organizaciones profundizan más allá de sus límites internos (innovación cerrada) y en donde los conceptos colaborativos con profesionales externos se orientan a promover un desarrollo para la organización (citado por González y Álvarez, 2019). La innovación abierta desempeñará un papel clave en las economías desarrolladas durante los próximos años, derivado de las nuevas tendencias

tecnológicas que impulsarán la innovación, desde el *blockchain* hasta la digitalización, pasando por la investigación genómica, vinculadas con los objetivos internacionales, como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) para 2015-2030 (Bogers, Chesbrough y Moedas, 2018). La cooperación para los esfuerzos de innovación resulta crucial y en los últimos años se ha incrementado (Freire y Gonçalves, 2022). Para que las alianzas como redes y asociaciones sean efectivas, Bradley Googins y Philip Mirvis (2013) identifican prácticas clave en su libro “Beyond Good Company”. Estas incluyen las siguientes:

- a) Alinear la misión, la cultura, la perspectiva de mercado y el compromiso entre las partes participantes.
- b) Armonizar intereses y objetivos divergentes.
- c) Establecer y mantener la confianza mutua.
- d) Diseñar estrategias de colaboración efectivas (coordinación, cooperación, integración y transformación).
- e) Implementar comunicación continua y efectiva, interna y externamente.
- f) Establecer mecanismos de gobernanza y responsabilidad compartida.

Otro aspecto clave es la interconexión entre docencia, investigación e innovación en la universidad, donde la transferencia de conocimiento generado se convierte en un objetivo estratégico, conocido como la “tercera misión” universitaria (Tourrián, 2020). Este compromiso transforma el conocimiento en valor económico, impulsando: competitividad, innovación, creatividad y desarrollo cultural, social, científico y tecnológico de un territorio. Esta “tercera misión” enfatiza la responsabilidad de la universidad de generar conocimiento aplicable; fomentar la innovación empresarial, contribuir al desarrollo regional y fortalecer la relación academia-sociedad. Sin embargo, existen dificultades inherentes al proceso de vinculación de las universidades y la existencia de diversas barreras que dificultan su consolidación en el ámbito académico, como apuntan algunos estudios que han identificado tres tipos de barreras para la adopción de la tercera misión: de proceso, del investigador y del aliado o socio (Naranjo, Vega y Manjarres, 2023).

La importancia de la creación de valor compartido y la innovación social

En la última década, los conceptos de creación de valor compartido (CVC) e innovación social (IS) han ganado relevancia y capturado el interés de diversos grupos de interés relacionados con políticas sociales, sostenibilidad y responsabilidad social empresarial (RSE) en instituciones públicas y organizaciones privadas de países desarrollados. Existe una estrecha relación entre CVC y RSE, con algunas diferencias. La CVC implica una integración estratégica de la responsabilidad social en la cadena de valor empresarial, generando valor económico y social simultáneamente (Murillo, García y Azuero, 2022).

Michael Porter, profesor de Harvard, y Mark R. Kramer, cofundador de FSG, promueven la CVC para incentivar innovaciones empresariales que consideren el entorno social, sin comprometer ganancias, y beneficien a la sociedad ofreciendo productos accesibles a consumidores desfavorecidos y con menor poder adquisitivo (Becerra, Gutiérrez y Valcarce, 2019).

La CVC se refiere a políticas y prácticas operacionales que mejoran la competitividad empresarial mientras abordan las necesidades económicas y sociales en las comunidades donde operan, enfocándose en las conexiones entre progreso económico y social (Porter y Kramer, 2011; Gutiérrez, 2019).

Es de vital importancia identificar las oportunidades, pues aunque parezca muy sencillo la mayoría de las empresas no tiene la capacidad de reconocer los diversos problemas sociales a los que están expuestas, pues es ahí donde están las verdaderas oportunidades, donde se pueden realizar mejoras, adaptaciones, modificaciones, cualquier actividad que tenga como resultado una mejora dentro de la empresa y pueda trasladar beneficio a la sociedad. La CVC es una estrategia de negocio importante a tomar en cuenta en cualquier empresa, debido a que permite poner a prueba proyectos, formar alianzas y acceder a mercados nuevos. Un factor relevante es la medición de estos resultados, pues con ello se podrá conocer cómo está funcionando el negocio en el ámbito social y comprender el impacto en el desarrollo económico y social.

Lo primordial para el desarrollo de valor compartido es crear compromiso dentro de los líderes de la empresa, lo cual resulta difícil pues en la

mayoría de los casos los altos directivos tienen una perspectiva de negocios y no dentro del ámbito social. Esto tiene como resultado que en la mayoría de los casos el único beneficio lo adquiera la empresa y no se cuente con un valor compartido. Para ello es indispensable concientizar a los altos directivos haciéndoles notar que el crear valor compartido como su nombre lo indica permite tener impacto en el desarrollo económico y social, así como también dentro de la empresa, creando un círculo virtuoso empresa-sociedad. A su vez se requieren líderes que desarrollen competencias y formas novedosas de generación de conocimiento, con más sensibilidad y consideración ante las necesidades y desafíos de la sociedad.

La implementación efectiva de valores como solidaridad y subsidiaridad en las organizaciones requiere una orientación integral hacia todo el personal, fomentando un desarrollo libre y razonado basado en una escala de valores compartidos y en una actuación ética. Se trata de fomentar el bien común en la relación empresa-sociedad.

Según Porter y Kramer (2006), la Creación de Valor Compartido (CVC) es una estrategia eficaz para las empresas que buscan mantener su ventaja competitiva en un mundo globalizado. La CVC fomenta el desarrollo de la capacidad de aprender a valorar acciones que buscan lo bueno, justo, noble y valioso para el binomio sociedad-empresa.

La relación entre empresas y grupos de interés es compleja. Desde identificar grupos prioritarios hasta establecer canales de diálogo efectivos, es crucial abordar las tensiones entre sociedad y empresa. Porter y Kramer (2006) destacan la importancia de considerar todos los *stakeholders* relacionados con la cadena de valor (CV) de la empresa. Porter y Kramer (2011) identifican tres formas de crear valor compartido, cada una de ellas con acciones clave para lograrlo:

1. Reconceptualización de productos/servicios y mercados.
 - a) Identificar necesidades sociales en salud, vivienda, nutrición, seguridad financiera y conservación del medio ambiente.
 - b) Desarrollar productos útiles para poblaciones de bajos ingresos y con desventajas.
 - c) Rediseñar productos y métodos de distribución.

2. Redefinición de la productividad en la cadena de valor.
 - a) Prácticas ambientalmente amigables (ahorro de energía y sistemas logísticos eficientes).
 - b) Compras a empresas locales y pequeñas.
 - c) Mejora en la capacitación del personal y programas de salud ocupacional.
3. Desarrollo de industrias de soporte en clústeres locales.
 - a) Infraestructura (carreteras, aeropuertos, hospitales).
 - b) Instituciones (universidades, centros de investigación, cámaras empresariales).
 - c) Prosperidad económica.

Cada forma es parte de un círculo virtuoso de valor compartido. Mejorar el valor en un área impulsa oportunidades en otras. La capacidad de crear ganancias compartidas aplica de igual forma en economías avanzadas como en países en desarrollo, aunque las oportunidades específicas pueden cambiar de un país a otro, por las características de cada contexto.

El surgimiento de “empresas híbridas”, es decir, aquellas que obtienen ganancias significativas desde el punto de vista económico y simultáneamente crean condiciones sociales favorables, es un claro ejemplo de cómo es posible crear valor compartido. La actuación de ese tipo de empresas ha desdibujado más el límite que existe entre lo lucrativo y lo no lucrativo, por ejemplo: Waterhealth International, que utiliza técnicas innovadoras en la purificación de agua para distribuirla a personas en la India que habitan en poblaciones rurales (Porter y Kramer, 2011).

Para lograr el valor compartido, se necesita una nueva perspectiva: la colaboración efectiva entre todas las partes involucradas. A partir de los intereses y las competencias clave de una empresa, se puede maximizar el impacto social y beneficiar simultáneamente a la propia empresa. Los pasos clave para generar valor compartido de acuerdo con Monroy y Pérez (2020) son:

- a) Identificar necesidades y capacidades de la empresa.
- b) Alinear proyectos sociales y de RSE con la estrategia empresarial.
- c) Fomentar innovación y ventajas competitivas.

Las instituciones educativas de nivel superior pueden ser un aliado valioso de las empresas en la puesta en marcha de proyectos de creación de valor compartido. La implementación de la Creación de Valor Compartido (CVC) desde la universidad requiere:

- a) Innovación.
- b) Conocimiento de necesidades y expectativas del entorno.
- c) Colaboración interdisciplinaria.

La sinergia que produzca la interacción de estos factores puede lograr un impacto positivo en la sociedad y mejorar la competitividad empresarial.

Por otra parte, la innovación social (IS) es definida por la Comisión Europea como el desarrollo e implementación de nuevas ideas (productos, servicios y modelos) para satisfacer las necesidades sociales y crear nuevas relaciones sociales o colaboraciones, lo que permite “empoderar a las personas e impulsar el cambio” (European Commission, 2013). También ofrece nuevas respuestas a la presión de las demandas sociales, que afectan el proceso de interacción social y está dirigida a mejorar el bienestar humano, lo que conlleva a que este tipo de innovación sea social tanto en sus fines como en sus medios y en el sentido de que conduce a un cambio social que produce una inclusión social sostenible (European Commission, 2013; Fougère, Segercrantz & Seeck, 2017). Vega (2017) define a la innovación social como un proceso complejo que busca lograr un cambio social sistémico y que no se puede ver reducido a la contribución única de un individuo o una organización, mientras que la innovación lleva nuevas ideas al mercado en forma de nuevos productos o servicios.

El objetivo principal de la innovación social es satisfacer necesidades humanas desatendidas, promoviendo cambios significativos en la sociedad que beneficien principalmente a los grupos más vulnerables, a través de la introducción de nuevos productos en el mercado. La innovación social como paradigma para la RSE, integra lo social como un compromiso más de las empresas, y no sólo el interés productivo y económico (Carrillo, Urrea, Tereso y Verdugo, 2022). Por su parte, Portales (2019) señala por su parte que la innovación social depende del aporte y la participación de todos los actores de la sociedad.

En la actualidad, ante el escenario que presenta la pospandemia de COVID-19, es necesario implementar una dinámica de trabajo en las organizaciones empresariales, cuyo eje principal sea la cultura de la innovación, en donde además del crecimiento económico, social y tecnológico, se permita un desarrollo integral al impulsar un modelo cultural sustentado en hábitos de innovación que logren la consolidación e identificación como productores y elementos fundamentales de la sociedad del conocimiento (Gregurec, Tomičić Furjan, y Tomičić-Pupek, 2021). Por otra parte, México se encuentra cada día más inmerso en el complejo fenómeno de la globalización y uno de los aspectos que destaca en este escenario es la coexistencia de empresas locales y extranjeras con grandes diferencias operativas causadas principalmente por el desequilibrio que existe en el desarrollo económico, industrial, tecnológico, de investigación y desarrollo (I&D) entre el país de origen y México. La relación entre la innovación, el cambio tecnológico y el crecimiento económico ha sido ampliamente estudiada en la literatura científica. Se ha demostrado que el gasto en I+D (investigación y desarrollo) tanto por parte de las empresas como de los gobiernos es un factor crucial para impulsar la innovación y, por ende, el crecimiento económico (Kogan, Papanikolaou, Seru y Stoffman, 2017).

Metodología

La metodología empleada para elaborar el modelo visual es de corte cualitativo. Para el diseño del modelo visual, se utilizaron las propuestas de Buzan (2018) para realizar mapas mentales, de forma combinada con pensamiento visual que consiste en una metodología innovativa para resolver problemas de forma creativa y sencilla (Morales, Hernández, Durán y Pérez, 2022). Se realizó una revisión documental con apoyo de Google Académico, identificando artículos que tratan el tema de la CVC y la innovación social. A partir de los pasos de la metodología de pensamiento visual (mirar, ver, imaginar y mostrar) se identificaron relaciones entre la CVC y la innovación social, además de visualizar cómo podrían ayudar estos enfoques o prácticas a realizar acciones en las medianas empresas en pro de la sostenibilidad y el desarrollo económico interactuando con entidades de gobierno, insti-

tuciones de educación superior y la sociedad. El mapeo mental se realizó a partir de cuatro iteraciones considerando en cada una de ellas la representación de un modelo o esquema visual que fuera multidimensional, colorido, donde se combinaran palabras con imágenes, asociación lógica y combinación de enfoque analítico y sintético.

El proceso de pensamiento visual de acuerdo a Roam (2017), consta de 4 pasos principales: 1) mirar: primero se ve la realidad, fijándose en los diferentes elementos que se perciben; 2) ver: se observan las relaciones entre los elementos, se registran, aprendiendo cuáles son y cómo se comportan en el escenario; 3) imaginar: se piensa en opciones, objetos y situaciones similares, creando conexiones mentales e imaginando nuevos escenarios, y 4) mostrar: se comunica a otras personas el pensamiento producido en forma gráfica, sintetizándolo en imágenes. Como apoyo en la elaboración del modelo se emplearon estrategias de pensamiento visual (Visual Thinking Strategies, VTS) propuestas por Philip Yenawine y Abigail Housen (Albert, Mihai y Mudure-Iacob, 2022).

El método general empleado para el diseño del modelo visual sistémico contempló cuatro fases:

- a) Identificación de las ideas principales.
- b) Construcción del bosquejo de ideas.
- c) Integración de los bosquejos de ideas.
- d) Trazo final del modelo visual.

A partir de un proceso iterativo se logró generar la versión de modelo visual resultante.

Resultados y discusión

Córdova y Sánchez (2021) señalan que el desarrollo económico es considerado un proceso sistemático que involucra al sector público y privado, cuyo propósito es incrementar la calidad y el nivel de vida de los pobladores. Además, busca conseguir un crecimiento equilibrado y equitativo; por ello los países implementan estrategias y diseñan parámetros que facilite alcan-

zar este propósito. Lo anterior, refleja la importancia del rol que tienen las empresas en el ecosistema, por lo que las empresas medianas pueden ser un factor clave para lograr un desarrollo económico y la generación de conocimiento, por medio de la vinculación y colaboración más estrecha con universidades locales.

La Secretaría de Economía de México define a una mediana empresa como los negocios dedicados al comercio, la producción, la transformación de materias primas y la prestación de bienes y servicios que anualmente generan ventas que van desde los 100 millones hasta 250 millones de pesos y tienen desde 31 hasta 100 trabajadores si pertenecen al sector comercio, de 51 a 250 trabajadores si es del sector industria y de 51 a 100 trabajadores si es del sector servicios (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020). Son unidades económicas con la oportunidad de desarrollar su competitividad en base a la mejora de su organización y sus procesos, así como de mejorar sus habilidades empresariales. Asimismo, posee un nivel de complejidad en materia de coordinación y control e incorpora a personas que puedan asumir funciones de coordinación, control y decisión, lo que implica aumentar el grado de compromiso de la empresa, con el objetivo de crecer dentro del mercado.

En el territorio mexicano se cuenta con 19 329 medianas empresas, que representan el 6.9 por ciento de las empresas del país de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2022), además, generan el 22% del producto interno bruto (PIB) y el 16% del empleo (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020). En 2021, casi la mitad de las empresas medianas (49%) tenían 21 años o más de haber iniciado actividades; en el 65.5% de ellas, la o el director general o gerente fue la persona que tomó, principalmente, las decisiones; en el 8.8% de las empresas medianas, las decisiones las tomó, principalmente, una mujer; y 44.3% de las medianas, realizaron alguna solicitud de crédito en 2021 (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2022). Investigaciones realizadas por Covarrubias y colaboradores (2021) señalan que México actualmente se enfrenta a importantes retos en materia de sustentabilidad dentro del emprendimiento, y es considerado como uno de los elementos más importantes de la competitividad, así como del desarrollo económico y social del país. Esto muestra una relación directa entre el crecimiento empresarial con base en la sustentabilidad. El consu-

midor, que es un eje principal a partir del cual las empresas construyen las ideas de sus productos o servicios, hoy exige responsabilidad ambiental y social en cuanto a la producción de bienes y servicios. Por este motivo, el contar con un plan de desarrollo en las medianas empresas, basado en el respeto al medio ambiente y al uso responsable de los recursos en concordancia con los principios de sostenibilidad y desarrollo sustentable puede significar una importante ventaja competitiva respecto de aquellas empresas que inciden en prácticas como manejo inadecuado de residuos, extracción desmedida de recursos naturales, destrucción de ecosistemas, entre otras, que resultan incongruentes con los escenarios y retos a los que se está haciendo frente actualmente, por ejemplo, el cambio climático.

Debido a lo anterior, las empresas cada vez se inclinan más hacia la modificación de sus procesos productivos para generar una cantidad mínima de desechos y hacer un uso óptimo de los recursos en miras al posicionamiento empresarial y al cumplimiento de la legislación en materia ambiental y desarrollo sostenible.

El desarrollo sostenible comprende: economía, medio ambiente y sociedad, relación que se traduce en desarrollo económico y social respetuoso con el medio ambiente, es decir, desarrollo soportable en el ámbito ecológico, viable en lo económico, y equitativo en lo social (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018). Se busca crecimiento a largo plazo sin dañar el medio ambiente y los ecosistemas y sin consumir sus recursos de forma indiscriminada, es decir, se busca lograr un desarrollo equilibrado haciendo un uso eficiente de los recursos naturales, renovables y no renovables.

El enfoque de CVC y el desarrollo sostenible gestiona la permanencia de la organización en el largo plazo desde los pilares económico, ambiental y social, complementados con el buen gobierno corporativo y los altos estándares de desempeño.

Hoy en día las medianas empresas conforman una gran parte de las empresas en México, por lo que es necesario que las empresas estén dispuestas a generar valor e incluirlo como elemento fundamental de su dirección estratégica, con el fin de asociarlo en la implementación de actividades que permitan generar ventajas competitivas sostenibles, que permitan hacer uso eficiente de los recursos naturales, garantizando la sostenibilidad en el tiempo.

Para que una empresa sea sostenible además de generar ganancias económicas, debe cuidar la forma en que lo hace y obtener como resultado beneficios económicos, sociales y ambientales. Esto surgió a partir de la base del Informe Brundtland, el cual busca integrar dentro del quehacer de las empresas el interés no sólo por los aspectos económicos, lo cual es una visión muy tradicional, sino también las preocupaciones por el medio ambiente y la sociedad (Conte y D'Elia, 2018).

El desarrollo económico sostenible puede lograrse, cuando las empresas o personas, con un criterio rentable, hacen posible que sus proyectos sean financieramente exitosos (lograr en el tiempo que los ingresos sean mayores que sus costos), sin importar que al mismo tiempo abran su capital financiero a muchos socios, tengan un trato digno con los trabajadores y sus clientes e inclusive, paguen buenos salarios a la comunidad (Zarta, 2018; Castriellón, Correa, Jaramillo y Correa, 2021).

En los últimos años se ha percibido un aumento en el número de clientes conscientes del medio ambiente. Salas (2018) afirma que durante el proceso de consumo ecológico el cliente y/o consumidor tiene que ser capaz de concebir que el producto que está utilizando podría generar algún impacto en el medio ambiente y por tal motivo debe ser tratado de una manera responsable.

Algunas de las problemáticas sociales a las que se enfrenta la sociedad actualmente guardan relación con la actividad empresarial, por lo que la solución probablemente pueda estar en un cambio de prácticas que han dejado resultado en la falta de credibilidad de la sociedad frente a los empresarios, de manera que mediante la búsqueda de soluciones a dificultades enfrentadas por la sociedad a través de la creación de productos o servicios, es posible subsanar la imagen negativa de las empresas. En este sentido, las capacidades de emprendimiento del personal son de gran ayuda para la empresa. La gestión del intraemprendimiento en las empresas muestra una relación causal significativa con la CVC, considerando las siguientes dimensiones: apoyo a la gerencia, estructura organizativa, empoderamiento de los empleados, recompensas, cultura investigativa, orientación de esfuerzos y la disposición de recursos, lo que puede propiciar un mayor involucramiento y compromiso de los trabajadores en las iniciativas de la empresa (Soto, Salas, De Bracamonte y Pagador, 2023). Resulta especialmente importante

que las soluciones sean aplicables, alcanzables y medibles, de forma que su aplicación sea palpable y transparente. El hecho de que una empresa muestre un comportamiento socialmente responsable puede influir en su éxito a largo plazo, debido al arraigo que puede generar en sus consumidores y colaboradores, importante característica que le permitirá ser competitiva en relación con otras empresas de su mismo giro.

Apoyándose en la perspectiva del pensamiento sistémico (holístico), se considera que una solución pertinente y adecuada es que tanto las empresas y el gobierno (en sus distintos niveles) como la sociedad y la academia unan esfuerzos para obtener un beneficio en común que conlleve a la creación de valores económicos y beneficios sociales de manera interrelacionada, para que de esta forma la sociedad sea capaz de enfrentar y superar efectivamente las necesidades y los desafíos que presenta el escenario socioeconómico actual y que esto impacte en las empresas.

Modelo visual sistémico para la sostenibilidad y el desarrollo económico basado en la CVC e innovación social

El resultado de aplicar el pensamiento visual y el pensamiento sistémico es el modelo que se describe a continuación. De manera general, el modelo visual sistémico que se propone en el presente trabajo pretende incidir de manera significativa en el logro de una conciencia de solidaridad y colaboración, así como en una cultura de innovación y productividad en los *stakeholders* y agentes de cambio involucrados en el desarrollo económico de una región, partiendo de la actuación integrada y colaborativa de todos los implicados de cara a los conceptos nucleares del modelo: CVC e innovación social como paradigmas de acción e intervención.

El modelo está estructurado en cuatro subsistemas: gobierno, empresa, sociedad y academia. El modelo considera a la academia como un subsistema básico, dado que en sus entidades se forma el talento y capital humano necesario e indispensable para la generación de conocimiento, las actividades de investigación y desarrollo, y el emprendimiento empresarial. En el centro del modelo se ubica la CVC y la innovación social que fungen como el motor que mantiene en funcionamiento al modelo y permite la

cohesión de las partes. Cada subsistema contiene elementos que cumplen un propósito particular para que el modelo tenga una dinámica ágil de operación. Los elementos de cada subsistema se listan en la Tabla 1.

Tabla 1. *Elementos de los subsistemas del modelo visual sistémico para el desarrollo económico sustentado en la CVC e IS*

| Subsistema | Elemento |
|------------|--|
| Gobierno | Leyes. Regulación. Fondos. Servicios públicos. |
| Empresa | Accionistas. Colaboradores. Competidores. Sindicatos. |
| Sociedad | Clientes. Emprendedores. Grupos ambientalistas. Organizaciones No Gubernamentales. Medios de comunicación. |
| Academia | Grupos de investigadores. Líneas de Investigación y Aplicación del Conocimiento. Planes de estudio. |

Fuente: Elaboración propia.

La interacción fluida y continua entre los subsistemas y los elementos de cada uno, permeada por el paradigma de actuación de la CVC y la innovación social, da como resultado la activación de una serie de componentes asociados a cada subsistema, de los cuales se desprende cada componente de acciones encaminadas a coadyuvar al desarrollo económico local producto de la sinergia generada entre los elementos considerados en el modelo. Los componentes vinculados a cada subsistema se listan en la tabla 2 y tabla 3.

Tabla 2. *Componentes de los subsistemas del modelo visual sistémico para la sostenibilidad y el desarrollo económico sustentado en la CVC e IS*

| Subsistema | Componente |
|------------|--|
| Gobierno | Gobernabilidad y políticas sociales. Infraestructura y servicios. Fortalecimiento de una cultura de rendición de cuentas y transparencia. Mecanismos ágiles de financiamiento. |
| Empresa | Desarrollo de competencias y habilidades en el personal. Coordinación de recursos humanos, materiales y económicos. Sustentabilidad Integral (ambiental, económico y social). Innovación de procesos y productos. Optimización de recursos (agua, energía y materiales). |
| Sociedad | Implementación de proyectos de emprendimiento social. Iniciativas de cambio y acción solidaria. Colaboración social y comunidades de aprendizaje evolutivo. Diálogo informado y orientado a la acción. |
| Academia | Aplicación innovadora del conocimiento. Espacios de vinculación. Calidad en el desarrollo de ciencia y tecnología. Desarrollo de competencias en pensamiento sistémico, comunicación y liderazgo. |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. *Factores de fomento a la sostenibilidad de los subsistemas del modelo visual sistémico para el desarrollo económico sustentado en la CVC e innovación social*

| Subsistema | Factor |
|------------|---|
| Gobierno | Actualización constante de la normativa ambiental. Creación de nuevas leyes que apoyen el desarrollo sostenible. |
| Empresa | Nuevas formas para valorizar los residuos. Promover en los consumidores el cuidado del medio ambiente y consumo responsable. Aplicación de tecnologías verdes. |
| Sociedad | Implementación de proyectos orientados al desarrollo sostenible en comunidades. Promoción de la cultura de cuidado al medio ambiente en los hogares. |
| Academia | Aplicación de prácticas innovadoras en el cuidado del medio ambiente. Proyectos de vinculación con el sector social y productivo. Investigación y desarrollo de nuevos materiales y procesos. |

Fuente: Elaboración propia.

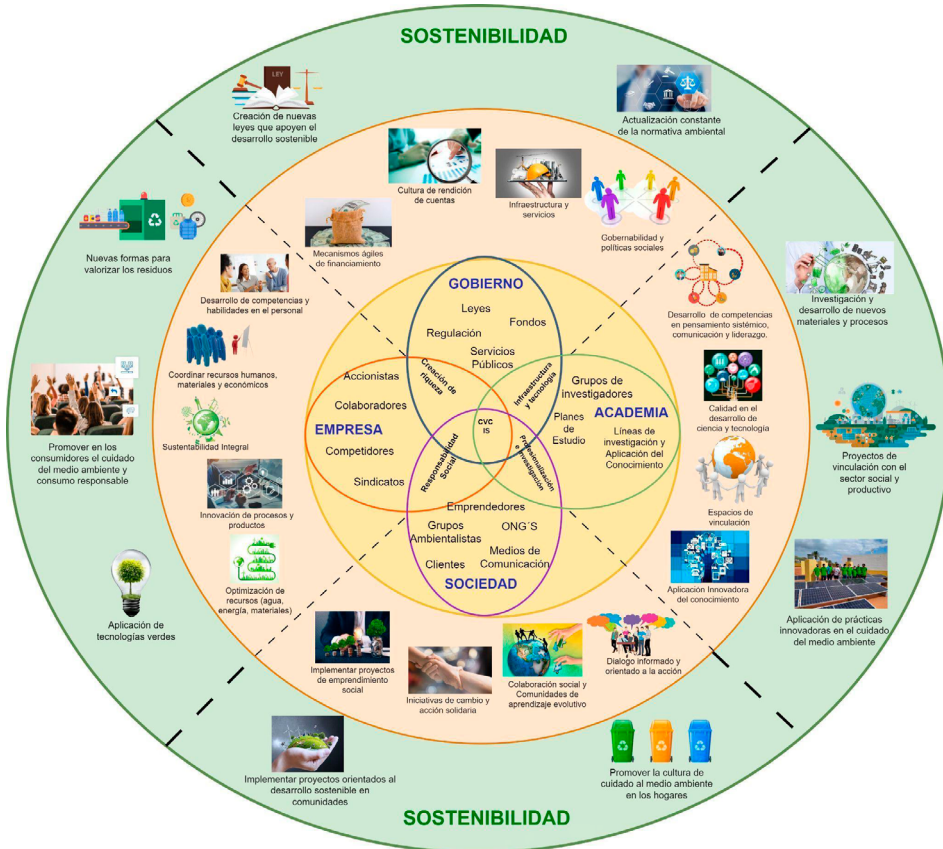
La sinergia generada por la acción centrada en los conceptos de CVC y de innovación social, da como resultado que se establezcan cuatro ejes estratégicos que orientan las relaciones de interdependencia y colaboración de los subsistemas considerados en el modelo. Estos ejes se listan en la tabla 4 y están en función de una dupla de subsistemas ligados.

Tabla 4. Ejes de los subsistemas del modelo visual sistémico para la sostenibilidad y el desarrollo económico sustentado en la CVC e innovación social

| Eje | Subsistemas vinculados |
|------------------------------------|------------------------|
| Creación de riqueza | Gobierno-Empresa |
| Responsabilidad Social | Empresa-Sociedad |
| Profesionalización e Investigación | Sociedad-Academia |
| Infraestructura y Tecnología | Academia-Gobierno |

Fuente: Elaboración propia.

Figura 1. Modelo visual sistémico para la sostenibilidad y el desarrollo económico basado en la CVC e innovación social como núcleo de la generación de sinergia entre gobierno, empresas, sociedad y la academia



El modelo propuesto considera como premisa que, durante el proceso de interacción y colaboración entre los elementos de cada subsistema, donde

existe una participación activa del capital humano de las organizaciones involucradas, se propicie la realización de cuatro actividades de manera consistente y armoniosa que coadyuven a la generación de sinergias. Las actividades consideradas son: 1) procesos de auto monitoreo, 2) celebración del logro, 3) diseño de procesos de concertación, y 4) compartir la información, mismas que se describen a continuación en la tabla 5.

Tabla 5. *Actividades clave para facilitar la operatividad del modelo visual sistémico para el desarrollo económico sustentado en la CVC e innovación social*

| Actividad | Descripción |
|----------------------------------|--|
| Procesos de auto-monitoreo | El monitoreo no debe limitarse solamente a las tareas y procesos; utilizando un conjunto de indicadores útiles para cada empresa, también es necesario que los entes que interactúan con la empresa establezcan procesos de automonitoreo de su propia dinámica. |
| Celebrar el logro | Las empresas y las comunidades involucradas de la sociedad deben festejar sus triunfos, gozar sus logros y agradecer la parte vital aportada por cada uno. Esto ayuda a fortalecer los lazos de unión, la convivencia y la comunicación. |
| Diseñar procesos de concertación | Se debe buscar la manera de encontrar y desarrollar los propósitos y objetivos que unen a las partes interactuantes y en los cuales todos ganan y eliminar las acciones y conductas que llevan a gastar la energía y el tiempo en crear una polarización de posiciones y opiniones encontradas, es decir, una situación de "ganar-perder". Se requiere entonces, que los equipos de trabajo liberen toda su creatividad y capacidad innovadora para crear opciones viables y productivas de ganar-ganar, con base en una buena comunicación y relaciones de confianza. |
| Compartir la información | Todas las partes interactuantes necesitan tener acceso a toda la información y los conocimientos necesarios para cumplir oportuna y efectivamente con su misión, evitando prácticas de monopolio de información y fomentando la transparencia. |

Fuente: Elaboración propia.

En cada subsistema se deben realizar dichas actividades, de modo que la dinámica de operación permita aprendizaje, control, evaluación y adaptación continuos. La operación dinámica del modelo puede contribuir a que las personas se sientan plenas, satisfechas y orgullosas de pertenecer a la organización en la que colaboran y laboran debido a que se sienten parte de algo más grande y trascendente. Cabe mencionar que el modelo conceptual propuesto opera bajo el supuesto de la proximidad geográfica de los entes que forman parte de cada subsistema, es decir, en un ámbito territorial definido y limitado. Otro supuesto, es el hecho de que los entes involucrados en cada subsistema tengan una perspectiva de enfoque centrada en un sector económico específico. Es decir, se busca de manera premeditada el desarrollo económico de una región al dirigir la mayoría de los recursos y esfuerzos

a un sector particular de la producción, definido por consenso y derivado de un estudio sistémico.

Conclusiones

Los desequilibrios que padecen los ecosistemas y que en su mayoría han sido provocados por la acción de los seres humanos deben atenderse para no generar más crisis de recursos, hambre, pobreza y enfermedades. Las nuevas generaciones se dan cuenta de que las viejas formas de hacer las cosas ya no funcionan y reclaman que se hagan cambios para lograr una transformación fundamental de la organización social, económica y cultural, por lo que se requieren de soluciones creativas e innovadoras para fomentar el crecimiento sostenible, garantizar el empleo y aumentar la capacidad competitiva de las regiones o los territorios.

El modelo visual sistémico replanteado se ha propuesto con la intención de impulsar con mayor fuerza las ideas en torno al enfoque de CVC y la innovación social, conjuntando la responsabilidad social de las empresas, la gestión del conocimiento, la sostenibilidad, la justicia social y la visión de un futuro justo. Puede servir de marco para la creación y difusión de redes sociales de emprendedores e innovadores sociales en el gobierno, las empresas, la academia y la sociedad, especialmente entre los colectivos jóvenes y para contribuir a la creación de semilleros de sinergias en múltiples ámbitos sociales con una visión holística y sistémica. Asimismo, se considera que el modelo puede contribuir a mejorar la gestión del capital humano en las medianas empresas al brindar mayor participación en la toma de decisiones para buscar el bien común en la sociedad a través de mejores productos y servicios, la mejora de los procesos y sistemas de apoyo gerencial y, de ese modo, crear un ambiente laboral satisfactorio donde prevalezcan las emociones positivas.

A partir de los referentes citados en este trabajo se considera necesario promover un ambiente propicio para la colaboración, basado en la confianza mutua y en una genuina preocupación por la prosperidad de los demás involucrados. Un aporte del modelo es que transmite de manera visual una forma en que las medianas empresas pueden acercarse sistemáticamente a

las necesidades de la sociedad en condiciones que cambian rápidamente en el entorno y a las necesidades de las empresas para propiciar la sostenibilidad y el desarrollo económico en la región donde se ubican y en la que pueden tener mayor influencia. El modelo propuesto muestra que para avanzar hacia la sostenibilidad se requieren cambios en la forma de pensar y actuar tanto de los empresarios, el personal que colabora en las empresas y de la academia. El modelo visual propuesto puede ser de utilidad para las medianas empresas para facilitar el entendimiento entre las entidades que se involucran en procesos de cambio a favor del desarrollo económico y la sostenibilidad.

Finalmente, se busca como aporte importante de este trabajo la utilización del Pensamiento Visual y el Pensamiento Sistémico en el abordaje de situaciones problémicas de sostenibilidad y desarrollo económico con una perspectiva de colaboración y aprendizaje, así como hacer notar la necesidad de realizar investigaciones que incorporen la transdisciplinariedad y la sistémica para avanzar en la agenda 2030 y cumplir con los objetivos de desarrollo sostenible planteados por la ONU.

Referencias

- Albert, C.N.; Mihai, M., Mudure, I. (2022). Visual Thinking Strategies-Theory and Applied Areas of Insertion. *Sustainability*,14, 7195. <https://doi.org/10.3390/su14127195>
- Becerra, R., Gutiérrez, A.M. y Valcarce, L. (2019). Creación de Valor Compartido. *AECA: Revista de la Asociación Española de Contabilidad y Administración de Empresas*. Nº 127 (septiembre), 6-8.
- Buzan, T. (2018). *Mapas Mentales. Aprende a usar la herramienta de pensamiento más poderosa del universo*. Editorial Planeta: México.
- Carrillo, T. D. N. J., Urrea, M. L., Tereso, L., Verdugo, L. M. (2022). Áreas de Responsabilidad Social Empresarial en empresas sinaloenses: Un análisis desde la innovación social. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXVIII(E-6), 352-363. <https://doi.org/10.31876/racs.v28i.38851>
- Castrillón, Y. V., Correa, Y. C., Jaramillo, D., Correa, J. A. (2021). Acciones de valor compartido realizadas por los grupos empresariales de Colombia. *Suma de Negocios*. 12(27), 115-123.
- Bogers, M., Chesbrough, H., Moedas, C. (2018). Open Innovation: Research, Practices, and Policies. *California Management Review*. 60(2), 5-16.

- Conte, M., D'Elia, V. (2018). Desarrollo sostenible y conceptos "verdes". *Revista Problemas del Desarrollo*, 192(49), 61-84.
- Córdova, A., Sánchez, D. K. (2021). Una mirada al desarrollo económico local con enfoque al crecimiento socioeconómico. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. 5(5), 8302-8335. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i5.920
- Covarrubias, V. G., Tapia, E., Rivera, J. (2021). Retos y Oportunidades del Emprendimiento Sustentable en México. México: Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla (CONCYTEP). <https://bit.ly/4bWC6xy>
- European Commission. (2013). *Guide to Social Innovation. Regional and Urban Policy*.
- Figueroa, M., Moreno, M., Tualombo, J. (2022). Responsabilidad social y la creación del valor compartido. *Bases fundamentales en la dirección de las PYMES*. 593 Digital Publisher CEIT, 7(1-1), 430-439. <https://doi.org/10.33386/593dp.2022.1-1.963>
- Fougère, M., Segercrantz, B., Seeck, H. (2017). A critical reading of the European Union's social innovation policy discourse: (Re) legitimizing neoliberalism. *Organization*, 24(6), 819-843.
- Freire, J. A. F., Gonçalves, E. (2022). Cooperation in innovative efforts: A systematic literature review. *Journal of the Knowledge Economy*, 13(4), 3364-3400.
- González, J. J., Álvarez, L. (2019). Gestión de Conocimiento e Innovación Abierta: hacia la conformación de un modelo teórico relacional. *Revista Venezolana de Gerencia*. 24(88), 1199-1222. <https://doi.org/10.37960/revista.v24i88.30173>
- Googins, B., Mirvis, P. (2013, 17 de junio). Organizing for Sustainability: Networks and Partnerships. BABSON Blog. The Lewis Institute. Creating Social Value. Recuperado el 6 de mayo de 2024, de <http://blogs.babson.edu/social/2013/06/17/organizing-for-sustainability-networks-and-partnerships/>
- Gregurec, I., Tomičić Furjan, M., Tomičić-Pupek, K. (2021). The impact of COVID-19 on sustainable business models in SMEs. *Sustainability*. 13(3), 1098. <https://doi.org/10.3390/su13031098>
- Gutiérrez, J. (2019). La creación de valor compartido, una oportunidad para el sector empresarial en Colombia y Perú. Fundación Universitaria Empresarial de la Cámara de Comercio de Bogotá.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2022). Encuesta Nacional de Financiamiento de las Empresas (ENAFIN) 2021. INEGI.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). Micro, pequeña, mediana y gran empresa: estratificación de los establecimientos: Censos Económicos 2019. INEGI.
- Kogan, L., Papanikolaou, D., Seru, A., Stoffman, N. (2017). Technological Innovation, Resource Allocation, and Growth. *The Quarterly Journal of Economics*. 132(2), 665-712.
- Markkula, M., Sinko, M. (2009). Knowledge economies and innovation society evolve around learning. *eLearning Papers*, 13. European Commission. <https://bit.ly/46hEAW0>
- Medeiros, V., Gonçalves, L., Camargos, E. (2019). La competitividad y sus factores determinantes: un análisis sistémico para países en desarrollo. *Revista CEPAL*. Número 129.
- Monroy, V. E., Pérez, C. (2020). Un breve acercamiento a la creación de valor compartido desde la universidad: Instituto de Economía Social y Cooperativismo (Indesco),

- Universidad Cooperativa de Colombia. DIXI. 22(1), 3-26. DOI: <https://doi.org/10.16925/2357-5891.2020.01.02>
- Morales, L., Hernández, J., Durán, S., Pérez, A. (2022). Visual thinking como habilidad potenciadora de la gerencia creativa en equipos innovadores. *Revista Saber, Ciencia y Libertad*. 17(2), 153 - 174. <https://doi.org/10.18041/2382-3240/saber.2022v17n2.9270>
- Murillo, G., García, M., Azuero, A. R. (2022). Responsabilidad social empresarial, cambio institucional y organizacional del sector petrolero colombiano. *Revista de Ciencias Sociales*. 28(1), 175-186. <https://doi.org/10.31876/rcs.v28i1.37683>
- Naranjo, G., Vega, J., Manjarres, L. (2023). Barriers to Third Mission: organizational and individual antecedents. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*. 12(1), 36. <https://doi.org/10.1186/s13731-023-00300-4>
- Portales, L. (2019). Social innovation: origins, definitions, and main elements. En *Social innovation and social entrepreneurship*. Editor L. Portales (New York, NY: Springer Berlin Heidelberg), 1-14.
- Porter, M. E., Kramer, M. R. (2006). *Estrategia y Sociedad*. Harvard Business Review, América Latina. Diciembre, 2006.
- Porter, M. E., Kramer, M. R. (2011). *Creating Shared Value*. Harvard Business Review. Enero-Febrero, 2011.
- Roam, D. (2017). *La clave es la servilleta*. Colombia: Carvajal Soluciones de Comunicación S.A.S.
- Salas, H.J. (2018). Marketing ecológico: La creciente preocupación empresarial por la protección del medio ambiente. *Fides et Ratio-Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*. 15(15), 151-170. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-081X2018000100010&lng=es&tlng=es.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (24 de julio de 2018). *Diferencia entre sustentable y sostenible*. <https://bit.ly/3Wcp2hk>
- Soto, S. E., Salas, J. A., De Bracamonte, P. J., Pagador, S. E. (2023). Gestión del intraemprendimiento como predictor de creación de valor compartido en micro y pequeñas empresas peruanas. *Revista de Ciencias Sociales*. XXIX (Número Especial 7), 77-87.
- Vargas, J. A. (2021). Innovación social: ¿Nueva cara de la responsabilidad social? conceptualización crítica desde la perspectiva universitaria. *Revista de Ciencias Sociales*. 27(2), 435-450. <https://doi.org/10.31876/rcs.v27i2.35934>
- Vega, J. (2017). *Innovación Social*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt)-Paraguay: Asunción. https://www.conacyt.gov.py/sites/default/files/upload_editorres/u38/CTS-J.Vega-modulo-7.pdf
- Touriñán, J. M. (2020). La 'tercera misión' de la universidad, transferencia de conocimiento y sociedades del conocimiento. Una aproximación desde la pedagogía. *Contextos Educativos. Revista de Educación*. (26), 41-81. <https://doi.org/10.18172/con.4446>
- Zarta, P. (2018). La sustentabilidad o sostenibilidad: un concepto poderoso para la humanidad. *Tabula Rasa*. (28), 409-423. DOI: <https://doi.org/10.25058/20112742.n28.18>

3. La gobernanza como condición organizacional de viabilidad de los programas sociales. Una revisión sistemática de literatura con la metodología PRISMA

ROSA LETICIA MUÑOZ-CHÁVEZ*

JUANA PATRICIA MUÑOZ-CHÁVEZ**

HÉCTOR BARRIOS-QUIROZ***

Resumen

Este estudio tiene como objetivo principal investigar el papel que tiene la gobernanza en el éxito organizacional y en la ejecución de los programas sociales. La gobernanza a nivel de proyectos se refiere al sistema de valores, de estructuras, de procesos y de políticas que permiten el logro de los objetivos organizacionales, asimismo la gobernanza se asegura de que la organización funcione de manera eficiente y en la dirección correcta. En ese sentido, el presente capítulo se enfoca en analizar esas relaciones a través de la metodología PRISMA. Las preguntas que guían esta investigación son las siguientes: ¿la gobernanza en las organizaciones públicas influye en el éxito organizacional? y en este sentido, ¿cuáles son los retos que enfrentan las organizaciones públicas para lograr el éxito a nivel de un programa social? Los hallazgos muestran que la gobernanza puede resultar en beneficio del sector público al momento de implementar los programas sociales puesto que, en primer lugar, se relaciona con el fomento de la participación de actores, legitima la toma de decisiones, aprovecha el conocimiento y la experiencia ciudadana

* Estudiante de Doctorado en el Posgrado Integral de Ciencias Administrativas, Universidad Autónoma Metropolitana, México. Maestra en Desarrollo Regional, Colegio de la Frontera Norte, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1493-4376>

** Doctora en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México. Maestra en Gestión Administrativa, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8485-8594>

*** Doctor en Ciencias Administrativas, Universidad Autónoma Metropolitana, México. Maestro en Estudios Organizacionales Universidad Autónoma Metropolitana, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8816-6918>

y, brinda elementos democráticos a los tomadores de decisiones. En segundo lugar, la gobernanza podría tener un impacto transformador para este sector al brindar formas innovadoras o diferentes de gestionar lo público.

Palabras clave: *gobernanza, programas sociales, éxito organizacional, desempeño.*

Introducción

Los gobiernos de todo el mundo han enfrentado desafíos persistentes en su búsqueda por mejorar el bienestar de la población. Entre estos retos, uno de los más antiguos y aún vigentes es la prevalencia de altos índices de pobreza y marginación que afectan a una significativa proporción de sus ciudadanos. En el contexto global, los gobiernos han desarrollado múltiples enfoques para combatir la pobreza y la marginación, reconociendo la complejidad de estas problemáticas que afectan a países tanto desarrollados como en desarrollo (Chávez *et al.*, 2022). Estas estrategias varían en sus métodos, objetivos y resultados, pero todas buscan reducir la brecha social y mejorar la calidad de vida de los sectores más vulnerables de la población.

En este sentido, el gobierno de México no ha sido la excepción. Para contribuir a la disminución de los elevados índices de pobreza, ha implementado una serie de programas y estrategias con enfoques diversos y alcances variables. La respuesta a esta problemática social ha involucrado acciones tanto a nivel federal como en los ámbitos estatal y local, articulando esfuerzos en distintas esferas de gobierno para maximizar el impacto en las comunidades más necesitadas. Los enfoques de los programas han sido integrales, parciales o sectoriales. Los alcances han ido de lo universal a lo focalizado, pasando por lo regional, y las orientaciones han sido rurales o urbanas (Robles *et al.*, 2013), dependiendo de la concepción de la política social a implementar de los gobiernos en turno. Sin embargo, a pesar de las grandes inversiones públicas destinadas a tal propósito, en la actualidad aún existe un número importante de población en condición de pobreza y marginación, sin demeritar en algunos casos alcances sobresalientes.

Al respecto, de acuerdo con datos del CONEVAL (2016) los programas

sociales, al ser ejecutados, han enfrentado varios problemas. Entre los más importantes se encuentran: la fragmentación en su diseño e implementación, la duplicidad de programas, así como de beneficiarios, el logro mínimo de metas, insuficientes capacidades institucionales, opacidad y baja rendición de cuentas, entre otros. Sin embargo, para que estos programas logren el éxito y alcancen las metas propuestas, es fundamental la manera en que se ejerce el gobierno. Según Roth (2002), el reto actual en la actuación gubernamental radica en responder a las preguntas clave: ¿cómo? y ¿para qué?, evaluando tanto los alcances como los objetivos. En la práctica, se trata de encontrar un equilibrio adecuado entre una participación gubernamental excesiva y una mínima, ya que gobernar en exceso puede ser contraproducente, mientras que en otras circunstancias resulta indispensable. El debate, por lo tanto, ya no gira en torno de si los gobiernos deben intervenir o no, sino en definir y racionalizar las modalidades de dicha intervención.

En este sentido, la gobernanza efectiva se convierte en un elemento crucial para el éxito de los programas sociales. Esto debido a que no solo implica la capacidad del gobierno para formular políticas adecuadas, sino también para implementar y gestionar dichas políticas de manera transparente y eficiente. La gobernanza abarca la coordinación entre distintos niveles de gobierno, la interacción con actores no gubernamentales y la capacidad de adaptación frente a desafíos emergentes. Un buen modelo de gobernanza permite reducir la fragmentación de esfuerzos, alinear objetivos institucionales y optimizar recursos, lo que resulta indispensable para que los programas sociales logren sus metas y alcances previstos beneficiando realmente a las poblaciones objetivo.

Asimismo, la gobernanza influye directamente en la capacidad de los programas sociales para responder a las necesidades de la población, ya que se relaciona directamente con la calidad de la gestión pública, la transparencia y la rendición de cuentas. La ausencia de mecanismos sólidos de gobernanza implica la posibilidad de enfrentar problemas como la duplicidad de esfuerzos, la falta de claridad en la asignación de responsabilidades y la ineficiencia en el uso de recursos. Por lo tanto, la gobernanza no solo define el qué y el cómo de la intervención gubernamental, sino también el grado de legitimidad y confianza pública en dichos programas, factores que son determinantes para su éxito organizacional y sostenibilidad a largo plazo.

En virtud de lo anterior, este documento se enfoca en analizar el papel de la gobernanza en el éxito organizacional y en el desempeño de un programa social, tomando en consideración la participación de actores y el papel de la gubernamentalidad. Este capítulo se basa en una revisión sistemática de la literatura existente. Las preguntas de investigación que orientaron su desarrollo son las siguientes: ¿la gobernanza en las organizaciones públicas influye en el éxito organizacional? y en este sentido, ¿cuáles son los retos que enfrentan las organizaciones públicas para lograr el éxito a nivel de un programa social? El trabajo está estructurado en 6 secciones, comenzando con esta introducción. La segunda sección aborda el marco teórico, la siguiente describe la metodología. Posteriormente se muestran los resultados y finalmente, se exponen las conclusiones de la investigación, así como algunas recomendaciones prácticas.

Marco teórico

Para comprender mejor el papel de la gobernanza en el éxito organizacional y en el desempeño de los programas sociales resulta fundamental comenzar por conceptualizar el término “gobernanza”, que en ocasiones ha sido utilizado de manera imprecisa como sinónimo de “governabilidad”. Sin embargo, aunque ambos conceptos están relacionados, no son equivalentes. Mientras la gobernabilidad se refiere a la capacidad del gobierno para ejercer el poder y mantener el orden, la gobernanza abarca un enfoque más amplio que involucra la participación de múltiples actores, tanto estatales como no estatales, en los procesos de toma de decisiones y en la implementación de políticas públicas. Entender esta distinción es esencial para abordar los desafíos actuales en la administración pública, donde el papel de los gobiernos se transforma hacia una mayor colaboración y coordinación con otros sectores de la sociedad.

De acuerdo con la Real Academia Española y la Unión Europea proviene del inglés *governance* (Prats, 2004) y procede del antiguo francés *gouvernance* que significa gobierno. Foucault lo planteó como la problemática del gobierno ¿cómo ser gobernados, por quién, hasta qué punto, con qué fin y con qué método? (Alcantara-Santuario y Marin-Fuentes, 2013). Este término

empieza a usarse con mayor frecuencia durante la primera década de 1990 y era concebido como el uso de cualquier medio que sea eficiente y eficaz para alcanzar los objetivos y las metas de las organizaciones gubernamentales, sin considerar los valores o factores de tipo moral (Prats, 2004), es decir, consiste en la incorporación de estrategias y herramientas que optimicen la toma de decisiones, la gestión de recursos y la implementación de políticas públicas, con el fin de lograr un gobierno más efectivo y adaptable a las demandas contemporáneas. Posteriormente, la gobernanza se entendió como la normatividad aplicable para la regulación del comportamiento de los individuos y su entorno y eso incluye tanto a instituciones gubernamentales como no gubernamentales (PNUD, 1998). En otras palabras, se refiere al conjunto de normas y estructuras que regulan la interacción entre los actores públicos y privados, estableciendo tanto las restricciones como los estímulos necesarios para promover un comportamiento coordinado y eficiente en la gestión de los asuntos públicos. En 2011, el Banco Mundial (BM) definió a la gobernanza como el ejercicio del poder en las organizaciones públicas, con la finalidad de incentivar el desarrollo económico y social mediante una agrupación de instituciones impulsadas para tal fin (Zurbriggen, 2011). Dicho de otro modo, se refiere a los mecanismos mediante los cuales el poder político y administrativo se organiza y gestiona para promover el desarrollo sostenible y el bienestar social, asegurando una distribución equitativa de los recursos y fomentando la participación de diversos actores en el proceso.

Para el BM el buen gobierno (*good governance*) se refiere a la eficacia y transparencia en: 1) los métodos de elección, control y reemplazo de los gobernantes (estabilidad institucional), 2) la capacidad del gobierno para administrar recursos y aplicar políticas (marco regulatorio y eficacia del gobierno) y 3) el respeto a los ciudadanos (transparencia, participación y garantía del Estado de derecho); (Alcantara-Santuari y Marin-Fuentes, 2013). El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) se refirió a la gobernanza como la aplicación de la adecuada gestión en todos los niveles del gobierno de una nación bajo el marco del ejercicio de la autoridad tanto administrativa, económica y política (Zurbriggen, 2011).

Asimismo, de acuerdo con diversos autores la gobernanza obedece a una necesidad de legitimar la introducción del Estado mínimo y el neolib-

ralismo, (Graña, 2005; Prats, 2004) en un entorno de democracia, hecho que pudiera parecer contradictorio. De igual manera, se ha asociado a la gobernanza con una labor del Estado que privilegia la calidad en la prestación de bienes y servicios, el ejercicio óptimo de los recursos públicos y la eficacia en las acciones del gobierno a partir de elementos como la rendición de cuentas, el fomento a la igualdad, la equidad y la transparencia, con el objetivo de consolidar el Estado de derecho con una base sólida de descentralización política y administrativa. Adicionalmente, este término remite a un gobierno interactivo, emprendedor, socio o facilitador. La gobernanza es una nueva manera de gobernar, es hacerlo de manera diferente, dejando de lado la manera tradicional que implica centralizar el poder (Alcántara-Santuario y Marin-Fuentes, 2013).

Para el presente capítulo, la gobernanza implica el nivel de proyectos y se refiere al sistema de valores, de estructuras, de procesos y de políticas que permiten el logro de los objetivos organizacionales (Müller *et al.*, 2016). Asimismo, la gobernanza se asegura de que la organización funcione de manera eficiente y en la dirección correcta (Tricker, 2012).

Al respecto, es importante mencionar a la gubernamentalidad, que representa una combinación de las palabras gobernanza y mentalidad y que describe lo que los gobernadores piensan sobre gobernar, sus diferentes racionalidades o mentalidades (Dean, 2010). El término fue introducido por el semiólogo francés Roland Barthes en 1957, y se refiere a las formas en que los gobiernos se presentan al público y las señales que se derivan de ello (Barthes, 2013). Veinte años más tarde, el filósofo francés Michel Foucault empezó a utilizar el término en sus estudios sobre el poder. Es decir, la forma en que los gobernadores se presentan ante quienes gobiernan marca el tono de la interacción entre gobernantes y gobernados (Müller *et al.*, 2017). De esta manera, se muestra la actitud que tienen los gobernadores hacia las personas que gobiernan. La gubernamentalidad representa el lado humano de una gobernanza, que de otro modo estaría más orientada a la estructura, tal como lo hace el liderazgo en el ámbito de la gestión. La literatura general sobre gestión distingue entre tres enfoques de la gubernamentalidad: autoritario, liberal y neoliberal, por ejemplo, Dean (2010).

Los enfoques autoritarios indican una racionalidad de reconciliación y totalidad de los diversos principios de gobernanza realizada a través de una

toma de decisiones centralizada, junto con dar una dirección clara en organizaciones con una distancia de poder significativa. Los enfoques liberales indican un reconocimiento de la heterogeneidad y la incompatibilidad de los diferentes principios de gobernanza en una sociedad u organización que se resuelve mediante la toma de decisiones basada en principios económicos y una mentalidad general de mercado (Burchell, 1991; Dean, 2010). Los enfoques neoliberales abordan los intereses colectivos entre las personas y el consentimiento que las lleva a obedecer voluntariamente los marcos contextuales, que dan forma, pero no necesariamente determinan, los comportamientos de las personas (Clegg *et al.*, 2002; Clegg, 1994).

En el ámbito de los programas sociales, los cuales representan la manifestación concreta de las políticas públicas, resulta cada vez más frecuente abordar su estudio a través del análisis de los actores, en la mayoría de los casos con intereses divergentes, que intervienen en la creación e implementación de las acciones de gobierno. Se debe tomar en consideración que es labor de la política pública el reconocimiento de problemas públicos y el consecuente diseño de programas que permitan una eficiente intervención gubernamental, así como su implementación y evaluación. Cabe mencionar que la adopción de programas gubernamentales a gran escala es susceptible de enfoques analíticos superficiales o discursivos derivados de ejercicios de identificación de problemas públicos sin bases firmes y alternativas de solución poco representativas en cuanto a la generación del valor público idóneo o deseado. El poder, la construcción de identidades falaces en la población, así como las perspectivas divergentes de los actores complican los escenarios de la participación gubernamental (Ortiz, 2017).

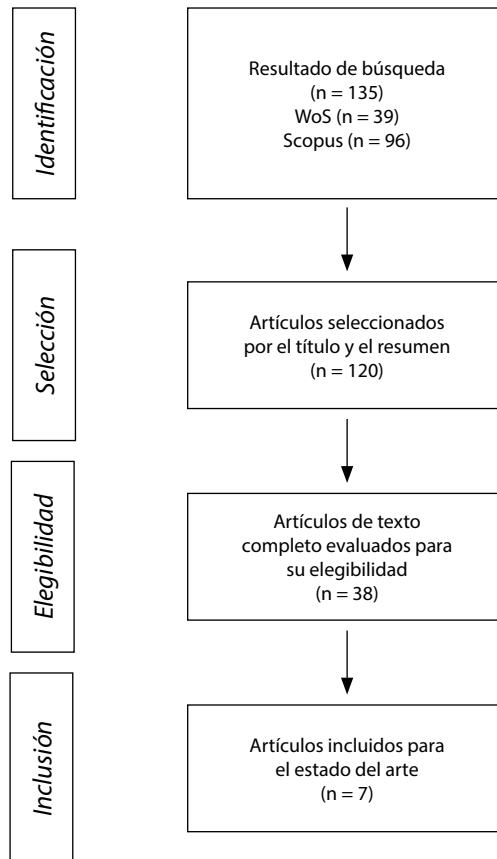
Metodología

La presente sección describe la metodología utilizada para la búsqueda, revisión y filtración de artículos, empleando las bases de datos seleccionadas y los términos de búsqueda previamente definidos.

La metodología PRISMA tiene el propósito de asistir a los autores de revisiones sistemáticas a documentar de manera transparente el porqué de las revisiones, qué hicieron y qué encontraron. En esta sección se detalla

el proceso seguido para localizar estudios sobre la gobernanza como factor de éxito en la viabilidad de los programas sociales a través de la metodología PRISMA. Este proceso consistió en 4 pasos (ver Figura 1).

Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA



Fuente: Elaboración propia.

Etapas:

Etapas 1: Identificación. Como punto de partida en esta metodología, se llevó a cabo una búsqueda lógica de literatura en las bases de datos Web of Science (WoS) y Scopus para identificar documentos relacionados con la gobernanza como condición de éxito en la viabilidad de los programas sociales. Realizando la búsqueda lógica ([“governance” OR “governmentality”])

AND (“social programs” OR “public programs”]) en los títulos, resúmenes y palabras clave, se identificaron 135 documentos.

Se decidió utilizar Web of Science y Scopus porque son plataformas que contienen investigaciones relevantes, de prestigio académico, revisadas por pares sobre el tema de la presente investigación. La revisión de la literatura se llevó a cabo en julio de 2024. Los criterios generales de selección fueron artículos en inglés y español de revistas científicas y académicas, en las categorías de ciencias sociales y administración y en particular estudios de administración pública, ciencias políticas y administración.

Etapa 2: Selección. En la segunda etapa, se excluyeron 15 artículos repetidos. Por lo que, quedaron 120 artículos, con los criterios de búsqueda antes descritos.

Etapa 3: Elegibilidad. En la esta etapa, se revisaron los títulos y resúmenes, excluyendo 82 documentos que no estaban directamente vinculados con el tema de investigación. Esto resultó en la elección de 38 artículos, los cuales fueron descargados para su análisis detallado.

Etapa 4: Inclusión. Una vez analizados los 38 documentos descargados, se excluyeron 31, debido a que no se relacionaban con el tema medular de esta investigación, ya que abordaban problemáticas de la gobernanza desde ámbitos diferentes a nuestro interés o no se referían al sector público y en particular a problemáticas con los programas sociales. Por lo tanto, el estado del arte sobre la gobernanza, el éxito organizacional y los programas sociales para este análisis consta de 7 artículos (ver “Tabla 1”).

Tabla 1. *Gobernanza, el éxito organizacional y los programas sociales (Web of Science y Scopus)*

| Año | Autor | Título |
|------|--|--|
| 2023 | Liu, Y. X., Lee, H. W., y Berry, F. | <i>How and when democratic values matter: Challenging the effectiveness-centric framework in program evaluation</i> |
| 2020 | Bance, P., y Chassy, A. | <i>Citizen advisory committees in the contingent valuation method process</i> |
| 2012 | Neshkova, M. I., y Guo, H. | <i>Public participation and organizational performance: Evidence from state agencies</i> |
| 2011 | Elías, M. V., y Alkadry, M. G. | <i>Constructive conflict, participation, and shared governance</i> |
| 2012 | Nicholson-Crotty, S., Grissom, J. A., y Nicholson-Crotty, J. | <i>Governance and the impact of public employee unions on organizational performance</i> |
| 2004 | O’Toole, L. J., y Meier, K. J. | <i>Public management in intergovernmental networks: Matching structural networks and management networks</i> |
| 2010 | Bherer, L. | <i>Successful and unsuccessful participatory arrangements: Why is there a participatory movement at the local level?</i> |

Fuente: Elaboración propia.

Análisis cuantitativo

El estado del arte incluye 15 autores, 7 artículos fueron escritos por 2 autores y solo 1 artículo por 1 autor. En los manuscritos identificados existe 2.1 de autores promedio por documento. El documento más antiguo identificado en la literatura corresponde a 2004, mientras que el más reciente es de 2023. Los documentos se encuentran en 5 fuentes de las cuales todas son revistas. (Ver Tabla 2).

Tabla 2. *Revistas y artículos de la revisión sistemática de la literatura*

| Fuentes | Artículos |
|---|-----------|
| <i>Journal of public administration research and theory</i> | 2 |
| <i>Administration & Society,</i> | 1 |
| <i>Public Performance & Management Review</i> | 2 |
| <i>Politics & Policy</i> | 1 |
| <i>Journal of Urban Affairs</i> | 1 |

Fuente: Elaboración propia.

El resultado del análisis de la literatura sugiere la importancia de la gobernanza como elemento coadyuvante para el éxito de los programas sociales. Por una parte, los autores argumentan que el éxito o fracaso de un programa siempre será resultado de la evaluación de este, ya que tanto el gobierno, como los ciudadanos receptores de los beneficios del programa, de alguna manera se manifestarán ante ello. Asimismo, argumentan la necesidad de la toma de decisiones descentralizadas, tomando en consideración a diferentes actores, los cuales pueden estar más cercanos al problema público.

Por otra parte, otros autores argumentan la presencia de redes gerenciales, así como la calidad gerencial y las características de la gobernanza a nivel de proyectos, que es el sistema de valores, de estructuras, de procesos y de políticas que permiten el logro de los objetivos organizacionales asegurando que la organización funcione de manera eficiente y en la dirección correcta contribuyendo positivamente al desempeño (Müller *et al.*, 2016).

Análisis cualitativo

La gobernanza como condición organizacional de viabilidad o éxito en los programas sociales es un tema en la agenda de los gobiernos y de la investigación científica. De acuerdo con lo analizado en las lecturas seleccionadas existen algunos beneficios e implicaciones potenciales de la adopción de algunos de los componentes de la gobernanza o de sus características. Liu *et al.* (2023) argumentan que el desempeño o buen ejercicio se ha utilizado de manera insistente en la evaluación de programas, tanto por parte de los administradores públicos como por parte de las partes externas interesadas. Este autor se refiere a la Nueva Gestión Pública, la cual se basa en el mercado, por lo que la eficacia es el principal argumento de venta de los programas públicos.

No obstante, para lograr esta eficacia o buen desempeño el gobierno ha ido cambiando al modelo de gobernanza, el cual ha transformado la forma en que se toman las decisiones, al permitir mecanismos de participación de diversos actores. En la última década, ha habido un cambio sustancial, de un gobierno tradicional vertical a un modelo de gobernanza, con la finalidad de legitimar la toma de decisiones. El estudio de Liu *et al.* (2023) muestra los efectos de la efectividad y los valores democráticos como parte de un modelo de gobernanza en la predicción de la evaluación de programas públicos. Los resultados de su estudio muestran que la eficacia y los valores democráticos contribuyen a efectos similares al explicar las preferencias políticas. La desconfianza en el gobierno fortalece el efecto de los valores democráticos, pero reduce el efecto de la efectividad.

Neshkova y Guo (2012), argumentan que la participación pública en la toma de decisiones tiene un impacto positivo en el desempeño de los gobiernos, convirtiéndose en algo deseable por el valor público que genera. No obstante, los autores realizan una disertación de la perspectiva tradicional de la toma de decisiones democráticas y administrativas; la perspectiva contraria sugiere que los aportes ciudadanos proporcionan a los administradores información valiosa y contribuyen a programas públicos más eficientes y efectivos. Estos autores examinan un vínculo importante, pero poco estudiado, entre el rendimiento organizacional y las aportaciones ciudadanas recogidas por los organismos públicos. La evidencia que presentan indica

que la participación ciudadana puede generar no solo beneficios para los participantes en el proceso, sino que también tiene un valor social más amplio, ya que mejora el desempeño de los programas públicos.

De igual forma Bance y Chassy (2020), analizan a la gobernanza como la toma de decisiones conjunta entre diversos actores, haciendo énfasis en la gobernanza multinivel (local, regional, nacional y supranacional) y en las preferencias ciudadanas mediante el uso de una herramienta económica como técnica de evaluación *ex ante*, utilizando esta información como insumo para los tomadores de decisiones públicas al momento de prestar servicios o crear programas públicos.

Nicholson-Crotty (2012), desarrollan argumentos sobre el impacto de estrategias de gobernanza en la relación entre la negociación colectiva y el desempeño organizacional, lo que moldea el diseño de las políticas públicas y la dirección de los programas públicos al incidir en la asignación de recursos y en la gestión del personal.

Posteriormente, Elías y Alkadry (2011), abordan el tema de la participación ciudadana desde una perspectiva política basada en los principios de la democracia y la soberanía popular. Analizan este tema desde una perspectiva de conocimiento, argumentando que la creación de conocimiento integral por parte de los ciudadanos y administradores es fundamental para la formación y gestión efectiva de los programas y servicios públicos. Su suposición subyacente es que los ciudadanos tienen una experiencia práctica indiscutible derivada de su contacto diario y proximidad a los problemas locales que les afectan. Permitir que estos diferentes “conocimientos se conviertan en el centro del proceso de formulación de políticas permitiría un proceso de gobernanza que es potencialmente más efectivo y democrático.

El estudio que realizan O’Toole y Meier (2004) se enfoca en investigar cómo las características estructurales de las redes intergubernamentales relevantes y también el comportamiento de los altos directivos en la creación de redes influyen en una serie de resultados de rendimiento. Las redes gerenciales, la calidad gerencial y las características estabilizadoras seleccionadas (estabilidad de personal) en el estudio contribuyen positivamente al desempeño.

En suma, podemos concluir que existe un punto en común entre los textos analizados al argumentar que uno de los elementos coadyuvantes

para lograr la eficacia o el buen desempeño, el gobierno se ha perfilado hacia un modelo de gobernanza, el cual ha transformado la forma en que se toman las decisiones, al permitir mecanismos de participación de diversos actores. Estos valoran las aportaciones de los ciudadanos que en ocasiones, al estar más cerca de las problemáticas sociales, pueden ser de gran relevancia para la creación, implementación y evaluación de políticas y programas públicos. Asimismo, destacan la importancia de los gerentes o de los tomadores de decisiones en el desempeño y la eficacia de las organizaciones públicas.

Resultados y discusión

El modelo de gobernanza tiene el potencial de ser benéfico en diferentes funciones de los gobiernos. En primer lugar, se relaciona con fomentar la participación de los ciudadanos y legitimar la toma de decisiones, el aprovechamiento del conocimiento y experiencia ciudadana, así como la importancia de la gerencia o de los tomadores de decisiones. Por otro lado, la gobernanza, al ser una manera nueva o diferente de gobernar, implica utilizar medios poco convencionales, pero de mayor eficiencia y eficacia para atender los asuntos públicos. Además, el modelo de gobernanza puede ayudar a fomentar mejor desempeño organizacional al incorporar diferentes actores, diferentes niveles de gobierno y al no centralizar la toma de decisiones.

En este sentido, incorporar valores democráticos en la evaluación de programas sociales no solo fomenta el éxito organizacional, sino que coadyuva a que las decisiones reflejen los intereses públicos más amplios. Incluir valores como la participación ciudadana y la transparencia da pauta a una gestión más inclusiva y equitativa (Liu *et al.*, 2023). Asimismo, la inclusión de comités consultivos ciudadanos representa un mecanismo clave para involucrar a diversos actores en la toma de decisiones, lo que fortalece la legitimidad democrática asegurando que la gobernanza no solo dependa de las instituciones centrales, sino que se nutra de la colaboración entre diferentes niveles de gobierno y la ciudadanía (Bance y Chassy, 2020).

Uno de los retos iniciales sobre la gobernanza en el sector público es destacar la importancia de la soberanía popular. Algunos autores recomiendan el fortalecimiento de los principios de la democracia representativa a través

de la separación de la política respecto de la administración y mediante la limitación de las funciones de toma de decisiones de los funcionarios no electos (Neshkova y Guo, 2012; Bherer, 2010). Algunas investigaciones subrayan la importancia de mejorar la democracia representativa asegurando que solo los funcionarios electos participen en el proceso de toma de decisiones y elaboren políticas que los administradores implementen de manera objetiva. Esta visión tradicional se basa en el supuesto de que los ciudadanos participan en el proceso solo a través de sus funcionarios electos. Sin embargo, la tecnología y la especialización, la inviabilidad de la separación entre la política y la administración y los poderes administrativos presentan desafíos sustanciales a los supuestos originales de Weber y Wilson en lo que se refiere a la separación entre la política y la administración (Elías y Alkadry, 2011).

Conclusiones

En la presente investigación se exploró la gobernanza como condicionante de la viabilidad o el éxito organizacional en la implementación de los programas sociales a través de una revisión sistemática de la literatura. Los resultados indican que el área de investigación núcleo de este trabajo está centrada en revistas y estudios sobre administración pública. No obstante, es importante señalar que podrían explorarse algunos marcos o modelos que de manera interdisciplinaria examinen el potencial del modelo de gobernanza en la implementación de los programas sociales, con la finalidad de lograr la generación de valor público y desarrollar las actividades dentro de las organizaciones públicas con mayor eficiencia y eficacia para el logro de fines públicos (Valle-Cruz y Sandoval-Almazán, 2020).

En cuanto a las preguntas de investigación que guiaron este capítulo, ¿la gobernanza en las organizaciones públicas influye en el éxito organizacional? y en este sentido, ¿cuáles son los retos que enfrentan las organizaciones públicas para lograr el éxito a nivel de un programa social?, los hallazgos muestran que el éxito de un programa público depende del acierto de su formulación, de la voluntad política, y de la capacidad para alcanzar acuerdos para formar coaliciones con grupos sociales y propiciar cambios insti-

tucionales, políticos y organizacionales, por lo que un modelo de gobernanza se convierte en un hecho deseable.

Entre los efectos positivos de la gobernanza se encuentra que esta incide en uno de los aspectos públicos que principalmente fomenta el desarrollo de la democracia en los países, esto es, la inclusión de diversos actores, ya sean individuales o colectivos en la toma de decisiones públicas. Asimismo, la gobernanza coadyuva a que los gobiernos sean más eficientes y transparentes en el ejercicio de sus funciones, facilitando con ello la rendición de cuentas. A pesar de las enormes ventajas que conlleva la gobernanza, esta no está exenta de posibles aspectos negativos y disyuntivos, puesto que los programas públicos de alguna forma son instrumentos muy controvertidos debido a que su implementación es compleja al verse muy influenciados por los procesos políticos en los que se insertan.

Finalmente, algunos de los retos de la gobernanza en los programas sociales como condición para su viabilidad, se encuentran en la creación de políticas públicas que promuevan beneficios tangibles para la sociedad y la inclusión de actores de todos los sectores. Asimismo, existe el desafío de establecer mecanismos de transparencia y rendición de cuentas que contribuyan a evaluar el impacto de los programas y coadyuven a su éxito sostenible. Sin embargo, el campo de estudio en cuestión requiere mayor análisis, especialmente mediante investigaciones empíricas que ofrezcan datos y evidencia sobre la efectividad de las prácticas actuales y el conjunto de acciones, estrategias o actividades implementadas con la finalidad de atender un problema público o coadyuvar al bienestar social con el fin de maximizar los beneficios tanto para la población atendida por los programas sociales como para los actores involucrados en su diseño e implementación. Además, la recopilación de estos resultados permitirá identificar los factores clave para el éxito y la sostenibilidad de los programas sociales, lo que contribuirá a la mejora continua de las políticas sociales y al fortalecimiento de la cooperación entre las diferentes partes interesadas, contribuyendo a un impacto positivo.

Referencias

- Alcántara-Santuario, A., Marin-Fuentes, V. (2013). Gobernanza, democracia y ciudadanía: sus implicaciones con la equidad y la cohesión social en América Latina. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 4(10), 93-112.
- Bance, P., Chassy, A. (2020). Comités Consultivos Ciudadanos en el Proceso del Método de Valoración Contingente. *Política & Política*, 48(4), 766-797.
- Barthes, R. (2013). *Mythologies* (A. Lavers, Trans.). Hill & Wang.
- Bherer, L. (2010). *Successful and unsuccessful participatory arrangements: Why is there a participatory movement at the local level?*. *Journal of Urban Affairs*, 32(3), 287-303.
- Burchell, G. (1991). Intereses peculiares: la sociedad civil y el gobierno del sistema de la libertad natural. En G. Burchell, C. Gordon, P. Miller (Eds.), *The Efecto Foucault* (pp. 119-150). The University of Chicago Press.
- Chávez, R. L. M., Muñoz-Chávez, J. P., Cruz, D. V., Barrios-Quiroz, H. (2022). Jóvenes construyendo el futuro: Análisis y recomendaciones sobre el diseño de la política pública. *RECAI Revista de Estudios en Contaduría, Administración e Informática*, 12(33), 1-19.
- Clegg, S. R. (1994). Weber y Foucault: teoría social para el estudio de organizaciones (pp. 149-178).
- Clegg, S. R., Pitsis, T. S., Rura-Polley, T., Marosszeky, M. (2002). La gubernamentalidad importa: diseñar una cultura de alianza de colaboración interorganizacional para la gestión de proyectos (pp. 317-337).
- CONEVAL. (2016). Informe de evaluación de la política de desarrollo social 2016.
- Dean, M. (2010). *Gubernamentalidad: poder y gobierno en la sociedad moderna* (2.ª ed.). SAGE Publications Ltd.
- Elías, M., Alkadry, M. (2011). Conflicto constructivo, participación y gobernanza compartida. *Administración & Sociedad*, 43(8), 869-895.
- Foucault, M., Donzelot, J., Grignon, C., Gaudemar, J. P., Muel, F., Castel, R. (Eds.). (1991). *Espacios de poder*. La Piqueta, pp. 9-26.
- Graña, F. (2005). Todos contra el Estado: usos y abusos de la gobernanza. *Espacio Abierto*, 14(4), 501-529.
- Liu, Y., Lee, H., Berry, F. (2023). How and when democratic values matter: Challenging the effectiveness-centric framework in program evaluation. *Public Performance & Management Review*, 46(4), 820-845.
- Müller, R., Zhai, L., Wang, A. (2017). Governance and governmentality in projects: Profiles and relationships with success. *International Journal of Project Management*, 35(3), 378-392. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.01.007>
- Müller, R., Zhai, L., Wang, A., Shao, J. (2016). A framework for governance of projects: Governmentality, governance structure and projectification. *International journal of project management*, 34(6), 957-969.
- Neshkova, M. I., Guo, H. (2012). Public participation and organizational performance:

- Evidence from state agencies. *Journal of public administration research and theory*, 22(2), 267-288.
- Nicholson-Crotty, S., Grissom, J. A., Nicholson-Crotty, J. (2012). Governance and the impact of public employee unions on organizational performance. *Public Performance & Management Review*, 35(3), 422-448.
- Ortiz, S. (2017). Gubernamentalidad y política pública: Estudio alternativo del programa Prospera. *Revista Mexicana de Sociología*, 79(3), 497-522.
- O'Toole, L. J. (2002, October). Public Management in Intergovernmental Networks. In *International Conference on "The Empirical Study of Governance, Management, and Performance"*.
- Prats, J. (2004). Gobernabilidad para el desarrollo. Propuesta de un marco conceptual y analítico. En C. Binetti y F. Carrillo-Flórez (Eds.), *¿Democracia con desigualdad? Una mirada de Europa hacia América Latina* (pp. 3-33). Banco Interamericano de Desarrollo, Comisión Europea.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (1998). *Cooperación y gobernabilidad democrática: fronteras de interacción Ejecutivo Parlamento*. PNUD/Nueva Sociedad.
- Robles, J., Navarro, D., Stevens, D. (2013). Retrocesos y desafíos para la política social en México. *Problemas Del Desarrollo*, 44 (174), 9-34. [https://doi.org/10.1016/s0301-7036\(13\)71886-8](https://doi.org/10.1016/s0301-7036(13)71886-8)
- Roth, D. (2002). Enfoques para el Análisis de Políticas Públicas. Universidad Autónoma de Colombia, Bogotá Colombia.
- Tricker, B. (2012). *Gobierno corporativo: principios, políticas y prácticas* (2.ª ed.). Oxford University Press.
- Valle-Cruz, D., Sandoval-Almazán, R. (2020). Diffusion of Innovations Among Mexico: The Technology Adoption of State Governments. En *Digital Government and Achieving E-Public Participation: Emerging Research and Opportunities* (pp. 39-62). IGI Global.
- Zurbriggen, C. (2011). Gobernanza: una mirada desde América Latina. *Perfiles Latinoamericanos*, 19(38), julio-diciembre.

4. Estrategias de innovación en la producción tradicional de café: el caso de los pequeños productores de la región Otomí-Tepehua, Hidalgo, México

PAUL MISAEL GARZA LÓPEZ*

JOSEFA ESPITIA LÓPEZ**

EDUARDO CORNEJO VELÁZQUEZ***

OTILIO ARTURO ACEVEDO SANDOVAL****

OSCAR ARCE VARGAS*****

Resumen

El café es un cultivo de gran importancia mundial, que genera importantes ingresos anuales y más de 20 millones de empleos directos e indirectos. México es el quinto país con mayor extensión dedicada al cultivo del café a nivel mundial y se ubica como el onceavo productor. El estado de Hidalgo es el sexto productor de café a nivel nacional y las zonas Otomí-Tepehua y Huasteca son las más destacadas en esta actividad. La zona Otomí-Tepehua enfrenta muchas limitaciones socioeconómicas que dificultan la producción

* Doctor en Biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México. Maestro en biotecnologías, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México. <https://orcid.org/0000-0002-3151-8369>

** Doctora en Biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México. Maestra en biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México. <https://orcid.org/0000-0002-0026-7624>

*** Doctor en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México. Maestro en Ciencias Computacionales, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. <https://orcid.org/0000-0002-0653-9459>

**** Doctor en Ciencia Químicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. Doctor en ciencias biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, México. Maestría en ciencias edafología, Universidad Nacional Autónoma de México, México. <https://orcid.org/0000-0003-0475-7003>

***** Doctor en Biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México. Maestro en Ciencia Agropecuarias; Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México. <https://orcid.org/0000-0002-3388-2973>

de café, y en general, los productores desconocen los atributos sensoriales de su producto. A pesar de ello, los pequeños productores de café realizan la búsqueda activa de alternativas para dar valor agregado a su producto, como el manejo tradicional del cultivo o el beneficiado en seco. Recientemente, ha cobrado importancia la técnica tradicional de tostado en «comal» de barro, la cual ha sido utilizada para otros productos agrícolas y no requiere de equipos ni materiales costosos, ya que se utiliza carbón o leña y el «comal» de barro. Lo anterior ha permitido la formación de grupos de productores que buscan dar un sello distintivo para destacar que, en la zona Otomí-Tepéhua, el café se produce de manera artesanal.

Palabras clave: *Café artesanal, ventaja competitiva, tatemado de café, estudio sensorial.*

Introducción

El café es un cultivo de relevancia productiva, social, económica y por su aportación ambiental a los ecosistemas agroforestales. Es un producto agrícola con una importante participación en el comercio internacional ya que produce ingresos anuales superiores a los 15 000 millones de dólares y genera empleos directos e indirectos a poco más de 20 millones de personas (Canet *et al.*, 2016).

El cultivo de café en México es de gran importancia, tanto para consumo local como para exportación. En el año 2021, el Sistema de Información Agropecuaria (SIAP) publicó que México fue el quinto lugar en extensión mundial de cultivo de café, con 711 708 hectáreas y se colocó en el 11vo lugar como productor de café, con 954 000 toneladas producidas lo que equivale a \$5'135 835 618 pesos mexicanos. Asimismo, se exportan en promedio 100 000 toneladas anualmente a 13 países, siendo Estados Unidos el principal cliente, lo que representa casi \$370 000 000 dólares (SIAP, 2021). En este sentido, durante los últimos 30 años, la exportación de café mexicano ha fluctuado constantemente. En 1995, México contribuyó con el 5.52% de la exportación mundial de café, mientras que en 2018 únicamente fue de 1.68%, debido a que el consumo local ha aumentado (Utrilla-Catalan *et al.*, 2022).

El estado de Hidalgo es el sexto productor de café a nivel nacional con casi 30 000 toneladas cosechadas, lo que equivale a 3.25% de la producción nacional. La superficie destinada para cultivo de café es aproximadamente de 42 403 hectáreas, con 25 630 productores (Ortiz, 2019). El café se cultiva principalmente en los municipios de Huehuetla, San Bartolo Tutotepec, Tenango de Doria, Tepehuacán de Guerrero, Calnali, Tlanchinol, Pisaflores y Chapulhuacán. Los ocho municipios se ubican en las regiones Otomí-Tepehua y Huasteca del estado hidalguense. La zona Otomí-Tepehua agrupa a los municipios de San Bartolo Tutotepec, Tenango de Doria y Huehuetla, situados entre los 520 y los 1 660 metros sobre el nivel del mar. Esta región cuenta con aproximadamente 4 700 pequeños productores de café y una superficie cultivada de 8 270 hectáreas.

La producción promedio de café del estado de Hidalgo es de 150 a 230 mil sacos de 60 kilogramos (Ortiz, 2019). Es importante tomar en consideración que el rezago económico de la zona cafetalera y el abandono de los cultivos ha provocado la presencia de plagas y enfermedades tales como broca del café y roya (Robles-Luqueño *et al.*, 2019) que afectan la sanidad de la planta, el producto e impacta en el rendimiento de la producción.

Los productores generalmente venden el café localmente, en mercados y plazas de venta, principalmente grano en bola o pergamino, debido a la falta de infraestructura y maquinaria para procesarlo. En algunos casos, el café es vendido a intermediarios acopiadores quienes lo procesan y distribuyen con un costo comercial mayor, lo que significa una pérdida económica para el productor (López-Pérez, 2015; García-Barrón *et al.* 2020). Asimismo, el cultivo de café es una actividad de subsistencia, no de producción masiva, y en ocasiones los productores prefieren otros cultivos o actividades para generar ingresos económicos. Otros problemas que afronta la zona Otomí-Tepehua son los altos índices de migración, debido a las condiciones de pobreza de la zona, el impacto ecológico por manejo inadecuado del cultivo de café, así como el desinterés y la pérdida de identidad cultural de los productores (Robles-Luqueño *et al.*, 2019; Utrilla-Catalan *et al.*, 2022). Recientemente, los productores de café han buscado alternativas para otorgar valor agregado al producto, mediante el establecimiento de sus propias marcas, bajo el estándar de producto orgánico y artesanal, asociado a la falta de tecnología y de métodos de mercado (Román-Maldonado *et al.*, 2021).

La cadena productiva del café incluye la producción primaria del café cereza y/o pergamino. El procesamiento proporciona el valor agregado al conservar los atributos físicos y sensoriales y la comercialización para llevar el producto al consumidor final.

En el presente trabajo se hace un análisis de las condiciones socioambientales en la que se realiza la producción de café por los pequeños productores de la zona Otomí-Tepehua, de las opciones de comercialización y las alternativas para dar un valor agregado a su producto con el propósito de mejorar las oportunidades que brindan los mercados locales, nacionales e internacionales.

Sistema de producción del café

En México, existe una gran diversidad en la producción de café, la cual está generada por distintos factores desde la ubicación geográfica, el tipo de suelo, la variedad y edad de los cafetos e incluso si se decide tener como monocultivo o de producción orgánica. Las particularidades del cultivo de café del estado de Hidalgo que se encuentran en la región Otomí-Tepehua presentan ventajas tales como la altura que está por encima de los 1 200 metros sobre el nivel del mar, los diferentes microclimas que permiten la diversificación de variedades y perfiles del café, además de la experiencia intrínseca adquirida por varias generaciones de microproductores. Muñoz Soto (2018) menciona que la diversidad de sabores que crean perfiles sensoriales novedosos que ofrecen los microproductores de café son inigualables, exóticos, únicos en el mundo y con alta calidad, esto se ha visto reflejado en distinciones obtenidas tales como galardones por la AVPA (Agence pour la Valorisation des Produits Agricoles, por sus siglas en francés), cuya sede es París, Francia. Los premiados fueron la “Finca Paraíso” en la categoría *Aromatique Acidulé* (café con dominantes aromáticas y ligeramente ácidas equilibradas) y para “Café Shunuc” en la categoría *Rond Equilibré* (café que posee todos sus elementos de sabores y de aromas en buen equilibrio), ambos producidos en el municipio de Tenango de Doria, Hidalgo, México.

En México el café es una de las bebidas más populares y su producción en el país es tan amplia que actualmente es un cultivo de trascendencia desde

el punto de vista no sólo económico y social, sino también cultural y ecológico (Instituto Nacional de la Economía Social INAES, 2019). El sistema de plantaciones de café en México se realiza principalmente bajo sombra principalmente, lo que permite conservar el medio ambiente, la flora y fauna, los mantos acuíferos y la captación de carbono.

La producción de café en México se puede clasificar en cinco sistemas de producción, con base en el nivel con el que se maneja el cultivo, la complejidad vegetal del sistema y la estructura que lo conforma: 1) tradicional rústico o de “montaña”, 2) policultivo tradicional, 3) policultivo comercial, 4) monocultivo bajo sombra y 5) monocultivo sin sombra.

Es común encontrar cultivo del café en la región Otomí-Tepehua, en los hogares rurales más pobres. El sistema de producción de café es tradicional rústico o de “montaña”, suele ser orgánico ya que se realiza sin la aplicación de agroquímicos y en agrobosques de niebla amigables con el medio ambiente (Moguel y Toledo 1999). Las plantas de café son perennes y los cultivos cuentan con baja tecnificación, generalmente junto con árboles de plátano y cítricos. El monocultivo del café es prácticamente inexistente, algunos pequeños productores de la región también han introducido a los cafetos a los bosques nativos y presentan un manejo mínimo. Existen estudios cuantitativos acerca de la vegetación existente de los cultivos de café tradicionales en México, los cuales señalan que los cultivos que han sido integrados por manejo indígena poseen una estructura vegetal compleja que se encuentra compuesta por hierbas, arbustos y árboles, se establece una variedad que fluctúa entre 90 y 120 especies que conforman los bosquetes tradicionales cafetaleros en esta zona.

El sistema de milpa prevalece. A pesar de ser el café el principal producto, este se intercala con plantas aromáticas, medicinales o de consumo alimenticio. La ganadería de traspatio permite contar con los apoyos alimenticios requeridos. En la región Otomí-Tepehua la cafecultura concentra el 49% del padrón de cafecultores del estado de Hidalgo de acuerdo con información del Consejo Hidalguense del Café (2018). El café aromático se siembra en territorios de bosque de neblina templados y tropicales montañosos, en altitudes de 790 a 1 200 metros sobre el nivel del mar, en sistemas de producción de ladera con técnicas productivas no mecanizadas. Se configura un sistema agroforestal con árboles maderables de sombra, fijadores de

nutrientes en el suelo: el chalahuite *Inga spp*, el aïle *Alnus acuminata* y el cedro *Cedrela odorata*.

En la región también se intercala con frutales: aguacate, pahlua, plátano, mango, nogales y cítricos (naranja, mandarina, lima, limón o toronja). Debido a la diversidad de alturas de la región, la temporada de cosecha se extiende durante cuatro meses: en la zona baja cosechan de octubre a enero y en la zona alta de diciembre a marzo (Soto *et al.*, 2020).

La producción del café en la región se sustenta en estrategias campesinas (Kaplinsky, 2004), mientras su comercio es local, aunque existen oportunidades para hacerlo global. En México, una de las características de la siembra de café es el uso intensivo de trabajo campesino, realizado por los integrantes de los hogares sin remuneración, bajo una lógica de subsistencia (Cobo & Paz-Paredes, 2009). Para la cafecultura, los hogares campesinos emplean trabajo familiar en la limpieza, siembra, cosecha y beneficio húmedo y seco del café.

En los años ochenta del siglo xx INMECAFE apoyó a productores de la región a través de la promoción del beneficio húmedo, lo cual da valor agregado al producto mediante la obtención del grano en pergamino; sin embargo, hoy en día muy pocos están operando, por lo que se observa maquinaria abandonada que no es usada para los fines que fue propuesta.

López y Pérez (2013) señalan que la Región de Tenango de Doria fue favorecida, al contar con un beneficio húmedo por cada 188 productores mientras que la región de Huejutla contaba con 2 384 productores por cada beneficio húmedo. Sin embargo, las condiciones de desigualdad, pobreza y marginación son las limitantes que enfrentan este tipo de productores (González-Romo *et al.*, 2019).

En la región, el procesamiento del café involucra la selección, el corte, el proceso de beneficio húmedo y seco, el tostado, el molido y la presentación final. Durante la cosecha, las mujeres trabajan en el secado de la cereza y del café pergamino. Este beneficio seco se realiza en los hogares de los campesinos, en esta práctica se extiende el café cereza sobre tendales expuestos al sol. Posteriormente, durante cinco semanas aproximadamente se va moviendo la cereza para su secado y finalmente se obtiene café en bola sin despulpar, con esto se obtiene solo el 50% del valor agregado durante el proceso, con un precio aproximado en la región de \$18 pesos por kilogramo,

lo que hace tener el indicador más bajo comparado con el beneficio húmedo que alcanza un precio de \$45 pesos por kilo. En la región el proceso final se centra en la comercialización de café cereza y café bola (Soto *et al.*, 2020).

Comercialización del café

La comercialización del café en la zona Otomí-Tepehua del estado de Hidalgo ha desarrollado diferentes nichos de mercado para mejorar el precio de venta mediante una especialización de la producción. Dicha especialización se deriva principalmente de dos factores: la calidad del café y el valor agregado.

Existen algunas propuestas innovadoras para poder generar la valoración agregada del café, como la producción orgánica, el comercio justo, el tostado artesanal, el carácter gourmet, la preparación mediante infusiones especializadas, entre otras. Estas nuevas propuestas ofrecen características únicas al producto por las cuales los consumidores están dispuestos a pagar precios por encima de los ya establecidos por el mercado.

Robles Luqueño *et al.* (2019) mencionan que, en el caso particular de la comercialización del café en el estado de Hidalgo, es necesario realizar un análisis basado en la reconfiguración territorial a partir del tipo de producción, así como de las estrategias de comercialización y su relación con las cadenas globales de valor. Debido a ello, es importante identificar cuáles son las cadenas que pueden ayudar a mejorar las posibilidades y los retos que deben ser resueltos en los diferentes eslabones de los procesos productiva, de valor agregado y comercialización.

En respuesta a la cadena global de valorización, los pequeños productores de café han optado por el tipo de producción que pueda aumentar los beneficios económicos. Como se ha descrito anteriormente, el cultivo del café de la zona Otomí-Tepehua del estado de Hidalgo no utiliza agroquímicos en los procesos de producción, por ello la producción es básicamente orgánica lo que garantiza un precio de venta elevado respecto del resto del mercado. Además, cuando el productor está certificado el café es considerado para exportación, haciendo posible un precio de venta mayor lo que permite a los pequeños productores obtener un beneficio hasta tres veces

mejor por la producción por hectárea por lo que es viable que se cubran los costos derivados de este tipo de comercialización.

La mayoría de los pequeños productores han logrado dar un valor agregado al café al haber conseguido la diferenciación respecto a los productos que abundan en el mercado. Algunas de las características que han logrado tipificar al café en la zona particular Otomí-Tepehua del estado de Hidalgo son: café de alta calidad, gourmet, sustentable, orgánico, café de sombra, café de comercio justo y el tipo de tueste (Robles Luqueño *et al.*, 2019).

Sin embargo, existen problemáticas típicas de la región, entre las cuales destaca la reticencia de las comercializadoras a pagar un precio que refleje el valor agregado real del producto, ofreciendo el mismo precio que se pagaría por un producto convencional. Además, debido a la limitada infraestructura de comercialización propia de una zona marginada, las opciones de venta son reducidas. Otra problemática a la que se enfrentan los pequeños productores es la baja estandarización de la producción de café, como resultado de la poca industrialización en el proceso, los cambios durante el cultivo y las diversas etapas a las que se somete el producto, pues no son estrictamente vigiladas y las metodologías de trabajo no son replicadas. Ello genera una variabilidad entre los lotes del café, lo cual tiene como consecuencia la insatisfacción por parte de los consumidores y los compradores que consideran la homogeneidad en el producto como una característica importante.

En los últimos años, es notable la tendencia a la baja en la producción de café en la región. Una causa es la falta de asesoría técnica para poder implementar soluciones integrales a los problemas del cultivo como la nutrición del suelo, la identificación y el tratamiento de plagas y enfermedades, la implementación de buenas prácticas agrícolas y demás situaciones particulares. También se han encontrado problemáticas resultantes de condiciones climáticas y fenómenos naturales, las cuales afectan directamente al cultivo o las vías de comunicación e impiden la comercialización del producto (González Romo y López Pérez, 2018).

El volumen de producción es otro factor que limita la comercialización del café de la región Otomí-Tepehua del estado de Hidalgo. El tamaño de la producción generada por cada campesino suele obligarlos a acudir a alguna cooperativa, organización o acopiadores que estipulan el precio de compra

dejando un margen de ganancias mínimo para los productores (González Romo y López Pérez, 2018).

La situación anterior, hace que los intermediarios sean quienes interactúan con los compradores establecidos en las ciudades, cafeterías o consumidores directos. Esto resulta en que difícilmente se da una retroalimentación acerca de la calidad del producto que toman los consumidores finales.

El desarrollo de las comunidades pertenecientes a la región Otomí-Tepehua del estado de Hidalgo ha establecido un progreso de la comercialización del café basado en algunas actividades agroindustriales y en la industria turística como consecuencia de las políticas sociales de fomento enfocadas en el sector empresarial.

Particularmente en el sector turismo, la estrategia empleada es el establecimiento del café en los denominados “pueblos mágicos” y “pueblos con sabor” del estado de Hidalgo. En estos casos el café se puede comercializar como una bebida lista para su consumo o como el producto molido para preparar (García Lirios *et al.*, 2020). En este contexto el origen de estos proyectos suele ser en su mayoría generado por cooperativas y empresas familiares. Este tipo de comercio suele estar alejado de las empresas y corporativas multinacionales, lo que hace que el producto sea sólo de consumo local y nacional.

Gómez Ortega y Ortiz Zarco (2018) mencionan que el café producido en Hidalgo debido a las características agroclimatológicas del estado genera atributos de calidad en el café en taza. Otro de los atributos que buscan los comercializadores en el producto es el rendimiento. Sin embargo, tomando en cuenta que la mayoría de la producción de la región es orgánica y libre de agroquímicos no siempre se logra tener un alto rendimiento. Es el valor agregado la característica con la cual se puede tener rentabilidad en la producción de café.

Derivado de las características intrínsecas de la calidad obtenida del café se podría exportar y tener un precio justo por él. No obstante, las dificultades para la comercialización como el tamaño del lote o los canales de distribución, así como los acopiadores disminuyen las posibilidades de poder realizar esta venta fuera del país.

Otra situación que podría potencializar la comercialización de café en la región Otomí-Tepehua del estado de Hidalgo son las inspecciones y certi-

ficaciones que abran oportunidades para distribuir el producto en el extranjero ya que la calidad del café estaría asegurada durante toda la producción. Este proceso incluye todas las etapas del procesamiento del producto desde la preparación y el diagnóstico del suelo para evitar alguna plaga, además de garantizar la correcta nutrición del suelo en cada etapa de su procesamiento.

Soto-Alarcón (2020) menciona que cuando los cafeticultores están capacitados en el proceso, puede llegar a incrementarse el precio del café hasta en un 500%. Entre las principales propuestas para poder acceder a las asesorías y tecnologías necesarias para la obtención de las certificaciones se recomienda el acceso a programas de apoyo específicos del sector agrícola y cafetalero, así como visualizar qué tipo de interacción se puede generar entre los productores y los sistemas de producción ya establecidos.

Díaz Nieto (2021) propone como estrategia de comercialización formar una relación sólida con sus consumidores para posicionarse en el mercado. De esta manera, se podrá construir no sólo un producto, sino también un servicio personalizado con cada cliente y sus necesidades. Para ello, es importante considerar que la producción de café en la región Otomí-Tepehua, en el estado de Hidalgo, se realiza a través de cooperativas o empresas familiares. Para mejorar la competitividad, se sugiere incrementar la capacitación y optimizar el uso de apoyos gubernamentales, como lo recomienda Soto-Alarcón (2020).

Alternativas Tecnológicas

El café que se produce en el estado de Hidalgo en su mayoría se vende a otros estados para su transformación industrial. A pesar de que Hidalgo es responsable de 10% de la producción del café en México, gran parte de los ingresos que se pueden generar derivados del procesamiento, la distribución y la venta de producto no se reflejan en ganancias para los pequeños productores.

En general los productores de café no comercializan ni beben el café que producen, es decir, no conocen cual es la calidad del producto final en taza y, a su vez, desconocen cómo mejorar sus plantaciones para obtener una

bebida de mejor calidad. Tampoco existe venta de su producto en las cafeterías locales, lo que tiene como consecuencia un bajo consumo del café dentro del estado (Roman-Maldonado *et al.* 2022).

Aunque falta tecnología en campo, en el procesamiento del café y en el mercadeo, se ha impulsado el uso de algunas versiones artesanales desarrolladas por los productores locales en la región Otomí-Tepehua. Entre estas tecnologías destaca el beneficio en seco y el tostado artesanal en “comal de barro”. La técnica de tostado en comal de barro deriva de la cocina tradicional mexicana que se podría tipificar como una transferencia tecnológica ya que se transfirieron los conocimientos y las habilidades derivados de esta técnica. De hecho, este tipo de tostado se conoce como “tatemado”. La Real Academia Española precisa que la palabra tatemado proviene del náhuatl *tlatemati* que significa ‘quemar’, ‘poner al fuego’. Es una técnica gastronómica equivalente a asar o tostar. Este tipo de metodologías como el empleo del metate, el comal y ollas de barro, que se aplican a la cocina tradicional mexicana, son únicas en el mundo, lo cual ha ayudado a que la gastronomía mexicana sea reconocida desde el 2010 como patrimonio cultural inmaterial por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Este título se le otorgó debido a los elementos del mestizaje cultural que los convierte en tesoros históricos. El tostado del café en comal de barro es sin duda un ejemplo de esto.

El tostado de café en comal es un modelo cultural que conjunta conocimientos prácticos antiguos con los resultados obtenidos de las prácticas agrarias locales, técnicas culinarias y costumbres. Para efectuar el tostado del grano los productores hacen uso de comales de barro alimentados por leña y carbón. Esta práctica imprime en el producto características sensoriales que pueden llegar a diferenciar al producto de los demás que ofrece el mercado (Espitia-López *et al.*, 2018). Se han realizado diversos estudios para poder colocar en ventaja a este producto. Entre ellos se encuentran análisis sensoriales del café en taza que derivan en mapas descriptivos para proporcionar esta información a los productores, vendedores y, por supuesto, a los consumidores. Es importante enfatizar que el análisis sensorial es una de las principales herramientas para determinar la calidad del café. Para conocer el perfil sensorial de un alimento es común emplear metodologías como *Quantitative Descriptive Analysis* (QDA), sin embargo, esta

metodología tiene las desventajas de ser costosa y necesitar diversas sesiones por lo que se han generado novedosas tecnologías como el método *Check All That Apply* (CATA), el cual nos permite conocer el perfil sensorial de los alimentos en una sola sesión con jueces no entrenados (consumidores). De esta forma se ven reducidos los gastos y el tiempo empleado, lo cual permite conocer los descriptores señalados por los consumidores ofreciendo el perfil sensorial del café orgánico obtenido por procesos tradicionales como el tostado en comal de barro, empleado tecnologías emergentes de bajo costo, rápidas, fácil entendimiento y que, además, proporcionan información que ayuda a mejorar algunas de sus prácticas para corregir el producto final si es necesario, y dan un valor agregado que se ve reflejado directamente con los productores. Como resultado del estudio CATA se obtuvieron los descriptores sensoriales específicos del café orgánico artesanal tostado en comal de barro obtenido de la zona Otomí-Tepehua del estado de Hidalgo. Estos se esquematizan en gráficas y pueden emplearse en el etiquetado del producto terminado. También se realizó la descripción escrita para usarla en puntos de venta posteriores.

También se han desarrollado algunos estudios sensoriales de presentaciones finales de consumo dependiendo de la forma en la que se prepara la infusión, como lo menciona el estudio titulado “Characterization of sensory profile by the CATA method of Mexican coffee brew considering two preparation methods: espresso and French press” (Espitia-López *et al.*, 2019). En este estudio se presenta la propuesta de preparar infusiones con las metodologías de espresso y prensa francesa del café hidalguense obtenido de la región Otomí-Tepehua. La propuesta compara dos formas completamente diferentes de preparar la bebida, la elaboración de café espresso se realiza con 7 gramos de café llevado a molido fino y se emplea una cafetera de especialidad donde se extrae a una presión de 15 bares para obtener un volumen final de 25mL a 90°C. Las características sensoriales de un café espresso son las de una bebida visualmente limpia, brillante, oscura y con una crema de color beige persistente, en la boca suele ser de ataque intenso y larga duración. Mientras que la preparación de la infusión con prensa francesa emplea una molienda media y 60 gramos de café para obtener 1L de la infusión a 90°C después cuatro minutos de verter el agua y presionar el pisto para separar la infusión. El resultado visual de esta metodología es un café de

tonos medios, con pequeñas borlas de café que generan turbidez y cierto amargor en boca, de ataque suave y duración media. Los consumidores que evaluaron al café mencionaron atributos positivos y característicos del tipo de preparación y se vieron influenciados en gran medida por los atributos visuales que sin duda son particulares de la región y del tipo de tostado.

Se han realizado escasos estudios enfocados en la caracterización sensorial y en las percepciones del consumidor enfocados a pequeños productores. Como resultado, se ha determinado la calidad de los atributos sensoriales específicos de la región Otomí-Tepehua, así como las características hedónicas las cuales dictaminan el valor de forma correlacionada con la calidad y el precio del café. Esta relación es positiva y los productores tienen como beneficio un aumento directo un precio de hasta 50% cuando se vende como un producto orgánico y de comercio justo. Estos estudios se han desarrollado con consumidores de café mexicanos y locales, los estudios hedónicos se han enfocado en los promotores “impulsores” del gusto para generar guías que establezcan la satisfacción de los consumidores. Estos descriptores específicos que producen las características peculiares de las regiones indígenas generan un perfil sensorial con los “impulsores” que inducen a la aceptabilidad por parte de los consumidores de productos de la misma región. Estos “impulsores” son precisos del *flavor* y se emplean como parámetros que gustan a los consumidores y se convierten en los estándares a satisfacer por parte de los productores. Estos “impulsores” se definen como las particularidades sensoriales encargadas de propiciar la aceptación del producto. Para evaluarlos, por lo general se mide el gusto individual que impulsa el gusto general (Roman-Maldonado *et al.*, 2022).

También se han desarrollado estudios de la calidad sensorial del café de la región Otomí-Tepehua alrededor, que generan los pequeños productores. Estos estudios se han realizado por los consumidores. La investigación realizada por Roman-Maldonado *et al.* (2020) tuvo como objetivo la caracterización sensorial y la investigación por parte de los consumidores de café local y el impacto en la aceptación de estos. En este estudio se menciona que los consumidores locales son capaces de diferenciar significativamente la acidez del café de diferentes muestras incluidas las producidas por pequeños productores regionales y se sugiere que esta acidez es en la bebida aumenta de forma proporcional a la altitud de donde fue cultivado el café. Otro factor

que influye directamente en la acidez de la bebida es el proceso tecnológico que se emplea en el tipo de beneficio ya sea húmedo o seco, siendo el beneficio húmedo el que proporciona mayor acidez. Por su puesto se debe tomar en cuenta que esta acidez deseada debe ser equilibrada con las demás características de la bebida antes de que se convierta en un defecto, así como considerar la influencia de los ácidos orgánicos presentes que impactan en la calidad, ya que afectan directamente el pH. Otro factor sensorial que tuvo una diferencia significativa en las muestras de café obtenidas de la región Otomí-Tepehua fue el grado de amargor que para este estudio no está relacionado directamente con el grado de estado y sugiere que es consecuencia de los factores previos a la cosecha típicos de la región.

Como resultado de la caracterización sensorial de la región Otomí-Tepehua Roman-Maldonado *et al.* (2020) obtuvieron una diferencia significativa en 11 de los 12 atributos de las muestras evaluadas, y el único atributo que no presentó diferencia significativa fue el sabor a tierra. Entre los resultados obtenidos por Roman-Maldonado *et al.* (2020) y Espitia-López *et al.* (2019) se encuentran una coincidencia entre los descriptores sensoriales que es el predominio de la nota aromática a tostado y que para el café tostado en comal se relaciona con la nota a quemado. También se pudieron localizar algunos descriptores en el café regional como defectos debido a su intensidad, destacando esta tecnología de caracterización sensorial como auxiliar para identificarlos y poder proponer mejoras en el proceso de tostado ya que este proceso es el responsable de la nota a quemado, para poder disminuir esta intensidad y aumentar la calidad de la bebida en taza.

Para poder determinar la preferencia de los consumidores Roman-Maldonado *et al.* (2020) realizaron un estudio hedónico con café de la región Otomí-Tepehua. En esta investigación todos los consumidores probaron el café a ciegas mostrando preferencia por los cafés comerciales como suele ser usual en la preferencia de los consumidores. Los autores mencionan que en México la mayoría de los consumidores toma la bebida de forma azucarada y con complementos como leche o crema y al ofrecer las muestras para el estudio que no tenían esos complementos la preferencia por todas las muestras fue baja. Esto podría tomarse en cuenta para futuras presentaciones de la bebida y para mejorar la preferencia de la producción regional, por ejemplo, como preparado de “café de olla” que es una forma de preparación

tradicional del café mexicano, a la cual se le agrega piloncillo, canela, clavos de olor, anís y cáscara de naranja a la infusión. Por último, los “impulsores” obtenidos de este estudio sugieren que el gusto de vainilla y nuez, así como el olor a tostado pueden ser característicos del producto de la región y ayudar a potencializar el consumo del café regional el cual está relacionado con las características sociodemográficas de los consumidores.

En el 2020, García-Barrón *et al.* publicaron un artículo que estudia la influencia de las expectativas en el nivel de agrado del café local de comunidades ubicadas en la región Otomí-Tepehua del estado de Hidalgo en México. En este estudio los autores mencionan que gran parte del café que se produce en Hidalgo es procesado en otros estados dentro del mismo país y además tampoco es consumido por la población local que lo produce lo que tiene como consecuencia un bajo consumo y baja comercialización en Hidalgo.

Entre los principales hallazgos de esta investigación destaca que al realizar una evaluación a ciegas de las muestras de café de la región Otomí-Tepehua y una muestra de café soluble no encontraron diferencias significativas en el nivel de agrado. Posteriormente, al evaluar las muestras conociendo el origen de las mismas, los jueces calificaron con mayor agrado a las muestras obtenidas localmente. Esto demuestra que la producción local de café influye positivamente en la preferencia de los consumidores, evidenciando la importancia del favoritismo por productos locales por parte de los consumidores.

Las muestras de café obtenidas localmente tuvieron una gran aceptación por parte de los consumidores, lo cual manifiesta la influencia del consumo de productos locales y convierte al café en un producto con valor agregado. García-Barrón *et al.* (2020) afirman que cuando los consumidores disponen de información acerca del café como su origen se presenta una preferencia, pero no así cuando la información con la que se cuenta es la marca o el precio. Tomando como base de este estudio que los consumidores locales de café de la región Otomí-Tepehua tienen grandes expectativas respecto al consumo del café de la misma región se podría tomar en cuenta esta información para incluirla en el empaque. En México existen algunos distintivos que se pueden emplear para resaltar el hecho de que se trata de un producto artesanal, como el sello “Manos indígenas calidad mexicana” (Figura 1.).

Esta estrategia puede ser útil respecto al marketing de las ofertas, demandas y necesidades del mercado local, dando el valor agregado a el café de la región Otomí-Tepehua.

Figura 1. Sello distintivo de un producto hecho con “Manos indígenas calidad mexicana”



Hernández-Islas *et al.* (2020) realizaron un “sistema web de recolección y clasificación de datos para el análisis de suelos”. Este sistema está basado en la toma de muestra de suelos cafetaleros de la de la región Otomí-Tepehua del estado de Hidalgo. En ocasiones los plantíos de cafetos suelen estar en terrenos sumamente intrincados o muy inaccesibles y la toma de muestras para el diagnóstico de suelos es un problema. También el envío de las muestras es costoso y además falta la interpretación de un experto. Realizar toda esta metodología entorpece un correcto análisis de suelo y hace imposible poder diagnosticar las deficiencias para corregirlas. Hoy en día existen algunos kits de laboratorio de suelo móviles que ofrecen resultados inmediatos acerca de cómo se encuentran los parámetros agronómicos relevantes del suelo. La propuesta de Hernández-Islas *et al.* (2020) es generar un software que basado en los parámetros recolectados en campo generen una propuesta remedial “instantánea”.

El objetivo de Hernández-Islas *et al.* (2020) fue contribuir a la clasificación de datos que se colectan derivados del análisis de suelo en campo.

Se colectaron una serie de datos que incluían: pH, conductividad eléctrica, nitrato, calcio, sodio, potasio y sales totales. Asimismo, se colectaron las coordenadas específicas del lugar de muestreo y se indicaba el tipo de clima específico de la región junto con la información que proporcionaban los productores locales como si se trataba de un monocultivo o policultivo. Se establecía el historial para generar una predicción de cuál era el estado del suelo en ese punto en particular. Como resultado, se podría sugerir un protocolo de corrección para el cultivo específico de café. La finalidad de este trabajo es también mencionar la vulnerabilidad que presentan los cultivos ante algunas plagas o enfermedades, de acuerdo con los datos recolectados.

Conclusiones

La zona Otomí-Tepehuá en el estado de Hidalgo afronta diferentes problemáticas relacionadas con altos índices de marginación, migración y condiciones de pobreza. Ante estas condiciones adversas, los agricultores de la región han realizado el cultivo y la explotación del café como una actividad de subsistencia.

Los productores de café han buscado e implementado diferentes estrategias para otorgar valor agregado a su producto. A pesar de la falta de tecnología en los campos de cultivo, se ha impulsado el uso de nuevas tecnologías a partir de los métodos artesanales en la fase de procesamiento y comercialización del café. La técnica de tostado del café en comal de barro es un tipo de transferencia de tecnología con origen en la cocina tradicional mexicana, que conjuga conocimientos antiguos de las labores agrarias, técnicas culinarias y costumbres de la región. En esta técnica, los productores usan comales de barro alimentados por leña y carbón para realizar el “tatemado” del café con el propósito de imprimir al producto final características sensoriales que favorecen la construcción de ventajas competitivas en el mercado. En este sentido, los estudios sensoriales al café producido en la región han servido para identificar atributos positivos y característicos que permiten diseñar estrategias de comercialización dirigidas a los consumidores finales e impactar de forma positiva en los beneficios económicos para los productores.

Referencias

- Díaz-Nieto E. S. (2021). Estrategias de competitividad y contexto actual de caficultores y comercializadores en Hidalgo. <https://www.ricea.org.mx/index.php/ricea/article/view/171>
- Espitia-López J., Garza-López P. M., Arce-Cervantes O., Flores-Chávez B., Hernández de León S., Meléndez-Alonso A. I. (2018). Caracterización sensorial de café orgánico tostado en comal de barro de la zona Otomí-Tepehua del estado de Hidalgo. Congreso Nacional Sobre cocina Tradicional Mexicana, Cuernavaca, Morelos, México.
- Espitia-López J., Rogelio-Flores F., Angel-Cuapio A., Flores-Chávez B., Arce-Cervantes O., Hernández-León S., Garza-López P. M. (2019). Characterization of sensory profile by the CATA method of Mexican coffee brew considering two preparation methods: espresso and French press. *International Journal of Food Properties*. VOL. 22, NO. 1, 967-973. <https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1619577>
- García-Barrón S. E., Gutiérrez-Salomón A. L., Jaimez-Ordaz J., Villanueva-Rodríguez S. J. (2020). Influence of expectations on the level of liking of a local coffee in Mexico. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 101: 1572-1578. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10776>
- García-Lirios, C., Carreón-Guillén, J., Bustos-Aguayo, J.M., Hernández-Valdés, J. (2020). Percepción del emprendimiento caficultor en la región Huasteca, centro de México. *Revista Activos*, Vol. 18 N.º 1, enero-junio de 2020, pp. 235-266.
- Gómez-Ortega, X. M., Ortiz-Zarco, R. (2018). Hidalgo, ¿Potencial exportador? *Ciencias Sociales Revista Multidisciplinaria*, Arkho Ediciones, Argentina, ISSN-e: 2683-6777 Periodicidad: Semestral, vol. 0, núm. 0.
- González-Romo A., López-Pérez S. (2018). Café y pobreza en los productores Otomí-Tepehua: crisis del desarrollo rural frente al neoliberalismo. *Revista CIMEXUS* Vol. XIII No.2 Julio-Diciembre 2018.
- Hernández-Islas F. M., Vite-Víctor D., Franco-Arcega A., Espitia-López J. (2020). Sistema web de recolección y clasificación de datos para el análisis de suelos. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- López-Pérez S. (2015). El Café en el estado de Hidalgo: Desarrollo de la producción del café en la zona Otomí-Tepehua. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México. 222 pp.
- Moguel, P., Toledo, V. M. (1999). Biodiversity Conservation in Traditional Coffee Systems of Mexico. *Coffee Cultivation and Biodiversity Conservation*, Conservation Biology, Pages 11-21 Volume 13, No. 1.
- Muñoz-Soto, J. L. (2018). Para abundar en la propuesta de acuerdo económico: "Apoyo para los productores de café de la región Otomí Tepehua". http://www.congreso-hidalgo.gob.mx/trabajo_legislativo/trabajo_diputados/archivos/ARMA%20Y%20VOGT.%20APOYO%20A%20LOS%20PRODUCTORES%20DE%20CAF%C3%89%20DE%20LA%20REGI%C3%93N%20OTOM%C3%8D-TEPEHUA_.pdf
- Ortiz, C. (2019). El café en el estado de Hidalgo. *Acrópolis*. 3-4.

- Robles-Luqueño M. F., Soto-Alarcón J. M., Rodríguez-Juárez E. (2019). La cadena global de valor del café: Análisis territorial de la producción en México e Hidalgo. En: Abordajes teóricos, impactos externos, políticas públicas y dinámica económica en el desarrollo regional. Universidad Nacional Autónoma de México y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C, (Ed.). Ciudad de México.
- Robles-Luqueño, M. F., Soto-Alarcón, J. M. y Rodríguez-Juárez, E. (2019). La cadena global de valor del café: análisis territorial de la producción en México e Hidalgo. En Abordajes teóricos, impactos externos, políticas públicas y dinámica económica en el desarrollo regional. Universidad Nacional Autónoma de México y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C, Coeditores, Ciudad de México. ISBN UNAM Volumen I: 978-607-30-2640-6 ISBN UNAM Obra completa: 978-607-30-2621-5 ISBN AMECIDER Volumen I: 978-607-8632-07-7 ISBN AMECIDER Obra completa: 978-607-8632-06-0
- Roman-Maldonado Y., Gutiérrez-Salomón A.L., Jaimez-Ordaz J., García-Barrón S. E., Barajas-Ramírez J. A. (2022). Drivers of liking to predict consumers' acceptance of local coffee from indigenous Mexican regions. *European Food Research and Technology* <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03892-x>
- SIAP. (2021). Panorama Agroalimentario 2020. Secretaría de Agricultura. 200 pp.
- Soto-Alarcón J. M. (2020). El café en la Otomí-Tepehua: estrategias campesinas y cadenas globales de valor en México, 2017-2018. *Revista Científica de Estudios Urbano Regionales Hatsö-Hnini*, Vol 1 No. 3 pp.3-48, DOI <https://doi.org/10.47386/2020V1N3A1>
- Utrilla-Catalan, R., Rodríguez-Rivero, R., Narvaez V., Díaz-Barcos, V., Blanco, M., Galeano, J. (2022) Growing Inequality in the Coffee Global Value Chain: A Complex Network Assessment. *Sustainability*. 14: 672. <https://doi.org/10.3390/su14020672>

5. Estrategia de predicción para mantener la calidad de vida en la región Tula, Hidalgo

SILVIA SOLEDAD MORENO GUTIÉRREZ*

YOALI TREJO AMBROSIO**

Resumen

La calidad de vida (CV) consiste en la percepción del individuo respecto al cumplimiento de sus metas y expectativas con base en su sistema de valores, acceso a bienes y servicios e importancia que otorga a la salud y diversos aspectos sociales, materiales y ambientales. Según su interacción con estos factores el individuo adquiere autonomía e independencia como cualidades esenciales para incrementar su bienestar y sus condiciones de vida. No obstante, la CV como fenómeno complejo y multidimensional en zonas industriales ha sido afectada por diversas causas, entre ellas, la contaminación ambiental que amenaza la vida. La zona metropolitana (ZM) de Tula, Hidalgo, por ejemplo, hoy reconocida por su desarrollo económico y productivo se ubica entre las más contaminadas del planeta. Con base en lo anterior y en el potencial preventivo de las tecnologías inteligentes, se expone la aplicación de los modelos neuronales artificiales como estrategias tecnológicas de fortalecimiento de la toma de decisiones desde un enfoque predictivo basado en la opinión de 2 000 familias de la zona metropolitana, con datos recabados en el año 2022 mediante el instrumento WHOQOL-BREF enfocado

* Doctora en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnologías por la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP), México. Obtuvo la Maestría en Ciencias Computacionales, Especialidad en Computación Inteligente y Licenciatura en Computación en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), México. <https://orcid.org/0000-0002-8957-3707>

** Ingeniero de software egresada de la Escuela Superior de Tlahuelilpan de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), México.

en salud física, psicológica, relaciones sociales y medio ambiente. El desempeño de los modelos inteligentes demostró capacidad para representar el fenómeno y predecir el puntaje de CV por categoría con resultados favorables: MSE .011 y .022, RMSE .01062 y .075 y R^2 .9982 y .999. Por lo tanto, se consideran herramientas estratégicas de alto potencial para identificar factores clave con implicaciones favorables en la tarea de conservar la CV.

Palabras clave: *redes neuronales artificiales, calidad de vida, zona industrial Tula.*

Introducción

La calidad de vida (CV) es una percepción del individuo basada en aspectos propios y de su interacción con las personas y el ambiente. A su vez, esta interacción de forma permanente, tanto en términos favorables y/o desfavorables, representa una labor que contribuye al fortalecimiento de dos habilidades fundamentales: la autonomía y la independencia del individuo, habilidades que resultan esenciales para incrementar el bienestar y mantener o elevar las condiciones de vida (WHO, 1999; Ordoñez-Aquino *et al.*, 2023).

La CV constituye un fenómeno que considera fundamentalmente la razón de ser de las personas (García, 2020), no obstante, esta condición podría verse afectada por múltiples razones. Una de ellas es el aspecto ambiental al constituir uno de los problemas de impacto global con mayor relevancia debido al efecto adverso que ha provocado sobre los sectores de la sociedad a raíz de la emisión excesiva de gases de efecto invernadero (GEI). Esto da lugar a diversas problemáticas para la población que ha visto afectada su CV (Rico *et al.*, 2022). De hecho, aquellas poblaciones residentes de zonas contaminadas se consideran vulnerables debido al efecto adverso ocasionado a su salud física, psicológica, social y ambiental. La zona metropolitana (ZM) de Tula, Hidalgo, por ejemplo, ha alcanzado un alto desarrollo económico y productivo, no obstante, se encuentra entre las más contaminadas del planeta, con un alto índice de enfermedades crónicas que continúa en aumento (Moreno-Gutiérrez *et al.*, 2024). Por lo anterior, la premisa actual se ha enfocado en construir estrategias que contribuyan a mantener la CV

en general ante el fenómeno global del cambio climático (CC) derivado de la presencia de GEI, cuyo impacto se observa de manera permanente, sobre todo en zonas industriales.

La literatura expone diversas estrategias para afrontar el problema ambiental y sus consecuencias en la salud. No obstante, la presencia de la inteligencia artificial (IA) ha sido frecuente por su potencial para apoyar la prevención de situaciones diversas mediante la aplicación de técnicas de aprendizaje automático (AA) que han cobrado relevancia por su alta precisión y potencial en las tareas de adelantarse al futuro y construir mecanismos destinados a evitar o reducir los riesgos, así como la incertidumbre (Ishaq *et al.*, 2021). Con base en lo anterior el presente documento expone hallazgos en cuanto a la aplicación de diferentes modelos de AA, tanto de clasificación como de regresión, entre ellos modelos neuronales orientados a fortalecer la toma de decisiones con base en los datos recabados de la encuesta de opinión aplicada a habitantes de la ZM, considerando cuatro dimensiones que son: salud física, salud psicológica, relaciones sociales y medio ambiente. El instrumento aplicado se conoce como WHOQOL-BREF, validado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y orientado a cuantificar la CV de las personas a través de su opinión en las dimensiones antes mencionadas (Hidalgo-Rasmussen *et al.*, 2021).

Respecto al desempeño de los modelos con mejores resultados, es decir, las redes neuronales artificiales (RNA), se demostró su capacidad para representar el fenómeno y predecir el puntaje de CV por dimensión alcanzando resultados que fueron favorables: MSE .011, RMSE .01062 y R2 .9982 para el primero, mientras que el segundo alcanzó .022, y .075 y .999, respectivamente. Por lo tanto, se consideran herramientas estratégicas potenciales debido a que son capaces de identificar factores clave de la percepción de la población, lo cual contribuye al mejoramiento de la toma de decisiones enfocada en la atención de las personas y el incremento de la CV.

Marco teórico y revisión de la literatura

Para el análisis de datos el AA, mejor conocido como machine learning (ML) constituye una disciplina valiosa que permite a través de algoritmos

identificar patrones y realizar predicciones. Su capacidad inherente para descubrir patrones ocultos en los datos históricos ha impulsado la comprensión de fenómenos complejos (Hastie *et al.*, 2021). Este proceso puede ser guiado por diversas metodologías, entre ellas el CRISP (Cross-Industry Standard Process for Data Mining) para el desarrollo de modelos predictivos mediante 6 fases con un enfoque iterativo (Espinosa-Zúñiga, 2020):

1. *Entendimiento del negocio.* Se identifican la problemática, los objetivos y requerimientos del proyecto.
2. *Entendimiento de los Datos.* Se analizan exhaustivamente los datos históricos disponibles para asegurar su comprensión y relevancia.
3. *Preparación de datos.* se enfoca en identificar y transformar los datos relevantes para el modelo.
4. *Modelado.* Consiste en la aplicación de algoritmos de AA para construir modelos predictivos a partir de los datos preparados y con base en los objetivos establecidos.
5. *Validación.* Juega un papel fundamental en determinar el rendimiento y capacidad del modelo para generalizar y predecir con precisión a partir de nuevos datos.
6. *Implementación.* Se traducen los resultados del análisis de datos en acciones prácticas. Involucra el desarrollo de aplicaciones, la automatización de procesos y la integración de sistemas basados en los modelos creados (Timarán-Pereira *et al.*, 2019; Batti *et al.*, 2019).

Algunos de los algoritmos de AA se exponen en el presente apartado con el propósito de ofrecer claridad al lector:

- Bosque aleatorio o *Random Forest* (RF) es un método que integra árboles de decisión independientes para generar predicciones, utiliza técnica de bagging para entrenar múltiples árboles mediante muestras bootstrap, cada una se formada por subconjuntos de datos del conjunto de entrenamiento elegidos aleatoriamente y manteniendo el tamaño del original. La combinación de diferentes predicciones mejora la generalización del modelo, de igual forma, se reduce el riesgo de sobreajuste e incrementa la precisión (Ishaq *et al.*, 2021).

- Árbol de decisión extra o *Extra Tree Decision* (ETD), es una variante de los árboles de decisión y comparte similitudes con el RF. Se orienta a la elección de características y umbrales en forma aleatoria por cada nodo, como resultado, incrementa su variabilidad y diversidad.
- Máquina de soporte vectorial (MVS) es un algoritmo que está basado en modelos matemáticos, adecuada para regresión y clasificación, construye hiperplanos de alta dimensión en busca de la mejor separación lineal. Emplea funciones de kernel para mapear espacios superiores y abordar relaciones complejas (Rojas-Rubio *et al.*, 2022).
- Red neuronal artificial, constituye un algoritmo inteligente que permite modelar fenómenos de comportamiento no lineal y consta de múltiples capas y nodos llamados neuronas, los cuales se encuentran interconectados para procesar datos mediante funciones de activación (Huang *et al.*, 2020).
- Perceptron Multicapa (MLP, por sus siglas en inglés), es un modelo de RNA, el cual podría resolver problemas de clasificación o regresión (Rojas-Rubio *et al.*, 2022).
- La función de activación ReLU (Rectified Linear Unit) es de aplicación frecuente en modelos recientes. Posee la capacidad para mitigar problemas de desvanecimiento de gradientes con eficiencia computacional (Grande *et al.*, 2023)

Respecto a la revisión de la literatura y la construcción de alternativas innovadoras para abordar el fenómeno de la CV, durante la revisión de la literatura no se encontraron trabajos que apliquen AA para valorarla en la ZM, sin embargo, diversos estudios la han explorado y se exponen en este apartado.

Un estudio aplicó un análisis de componentes principales para sintetizar variables económicas, sociales y físicas en tres dimensiones clave que explican la calidad de vida: 1) estabilidad económica, 2) composición de los hogares y 3) conciencia ambiental, a través de las cuales se construyó un índice de bienestar, el análisis identificó patrones heterogéneos en Pachuca, Hidalgo, resaltando la necesidad de construir políticas públicas focalizadas para el desarrollo urbano (Acuña *et al.*, 2021).

En salud, para las personas con diabetes mellitus tipo 2, se analizó el impacto de la enfermedad en la CV, el acceso a la atención médica, los efectos emocionales y sociales (Guzman-Acostupa y Zarate-Anastares, 2023). De igual forma, Ortiz *et al.*, (2022) coinciden en el impacto de la enfermedad en aspectos cognitivos de los adultos mayores en la CV. Flores-Ramírez *et al.*, (2020) por su parte, emplearon el cuestionario WHOQOL-BREF y PROQOL-IV para evaluar la CV de profesionales de enfermería en áreas críticas. Los hallazgos exponen la relevancia del aspecto psicológico y contextual. Otro estudio analizó la percepción respecto al control de peso por género en estudiantes universitarios adolescentes en México y su influencia en la CV.

Por su parte, Moreno-Gutiérrez *et al.*, (2024), desarrollaron modelos de predicción de AA para apoyar el diagnóstico médico predictivo de enfermedades crónicas en habitantes de la zona. Obtuvieron resultados de alta precisión luego de aplicar modelos de clasificación y regresión que alcanzaron un rendimiento superior al 90%.

La CV, desde el enfoque predictivo con AA, ha sido escasamente estudiada en la ZM, no obstante, estas técnicas de IA son herramientas idóneas para analizar el futuro a través de los datos y de esta manera contribuir a la prevención de problemática relacionada con la CV.

Metodología

El presente trabajo consistió en construir diversos modelos de AA para la predicción de puntaje de CV, considerando los datos referentes a las percepciones de los residentes de la ZM de Tula de Allende, Hidalgo. Considerando la relevancia de los resultados, únicamente se exponen los modelos que mostraron un mejor desempeño, siendo estos los de RNA. Siguiendo la metodología para ciencia de datos CRISP-DM, se desarrollaron las fases que se exponen en el presente apartado para cada modelo.

Fase 1

A nivel global la puntuación máxima de CV alcanzó un máximo de 87.9 puntos. En el caso de México, para el año 2020 este índice logró una puntuación de 45.8 y ubicó al país en el lugar 70 global, lo cual es motivo de preocupación. No obstante, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) lo ubicó en el lugar 36 (A.K. García, 2020).

En cuanto al estado de Hidalgo, lugar donde se encuentran diferentes zonas industriales entre ellas la ZM de Tula, ha sido reconocida tanto por su importancia económica como por su excesiva emisión de GEI. En las décadas recientes ha tenido logros y desafíos en el ámbito de la CV (Márquez, 2020). El Índice de Desarrollo Humano Municipal se clasifica como alto con 0.753 (PNUD, 2023), no obstante, la esperanza de vida en 2020 fue inferior al promedio nacional con 74.1 años (Salda, 2020). Los indicadores de desarrollo humano y salud superan la media, sin embargo, la seguridad es un desafío en términos sociales (SESNSP, 2021).

Fase 2

En cuanto a la comprensión de datos, la fase inicia con la identificación estratégica de municipios que integran la ZM de Tula. Estos son: Tula de Allende, Atitalaquia, Tlahuelilpan, Tepetitlan, Tlaxcoapan y Atotonilco, cada uno reportando altos índices de contaminación ambiental. La recopilación de los datos inició con la aplicación del cuestionario WHOQOL-BREF y consistió en una actividad que reunió un total de 2000 participantes. Una vez reunido el banco de datos, se llevó a cabo un análisis exhaustivo para comprender su comportamiento y explorar cada una de las 26 variables que integran el instrumento aplicado, las cuales se organizan en cuatro dimensiones: salud física, salud psicológica, relaciones sociales y medio ambiente (ver tabla 1).

Tabla 1. *Distribución de los ítems con cálculo de resultados por dominio*

| Dominio | Variables | | Cálculo de resultados (Score 4-20) |
|--------------------------------------|--|----------------------------|--|
| | Cambios [(1 = 5) (2 = 4) (3 = 3) (4 = 2) (5 = 1)] | | |
| I N T E R N O S | Salud física | 03 ImpedimentosDolorFísico | $\frac{(3 + 4 + 10 + 15 + 16 + 17 + 18) \times 4}{7}$ |
| | | 04 TratamientoMédico | |
| | | 10 Energía | |
| | | 15 Desplazamiento | |
| | | 16 Sueño | |
| | | 17 ActividadesHabil | |
| | | 18 CapacidadTrabajo | |
| S | Salud psicológica | 05 VidaDisfrute | $\frac{(5 + 6 + 7 + 11 + 19 + 26) \times 4}{6}$ |
| | | 06 VidaSentido | |
| | | 07 Concentración | |
| | | 11 AceptaApariencia | |
| | | 19 SelfEsteem | |
| E X T E R N O S | Relaciones sociales | 20 RelacionesPersonales | $\frac{(20 + 21 + 22) \times 4}{3}$ |
| | | 21 VidaSexual | |
| | | 22 ApoyoSatisf | |
| S | Medio ambiente | 08 VidaSeguridad | $\frac{(8 + 9 + 12 + 13 + 14 + 23 + 24 + 25) \times 4}{8}$ |
| | | 09 SaludAmbiente | |
| | | 12 Dinero | |
| | | 13 Información | |
| | | 14 ActividadesOcio | |
| | | 23 CondicionesVivienda | |
| 24 ServiciosSanit | | | |
| | | 25 ServiciosTransp | |

Fuente: WHOQOL (2012).

Aplicando el ambiente de desarrollo de Jupyter Notebook, se efectuó la conversión del archivo de datos a formato .csv con codificación UTF-8, con el propósito de asegurar la integridad y comprensión adecuadas. El análisis de correlación expresó la relación entre las variables con las 4 variables objetivo en este caso: salud física, salud psicológica, salud social y medio ambiente, las cuales fueron construidas mediante los puntajes recabados de las variables que componen cada dimensión.

Según demostraron los datos, en la población predominan las mujeres con una ventaja de 441 personas. Se identificó que el grupo con la mejor CV, en términos de género, son los hombres, representando un 13.83%, en comparación con las mujeres que alcanzaron un 12.70%. En relación con

las afecciones presentes, se encontró que los problemas respiratorios afectaron al 1.87% de la población, seguidos de la diabetes mellitus con un 1.77% y, por último, la hipertensión arterial con un 1.32%. Estas cifras suman al 19.05% de las personas que declararon tener algún tipo de condición médica adversa.

Es interesante notar que la presencia de una enfermedad influye en la percepción de la CV, ya que el 0.093% de las personas con afecciones reportaron tener una buena opinión. La autoestima demostró una fuerte dependencia con las relaciones personales, la capacidad laboral y la habilidad para llevar a cabo las actividades cotidianas.

Fase 3

Esta fase se concentra en transformar los datos con el propósito de mejorar su calidad y, con ello, el rendimiento del modelo. Los datos fueron categorizados como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2. Factores sociodemográficos categorías

| Variable | Descripción | Categoría |
|----------------------|-------------------------------|--|
| Sexo | Sexo | 0 Hombre, 1 Mujer |
| Nacimiento | Año de nacimiento | ----- |
| Nivel de estudios | Grado de estudios | 0 Ninguno, 1 Primarios, 2 Medios, 3 Universitarios |
| Estado civil | Estado civil | 1 Soltero/a, 2 Separado/a, 3 Casado/a, 4 Divorciado/a, 5 En pareja, 6 Unión libre, 7 Viudo/a |
| Enfermo | ¿Está enfermo? | 0 No, 1 Si |
| Enfermedad, problema | Si está enfermo, ¿qué padece? | 0 Ninguno, 1 Enfermedad/Problema, 2 Diabetes, 3 Diabetes y rodilla, 4 Diabetes e Hipertensión, 5 Hipertensión, 6 Parkinson; Hipertensión Arterial; Problemas Cardiacos, 7 Hipertensión y Artrosis Reumatoide, 8 Hipertensión y problemas gástricos, 9 Problemas gástricos, 10 DM e Hipertensión, 11 Hipotiroidismo e Hipertensión, 12 Hipertiroidismo, 13 DM, 14 DM; HTA;EPOC, 15 Alcoholismo, 16 Problemas de vías respiratorias, 17 Sinusitis, 18 Alergias, 19 Rinitis, 20 Asma, 21 Problemas cardiacos, 22 Hepatitis, 23 Insuficiencia renal, 24 Hiperuricemia, 25 Artritis, 26 Fractura, 27 EPOC; Columna, 28 Nervio Asiático; Lumbalgia, 29 Osteoporosis, |

| | | |
|-----------------------|-------------------------------------|---|
| Enfermedad problema | Si está enfermo, ¿qué padece? | 30 Osteoporosis y Vejiga caída, 31 Retención a insulina, 32 Conjuntivitis, 33 Cáncer Páncreas, 34 Anemia, 35 Sobrepeso/Obesidad, 36 Presión alta, 37 Migraña, 38 Estrés, 39 Depresión, 40 Insomnio, 41 Estilo de vida, 42 Covid; HTA, 43 Nob, 44 Mo |
| Calidad de Vida Calif | Evaluación subjetiva del encuestado | 0 Sin respuesta, 1 Muy mala, 2 Regular, 3 Normal, 4 Bastante buena, 5 Muy buena |
| Salud Satisf | Satisfacción de salud presente | 0 Sin respuesta, 1 Muy insatisfecho/a, 2 Un poco insatisfecho/a, 3 Lo normal, 4 Bastante satisfecho/a, 5 Muy satisfecho/a |

Fuente: elaboración propia con datos de (WHOQOL, 2012).

Durante esta fase las variables se dividieron en: numéricas, ordinales y nominales, se ajustaron valores nulos en la variable nacimiento con el valor de la moda, se mantuvo el nivel educativo más alto de cada persona. 'sexo' y 'enfermo' se transformaron en binarias, en la variable 'enfermedadProblema' las enfermedades se agruparon para reducir categorías de 78 a 44.

El banco de datos inicial no incluía los puntajes de CV según WHOQOL-BREF, por ello, se calculó la variable objetivo como numérica y como categórica con el fin de realizar un análisis comparativo del rendimiento de los modelos.

Las 26 variables se agruparon en cuatro dominios (ver tabla 2). Para cada uno se sumaron los puntajes de los registros de las variables que los componen, tal como se mencionó previamente.

Tabla 3. Transformación de puntaje por dominio en una escala de 0 a 100

| S | | Dominio 2 | | Dominio 3 | | Dominio 4 | |
|---------|----------------|-----------|----------------|-----------|----------------|-----------|----------------|
| Puntaje | Transformación | Puntaje | Transformación | Puntaje | Transformación | Puntaje | Transformación |
| 7 | 0 | 6 | 0 | 3 | 0 | 8 | 0 |
| 8 | 6 | 7 | 6 | 4 | 6 | 9 | 6 |
| 9 | 6 | 8 | 6 | 5 | 19 | 10 | 6 |
| 10 | 13 | 9 | 13 | 6 | 25 | 11 | 13 |
| 11 | 13 | 10 | 19 | 7 | 31 | 12 | 13 |
| 12 | 19 | 11 | 19 | 8 | 44 | 13 | 19 |
| 13 | 19 | 12 | 25 | 9 | 50 | 14 | 19 |
| 14 | 25 | 13 | 31 | 10 | 56 | 15 | 25 |
| 15 | 31 | 14 | 31 | 11 | 69 | 16 | 25 |
| 16 | 31 | 15 | 38 | 12 | 75 | 17 | 31 |
| 17 | 38 | 16 | 44 | 13 | 81 | 18 | 31 |
| 18 | 38 | 17 | 44 | 14 | 94 | 19 | 38 |
| 19 | 44 | 18 | 50 | 15 | 100 | 20 | 38 |

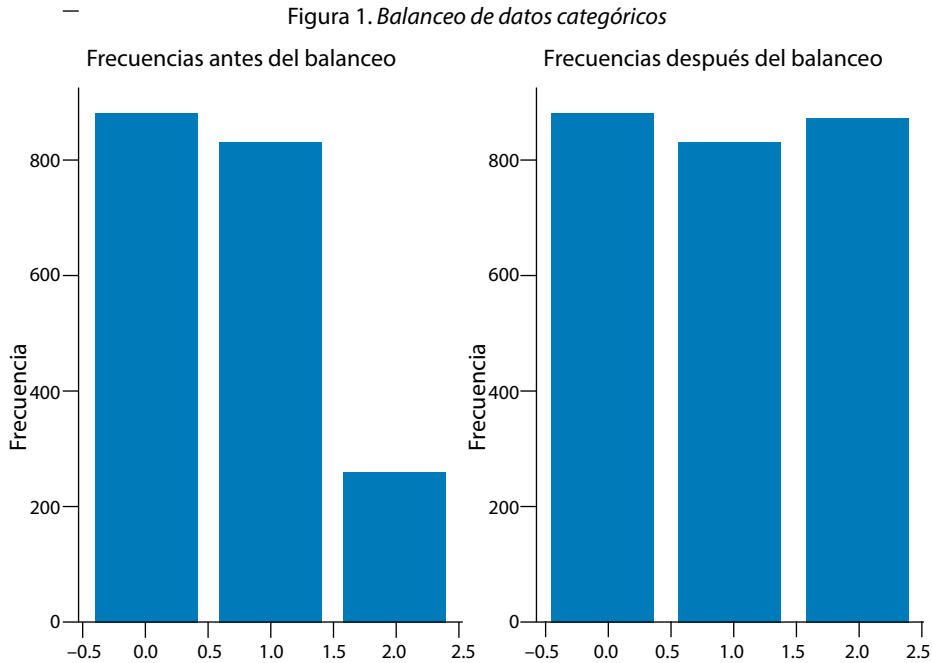
| | | | | | |
|----|-----|----|-----|----|-----|
| 20 | 44 | 19 | 56 | 21 | 44 |
| 21 | 50 | 20 | 56 | 22 | 44 |
| 22 | 56 | 21 | 63 | 23 | 50 |
| 23 | 56 | 22 | 69 | 24 | 50 |
| 24 | 63 | 23 | 69 | 25 | 56 |
| 25 | 63 | 24 | 75 | 26 | 56 |
| 26 | 69 | 25 | 81 | 27 | 63 |
| 27 | 69 | 26 | 81 | 28 | 63 |
| 28 | 75 | 27 | 88 | 29 | 69 |
| 29 | 81 | 28 | 94 | 30 | 69 |
| 30 | 81 | 29 | 94 | 31 | 75 |
| 31 | 88 | 30 | 100 | 32 | 75 |
| 32 | 88 | | | 33 | 81 |
| 33 | 94 | | | 34 | 81 |
| 34 | 94 | | | 35 | 88 |
| 35 | 100 | | | 36 | 88 |
| | | | | 37 | 94 |
| | | | | 38 | 94 |
| | | | | 39 | 100 |
| | | | | 40 | 100 |

Fuente: elaboración propia con datos de (WHOQOL, 2012).

En el primer enfoque se aplicó un modelo de clasificación y se calculó una puntuación de CV, transformando las puntuaciones de cada dimensión a una escala de 0 a 100 según la tabla 3. Estos resultados se dividieron en tres categorías: “ninguna calidad de vida” (0) para puntuaciones inferiores a 50, “calidad de vida media” (1) para puntuaciones entre 51 y 80, y “buena calidad de vida” (2) para puntuaciones superiores a 80, estos valores se agruparon en la variable ‘CV’. Con el segundo enfoque se crearon cuatro variables numéricas: ‘salud_física’, ‘salud_psicológica’, ‘relaciones_sociales’ y ‘medio_ambiente’, estas variables capturaron las puntuaciones de cada uno de los dominios evaluados en el cuestionario WHOQOL-BREF. Cada una representa la puntuación obtenida, lo que permitió un análisis detallado y descriptivo de cada dimensión.

En cuanto a la normalización de los datos, para el enfoque 1 se aplicó la StandardScaler, adecuada en caso de distribuciones no gaussianas o valores atípicos, obteniendo datos con media de 0 y desviación estándar de 1. En el enfoque 2 se aplicó z-score, el cual estandariza los datos utilizando la media y la desviación estándar, adecuada para modelos de regresión.

Se realizó el balanceo de datos con el propósito de evitar sesgos en el rendimiento del modelo. Se utilizó una técnica de sobre muestreo para el caso de la clasificación (ver figura 1).



Fuente: elaboración propia.

Fase 4

Para la construcción del modelo se aplicaron diferentes algoritmos tanto de clasificación como de regresión.

Los algoritmos de clasificación se exponen en este apartado. El algoritmo RF se construyó a través de un total de 700 árboles con profundidad máxima de 10 y se recurrió a la validación cruzada con 10 divisiones. Con esta información se creó una nueva instancia del clasificador RF, utilizando los valores de hiperparámetros óptimos, ya mencionados. Este enfoque permitió aprovechar al máximo los datos de entrenamiento al dividirlos en 10 partes, de las cuales una se reservó como conjunto de validación mientras

que las 9 restantes se emplearon para entrenamiento. La métrica de rendimiento se calculó mediante el promedio de los resultados de las 10 épocas de validación cruzada.

La optimización se realizó mediante el uso de la técnica GridSearchCV, que permitió explorar exhaustivamente un conjunto diverso de combinaciones de hiperparámetros para identificar los de mejor desempeño. Previamente se eligieron tres posibles valores para el número de árboles: 300, 500 y 700, con la intención de explorar un rango diverso.

- Algoritmo ETD, para este caso se realizó la optimización del rendimiento del modelo aplicando la técnica del caso anterior, es decir, RF, la cual explora diferentes combinaciones de parámetros para identificar los óptimos para el modelo.

Se exploraron varios aspectos clave: 1) número de estimadores 50, 100 y 150, estas propuestas representan la cantidad de árboles que se construirán en el bosque de clasificación, 2) profundidad máxima de los árboles, donde se consideraron tres alternativas, ninguna restricción, 5 niveles y 10 niveles, esta variación permite entender hasta qué punto los árboles deben explorar la estructura de los datos, 3) número mínimo de muestras para dividir un nodo, donde se probaron 3 opciones 2, 5 y 10, la variación en este número permite adaptar la complejidad del modelo según la disponibilidad de datos. Después de la búsqueda de hiperparámetros, los valores seleccionados fueron: 150 estimadores, profundidad máxima de 5 niveles y un mínimo de 5 muestras para dividir un nodo.

- MSV, en este contexto, se desarrolló una instancia del clasificador MVS con un kernel de base radial con el objetivo de efectuar una separación no lineal de los datos. Esta elección de kernel es crucial, ya que permite al modelo tratar con problemas donde las clases no se pueden separar de manera lineal en el espacio original de características.

Durante el entrenamiento, el algoritmo ajusta los parámetros del modelo para encontrar la mejor separación entre las clases en el espacio trans-

formado. Esta separación óptima se logra al maximizar el margen entre las clases y minimizar la clasificación incorrecta (Borja-Robalino *et al.*, 2020).

- MLP. Se procedió a la aplicación del algoritmo, el modelo se instanció con los hiperparámetros que se mencionan: tres capas ocultas con 150, 100 y 50 neuronas respectivamente, 500 épocas, y la función de activación ReLU. Esta función es comúnmente considerada en las capas ocultas de RNA debido a su capacidad para manejar problemas de activación no lineales (Natalia *et al.*, 2023).

Se entrenó aplicando el optimizador Adam, el cual es popular en el aprendizaje profundo debido a su eficiencia en la adaptación de tasas de aprendizaje.

Con el propósito de evitar el sobreajuste del modelo, se aplicó la técnica de *early stopping*, la cual permite habilitar la detención temprana del proceso de entrenamiento. Es decir, el entrenamiento se detendrá si no se observa una mejora en la función de pérdida ante el conjunto de validación (Bentoumi *et al.*, 2022).

Por otra parte, los algoritmos de regresión aplicados consistieron en RNA, los cuales se exponen a continuación:

RNA, *versión 1*. Tal como en casos anteriores, previo a la construcción de modelo se realizó un proceso de escalado y normalización mediante Z-score. La creación del modelo se lleva a cabo utilizando la biblioteca Keras, que ofrece una interfaz intuitiva para construir redes neuronales. La red consta de cuatro capas ocultas, cada una con la misma cantidad de neuronas que la dimensión de los datos de entrenamiento, aplicando función de activación ReLU en todas las capas ocultas para introducir no linealidades en la red. Se compila utilizando el optimizador Adam, además, de la regularización L2 en las capas ocultas para evitar el sobreajuste. La función de pérdida fue error cuadrático medio (MSE, por sus siglas en inglés).

Como se menciona en los casos previos, la técnica de GridSearchCV también fue aplicada para la identificación de los mejores hiperparámetros, posteriormente, el modelo fue entrenado.

Versión 2. La normalización de los datos se realizó mediante MinMaxScaler y se estableció un modelo secuencial que consta de varias capas ocultas con función de activación ReLU. La capa de salida tiene 4 neuronas igual al número de variables que se desea predecir. Se aplicó el optimizador adam, el cual ajustó automáticamente la tasa de aprendizaje durante el entrenamiento, lo que aceleró la convergencia.

Para la función de pérdida se estableció MSE, pues se consideró apropiado para problemas de regresión, ya que penaliza las diferencias entre las predicciones y los valores reales al cuadrado. De igual forma se aplicó *early stopping* para combatir el sobreajuste del modelo.

Fase 5

Para los modelos de clasificación la validación del rendimiento se efectuó mediante la construcción de matrices de confusión. Estas matrices permitieron un análisis detallado de métricas como la exactitud, la precisión, la sensibilidad y la especificidad (Düntsche *et al.*, 2019). Los modelos demostraron ser apropiados al evidenciar un sólido desempeño, no obstante, algunos modelos superaron a otros, como se muestra en el apartado de los resultados.

Resultados

Respecto a los modelos de clasificación, los resultados se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Resultados de los modelos categóricos

| Modelo | Validación | | |
|--------|------------|--------------|----------|
| | Precisión | Sensibilidad | F1-score |
| MLP | 90% | 90% | 90% |
| RF | 91% | 91% | 91% |
| SVM | 90% | 90% | 90% |
| ETD | 92% | 92% | 92% |

Fuente: elaboración propia.

El mejor resultado se expone en la tabla donde se observa que el ETD alcanzó un mejor desempeño. No obstante, los modelos en general se consideran adecuados para la predicción de CV en las categorías antes mencionadas: 0 para ninguna calidad de vida, 1 para la calidad de vida media y 2 para una buena calidad de vida.

Respecto a los modelos de regresión, los resultados se muestran a continuación.

En la RNA, versión 1 los resultados se consideran favorables y se muestran en la tabla 5:

Tabla 5. *Valores promedio obtenidos por validación cruzada*

| Métrica | Resultado |
|--|---------------|
| Valor promedio de la pérdida | 1.38806653793 |
| Valor promedio de la pérdida de validación | 1.38806653793 |

Fuente: elaboración propia.

En cuanto a las métricas de validación del rendimiento, se obtuvieron resultados que demuestran un buen desempeño y se exhiben en la tabla 6.

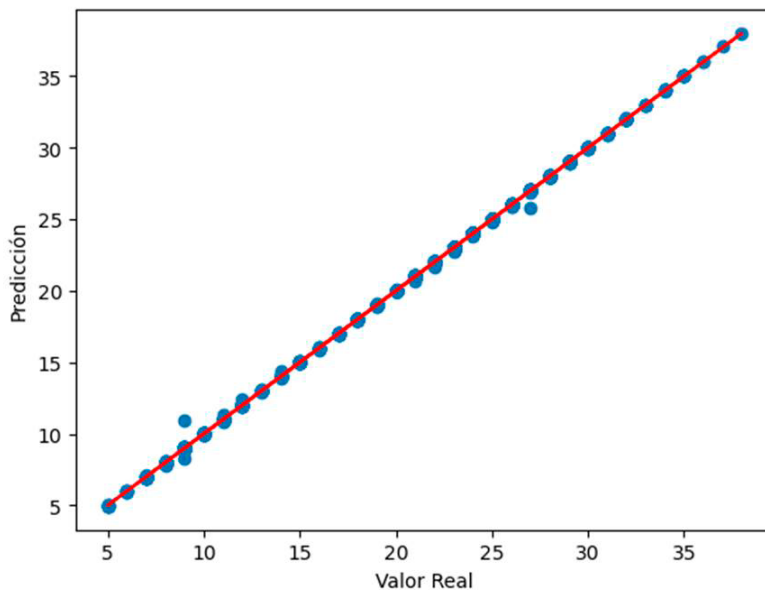
Tabla 6. *Métricas de evaluación del rendimiento, RNA versión 1*

| Métrica | Resultado |
|---------|------------|
| MSE | 0.27932153 |
| RMSE | 0.52850878 |
| R2 | 0.96014878 |

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados se exponen de forma gráfica en la figura 2.

Figura 2. Gráfica real/predicción



Fuente: Elaboración propia.

Para la RNA, versión 2, se muestran los resultados de pérdida y precisión (ver figura 3).

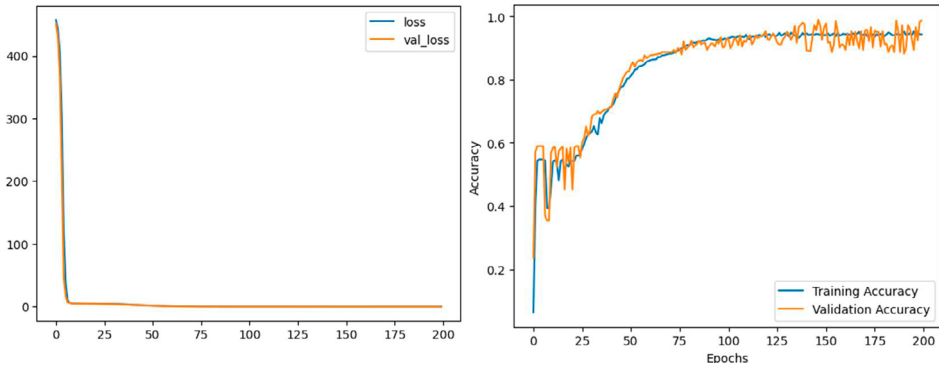
Tabla 7. Valores de métricas de pérdida y precisión

| Métrica | Resultado |
|----------------------|-----------|
| Pérdida | 0.008788 |
| Pérdida validación | 0.011293 |
| Precisión | 0.943350 |
| Precisión validación | 0.987715 |

Fuente: Elaboración propia.

De forma gráfica y para mayor comprensión, estos resultados se exponen en la figura 3.

Figura 3. Gráfica de pérdida/precisión



Fuente: Elaboración propia.

Las métricas de evaluación incluyeron el MSE, la raíz del error cuadrático medio (RMSE) y el coeficiente de determinación (R^2). Un valor más bajo de MSE indica un mejor rendimiento del modelo, el RMSE se interpreta en el contexto del problema y un valor de R^2 más cercano a 1 indica un mejor ajuste del modelo a los datos de prueba (Chicco *et al.*, 2021; Hodson, 2022).

Tabla 8. Resultados de los modelos de regresión

| Modelo | Validación | | |
|--------|------------|--------|--------|
| | MSE | RMSE | R2 |
| RNAV_1 | 0.2793 | 0.5285 | 0.9601 |
| RNAV_2 | 0.0112 | 0.1062 | 0.9982 |

Conclusiones

Los modelos aplicados de AA se consideraron adecuados para la predicción de CV tanto en aspectos de clasificación como de regresión. La diferencia en cuanto a desempeño en el caso de los modelos de clasificación evidencia una diferencia mínima entre cada algoritmo, siendo el mejor el ADT.

Respecto a los modelos neuronales para regresión, es decir, a través de los cuales se obtiene el puntaje por cada una de las 4 dimensiones de CV, los modelos también resultaron aptos, con un rendimiento claramente superior a los de clasificación y entre sí, con una diferencia pequeña. Por lo anterior, la

CV se observa como un fenómeno adecuado para su representación mediante técnicas de AA y, más aún, con modelos neuronales inteligentes.

El modelo de MLP para la clasificación alcanzó un desempeño favorable como lo demostró el resultado de sus métricas que alcanzaron 90% de precisión. No obstante, los modelos neuronales de regresión lo superaron con un R2 de 0.96 y 0.99, respectivamente de la versión 1 y versión 2.

La CV constituye un fenómeno de alta relevancia para la sociedad, sin embargo, el desarrollo económico, el crecimiento demográfico desmedido y la excesiva emisión de GEI han afectado la buena percepción de CV de habitantes en la ZM Tula, tal como demuestran los datos revisados. Los casos de enfermedades crónicas se han incrementado, la calidad del aire ha disminuido, la contaminación ambiental se incrementa día a día, y el número de estudios es escaso. Por lo tanto, se considera importante ahondar en las propuestas y estrategias orientadas a mantener la CV en la zona, aprovechando las tecnologías emergentes que ofrecen alto potencial y precisión.

Por otra parte, la propuesta se considera adecuada como apoyo a la toma de decisiones del personal médico y las áreas gubernamentales, quienes son responsables de afrontar las problemáticas de salud tanto física como psicológica, y ambiental, en pro del incremento de la CV de los habitantes que enfrentan una situación de vulnerabilidad por las características de la zona donde habitan.

Referencias

- Bentoumi, M., Daoud, M., Benaouali, M., & Taleb Ahmed, A. (2022). Improvement of emotion recognition from facial images using deep learning and early stopping cross validation. *Multimedia Tools and applications*, 81(21), 29887-29917.
- Bhatti, A., Javed, A. R., & Riaz, M. N. (2019). *A Cross Industry Standard Process for Data Mining Implementation and its application in Health Domain*. *International Journal of Computer Applications*, 180(43), 36-42.
- Borja-Robalino, R., Monleon-Getino, A., & Rodellar, J. (2020). *Estandarización de métricas de rendimiento para clasificadores Machine y Deep Learning*. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (E30), 184-196.
- Chicco, D., Warrens, M. J., & Jurman, G. (2021). *The coefficient of determination R-squared is more informative than SMAPE, MAE, MAPE, MSE and RMSE in regression analysis evaluation*. *PeerJ Computer Science*, 7, e623.

- Düntsch, I., & Gediga, G. (2019). *Confusion matrices and rough set data analysis*. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1229, No. 1, p. 012055). IOP Publishing.
- Espinosa-Zúñiga, J. J. (2020). *Aplicación de metodología CRISP-DM para segmentación geográfica de una base de datos pública*. Ingeniería, investigación y tecnología, 21(1).
- Flores-Ramírez M., Escalante-Hernández C., Ortiz-López G., Chico-Barba G. *Calidad de vida en profesionales de enfermería que laboran en áreas críticas en una institución de tercer nivel de atención*. Rev Enferm Neurol. 2020;19(2):pp. 53-65.
- García, A.K. (2020). *México, en el top 5 de mayor calidad de vida en América Latina, según los datos de Numbeo*. El economista. Recuperado 28 de marzo de 2023, de <https://www.economista.com.mx/economia/Mexico-en-el-top-5-de-mayor-calidad-de-vida-en-America-Latina-segun-los-datos-de-Numbeo-20210718-0010.html>
- García, K. (2020). *México, en el top 5 de mayor calidad de vida en América Latina, según los datos de Numbeo*. El economista. Recuperado 28 de marzo de 2023, de <https://www.economista.com.mx/economia/Mexico-en-el-top-5-de-mayor-calidad-de-vida-en-America-Latina-segun-los-datos-de-Numbeo-20210718-0010.html>.
- Grande, R. E., & Bonilla, M. N. I.(2023). *Red neuronal convolucional (CNN) de reconocimiento de plantas de maíz para un sistema de visión artificial*. Página Editorial, 356.
- Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2021). *The elements of statistical learning: Data mining, inference, and prediction*. Springer.
- Hidalgo-Rasmussen, C. A., Morales, G., Ortiz, M. S., Rojas, M. J., Balboa-Castillo, T., Lanuza, F., & Muñoz, S. (2021). *Propiedades psicométricas de la versión chilena del Whoqol-Bref para la calidad de vida*. Psicología Conductual, 29(2), 383-398.
- Hodson, T. O. (2022). *Root-mean-square error (RMSE) or mean absolute error (MAE): When to use them or not*. Geoscientific Model Development, 15(14), 5481-5487.
- Huang, G., Liu, Z., Van Der Maaten, L., & Weinberger, K. Q. (2020). *CondenseNet: An efficient DenseNet using learned group convolutions*. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 43(6), 1710-1723.
- Ishaq, A., Sadiq, S., Umer, M., Ullah, S., Mirjalili, S., Rupapara, V., & Nappi, M. (2021). *Improving the prediction of heart failure patients' survival using SMOTE and effective data mining techniques*. IEEE access, 9, 39707-39716.
- Moreno-Gutiérrez, S. S., Tlanepantla-Pantoja, D., López-Pérez, S., & Siliceo-Cantero, H. H. (2024). *Aprendizaje automático para el diagnóstico médico predictivo: aplicación en zonas industriales*. DYNA-Ingeniería e Industria, 99(2).
- Natalia, I. B. M., & Grande, E. (2023). *Red neuronal convolucional para la clasificación de piezas mecánicas usando un sistema de visión artificial*. Revista Ingeniantes, 10(2), 2.
- Ordoñez-Aquino, C., & Gonzales, G. F. (2023). *Calidad del aire en Perú no se ajusta a los valores recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS)*. Revista Médica Herediana, 34(4), 236-238.
- Ortiz, A. P., Díaz, M., Díaz, J. M. M., Gálvez, A. L. B., Rangel, A. L. M. G. C., & Arévalo, R. V. (2022). *Online Cognitive-Behavioral Intervention on Adherence and Quality of Life in Elderly Adults with Diabetes: Two cases study*. International journal of psychology and psychological therapy. 22(3), 331-344

- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. PNUD. (2023). *Informe de Desarrollo Humano Municipal 2010-2020: Una Década de Transformaciones Locales Para El Desarrollo De México*. UNDP.org. PNUD México. Recuperado 29 de marzo de 2023, de <https://www.undp.org/es/mexico/publicaciones/informe-de-desarrollo-humano-municipal-2010-2020-una-decada-de-transformaciones-locales-en-mexico-0>
- Rico, R. M., Carrasco-Gallegos, B. V., & Némiga, X. A. (2022). *Importancia de las áreas verdes en zonas urbanas con alta contaminación*. El caso de Atitalaquia, Atotonilco de Tula y Apaxco, México. *CONTEXTO. Revista de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Nuevo León*, 16(24), 40-53.
- Rojas-Rubio, L., & Meneses Villegas, C. (2022). *Una comparación empírica de algoritmos de aprendizaje automático versus aprendizaje profundo para la detección de noticias falsas en redes sociales*. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 30(2), 403-415.
- Salda, R. (2020). *Hidalgo: Economía, empleo, equidad, calidad de vida, educación, salud y seguridad pública*. Data México. Recuperado de <https://datamexico.org/es/profile/geo/hidalgo-hg>
- Timarán-Pereira, R., Caicedo-Zambrano, J., & Hidalgo-Troya, A. (2019). *Árboles de decisión para predecir factores asociados al desempeño académico de estudiantes de bachillerato en las pruebas Saber 11*. *Revista de investigación, desarrollo e innovación*, 9(2), 363-378
- WHO (World Health Organization). (1999). *World Atlas of Aging, World Health Organization Center for Health development*. WHO Press, Kobe, pp. 1-138
- WHOQOL Group. (2012). *The World Health Organization Quality of Life (WHOQOL) (WHO/HIS/HSI Rev.2012.03, Vol. 106)*. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-HIS-HSI-Rev.2012>.

6. Marco de trabajo para desarrollar tecnologías en la educación superior

MARIELA JUANA ALONSO CALPEÑO*

MARIANA NATALIA IBARRA BONILLA**

GUADALUPE GABRIELA BÁRCENA VICUÑA***

Resumen

Las instituciones de educación superior (IES) en México desempeñan un rol activo en la generación y transferencia de tecnología. Sin embargo, el proceso de transferencia tecnológica (TT) enfrenta importantes desafíos, como las restricciones económicas y una desconexión entre los procesos de investigación y las demandas del mercado. Esta situación lleva a que los desarrollos tecnológicos generados se encuentren en etapas iniciales y sin una proyección clara de su viabilidad comercial. Este estudio aborda específicamente esta problemática y propone un marco de trabajo que oriente de manera sistemática el ciclo de vida de los desarrollos tecnológicos generados en las IES. Con base en las limitaciones identificadas en la literatura sobre TT en el contexto de las IES, el marco propuesto integra cuatro procesos clave mencionados en investigaciones previas como esenciales para superar estas barreras: gestión de tecnología, evaluación tecnológica, gestión de proyectos y valoración de tecnología. Estos procesos se articulan bajo un enfoque de desarrollo ágil, iterativo e incremental, en el que la evaluación y

* Doctora en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México. Profesora de Tiempo Completo, TecNM/Instituto Tecnológico Superior de Atlixco. ORCID: 0000-0001-7276-1923

** Doctora en Ciencias en la especialidad de Electrónica. Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, México. Profesora de Tiempo Completo, TecNM/Instituto Tecnológico Superior de Atlixco. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7123-9105>

*** Maestra en Tecnología Avanzada. Instituto Politécnico Nacional, México. Profesora de Tiempo Completo. TecNM/ Instituto Tecnológico Superior de Atlixco. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0244-8421>

valoración ocupan un papel central. El marco se estructura en cuatro fases: 1) inicio, 2) planificación, 3) ejecución, seguimiento y control, y 4) cierre. Además, esta propuesta se complementa con funciones identificadas por diversos autores como fundamentales para fortalecer la gestión de la investigación orientada hacia la innovación en las IES.

Palabras clave: *desarrollo tecnológico en IES, gestión de proyectos tecnológicos, gestión tecnológica, evaluación y valoración tecnológica.*

Introducción

En la literatura pueden encontrarse investigaciones de las causas tanto internas como externas que han impedido a lo largo del tiempo que las instituciones de educación superior (IES) implementen la transferencia tecnológica (TT). Muchas de esas investigaciones se han enfocado en realizar propuestas para atender a las identificadas como causas externas, pero en menor medida a las consideradas como causas internas. Estas se refieren mayormente al vacío o la debilidad en los procesos que involucra la gestión de la investigación en la innovación en las IES, por lo que resulta relevante enfocarse en atenderlas, ya que, de acuerdo con lo que afirman Nguyen y Meek (2016), el proceso de investigación hacia la innovación requiere de una estrategia y métodos para desarrollarla. Ello implica utilizar o adaptar modelos de gestión ya existentes, adoptar normas, estándares y herramientas ya disponibles al ciclo de vida de los desarrollos tecnológicos para establecer claramente la secuencia de las fases que finalmente permitirán su trazabilidad y caracterización hacia la innovación.

Esta investigación tiene como objetivo proponer un marco conceptual que guíe de manera sistemática el ciclo de vida de los desarrollos tecnológicos que se generan en las Instituciones de Educación Superior, esto, tomando como base las debilidades identificadas en la literatura para alcanzar la Transferencia Tecnológica.

Para lograrlo, se llevó a cabo una investigación de tipo cualitativa que involucró una revisión integrativa de literatura (Torraco, 2005) a través de una metodología de búsqueda y evaluación para la inclusión (Xiao y Watson,

2019), con lo que fue posible identificar modelos de gestión de investigación aplicables a: 1) la gestión organizacional de la investigación y, b) la gestión de proyectos en grupos, centros o departamentos de investigación, ya que es en estos niveles donde, de acuerdo con Schuetzenmeister (2010), se da forma a las condiciones de trabajo, la estructura de oportunidades y dónde están las limitaciones. Estos modelos sirvieron como base teórica fundamentada de la propuesta. Posteriormente se analizaron las debilidades señaladas en la literatura que presentan las IES respecto a la TT y en otros estudios se identificó qué se había implementado para resolverlas.

Con ello se busca organizar las actividades de desarrollo tecnológico, reconocer su ciclo de vida, evaluar los beneficios de aplicar de manera sistemática un marco para desarrollarlas y cubrir las expectativas de quienes las necesitan o solicitan, ayudando así a establecer procesos orientados a la innovación y la rentabilidad (Oylumlu *et al.*, 2017). Este trabajo busca, asimismo, atender la falta de marcos de trabajo que caractericen los desarrollos tecnológicos hacia el mercado y así lograr la innovación (Tejero y León, 2020; Ramos *et al.*, 2018), además de promover una colaboración efectiva entre la universidad y la industria con el fin de fortalecer la competitividad y el progreso del país (Garnica y Franco, 2020; De Moortel y Crispeels, 2018).

Revisión de literatura

A nivel mundial, países como Suecia, Finlandia, Dinamarca, Francia, Estonia, Noruega, Estados Unidos, Canadá, Singapur, República de Corea, China, Japón, Hong Kong (China) y Australia, lideran la promoción de la colaboración entre universidades e industria, lo que se refleja en sus altos índices de competitividad e innovación (WEF, 2023). Las universidades, al transferir avances científico-tecnológicos hacia la sociedad y los mercados, agregan valor y elevan la productividad basada en la innovación (Cruz Novoa, 2016).

En contraste, en países en desarrollo como México, la relación entre la industria y las IES en el ámbito de la tecnología aún es incipiente (Becerra, 2019; Calderón *et al.*, 2016; Frías, 2019). Instituciones públicas como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Instituto Politécnico

Nacional (IPN), y otras han mostrado avances importantes; sin embargo, este fenómeno no se replica en la mayoría de las universidades nacionales (Pérez Cruz, 2019).

Diversos estudios señalan que las debilidades en los procesos de gestión de la investigación limitan la transferencia de tecnologías producidas en las IES hacia los mercados (Agramon y Lechuga, 2019; Alpizar y Dentchev, 2017; Benitez-Abarca y Rubio-Toledo, 2020). Entre ellas se pueden mencionar la falta de infraestructura básica, sistemas de información y herramientas metodológicas que soporten el desarrollo de tecnología y su transferencia (Ponce Jaramillo y Güemes Castorena, 2016), la ausencia de componentes metodológicos relacionados con la gestión de proyectos de ciencia, tecnología e innovación (Martínez *et al.*, 2018), la ausencia en la planificación de tiempo, costos, calidad, y riesgos del proyecto (Morales *et al.*, 2014; Rocha y Romero, 2012; Solange y Silva, 2018). Asimismo, se menciona que muchos de los desarrollos se encuentran en etapa embrionaria y no se conoce su potencial comercial (Munari *et al.*, 2017), los investigadores no identifican los requisitos de pertinencia y oportunidad que debe cumplir una tecnología para ser competitiva a nivel industrial (Pérez-Hernández y Calderón-Martínez, 2014), prevalece la ausencia de gestión tecnológica (Benítez *et al.*, 2018; Ramírez y Royero, 2019; Solleiro y González, 2016), así como debilidad en los procesos de valoración tecnológica para la evaluación y aprobación de las tecnologías que serán objeto de TT (Jiménez y Castellanos, 2013; Nuñez y Montalvo, 2015).

Para responder ante esta situación es importante reconocer que el proceso de investigación para la innovación requiere de una estrategia para desarrollarla y hacerla realidad. Es importante recalcar que la investigación e innovación sin método no son posibles, pues necesitan una “forma” para alcanzarla. Esta “forma” debe componerse de acciones planeadas deliberadamente y ser ejecutadas, ajustadas y evaluadas sistemáticamente (Garnica y Franco, 2020). También es importante recalcar que en las IES el proceso de investigación se ha estructurado formalmente, no así la gestión de sus procesos para llevarla hacia la innovación (Nguyen y Meek, 2016). También se debe reconocer que enfrentan desafíos debido a que siguen enfoques tradicionales, limitando con ello la implementación de sistemas innovadores que promuevan la investigación y la TT.

Aunque existen modelos y marcos de gestión en construcción, aún son escasos y poco evaluados, lo que evidencia una falta de comprensión integral de la gestión de la investigación en el ámbito educativo hacia la TT (Pino *et al.*, 2021). Entre ellos se pueden mencionar los siguientes: 1) Marco Universitario de Investigación Viable (Adham *et al.*, 2015); 2) Marco de Gestión de la Innovación y Desempeño en Investigación Universitaria (Kowang *et al.*, 2015); 3) Marco para la Gestión de Investigación Interdisciplinaria (König *et al.*, 2013); 4) Marco de Investigación Empresarial Universitaria (Naderibeni y Radovic, 2020); 5) Modelo Institucional de Universidad Emprendedora (Novela *et al.*, 2021); 6) El Marco AIM-R de Investigación-Acción y Gestión de la Innovación (Guertler *et al.*, 2020); 7) Modelo de Gestión de Investigación Académica Basado en PMBOK (Bayona *et al.*, 2018); 8) Modelo de Gestión de Tecnología e Innovación para IES (Arciénaga *et al.*, 2018); 9) Proceso de Innovación en Modelos de Negocios de Cambridge (CBMIP) (Geissdoerfer *et al.*, 2017); 10) Marco de Investigación y Desarrollo Traslacional para Ciencia e Ingeniería (Bazan, 2019); 11) Modelo para Transferencia Tecnológica Universidad-Industria en India (Ravi y Janodia, 2022). Sin embargo, no muestran de manera detallada los procesos que estos modelos involucran en el ciclo de desarrollo.

En este punto, resulta importante abordar conceptos que servirán para homologar el contexto de esta investigación.

En primer lugar, la tecnología comprende técnicas, conocimientos y procesos que facilitan la creación de bienes y servicios orientados a satisfacer necesidades humanas. Derivada de la ciencia y la ingeniería, la tecnología evoluciona como resultado de estos campos (Rivas-Echeverría *et al.*, 2016). Según Gil y Zubillaga (2006), la tecnología se define como un sistema de conocimientos derivado de la investigación, la experiencia y los métodos productivos, que permite la creación de productos y servicios innovadores o mejorados. Incluye componentes tangibles e intangibles (Codner, 2017).

Un modelo fundamental para entender su evolución es el Modelo de Curva en S, que asocia los esfuerzos de desarrollo de una tecnología con sus resultados a lo largo de su ciclo de vida, dividido en cuatro etapas: 1) embrionaria o emergente, donde presenta alta potencialidad y riesgo; 2) crecimiento, etapa de madurez y utilidad; 3) madurez, alcanzando un rendimiento óptimo; y 4) saturación o declive, cuando la tecnología se vuelve obsoleta

en comparación con alternativas superiores (Jiménez González *et al.*, 2017; Gil y Zubillaga, 2006). La competitividad entre tecnologías se manifiesta en ciclos de vida acortados, impulsados por cambios en preferencias de consumo y en la innovación tecnológica (Vega, 2009).

En segundo lugar, la Gestión Tecnológica (GT), que es estratégica para las organizaciones, busca aplicar conocimiento científico y tecnológico en la producción de bienes y servicios, generando así ventajas competitivas mediante la innovación (Jiménez-Navia *et al.*, 2020). Este proceso abarca desde la adquisición de tecnologías externas hasta la gestión y protección de la tecnología generada, permitiendo a las organizaciones anticiparse a tendencias y reaccionar ante imprevistos (Solleiro y Castañón, 2016).

Los procesos sustantivos de la gestión de tecnología son los siguientes:

1. **Vigilancia:** Detecta oportunidades y amenazas mediante el seguimiento de avances tecnológicos y de la competencia. La vigilancia incluye aspectos tecnológicos, comerciales y normativos (Terán *et al.*, 2019; Solleiro y Castañón, 2016).
2. **Planificación:** Integra la planeación estratégica, táctica y operativa, orientando el desarrollo de productos o servicios conforme a las especificaciones del mercado y los objetivos de la organización (Terán *et al.*, 2019). Debe partir de un diagnóstico denominado auditoría tecnológica respecto a los recursos y las capacidades existentes (CamBioTec, 2016).
3. **Provisión/Habilitación:** Asegura la disponibilidad de tecnologías y recursos, tanto internos como externos, necesarios para el desarrollo de los proyectos tecnológicos. Incluye los procesos de: a) asimilación de tecnologías, b) transferencia de tecnología, c) formulación y administración de proyectos y, d) gestión del conocimiento (CamBioTec, 2016).
4. **Protección:** Salvaguarda el patrimonio tecnológico a través de la propiedad intelectual, asegurando el uso exclusivo de los conocimientos generados para la explotación económica (CamBioTec, 2016; Ortiz-Cantú *et al.*, 2013).
5. **Implementación:** Materializa las innovaciones hasta su lanzamiento en el mercado, estableciendo una estrategia de negocio clara y alineada

a las capacidades tecnológicas de la organización (CamBioTec, 2016; Terán *et al.*, 2019).

Ahora bien, en México la normas aplicables a la gestión tecnológica las establece el Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A.C. (IMNC). La familia de normas de gestión de la tecnología está integrada por (IMNC, 2008):

- NMX-GT-001-IMNC-2007 “Terminología”. Establece términos y definiciones que se emplean en este ámbito, facilitando el entendimiento de las relaciones entre estos.
- NMX-GT-002-IMNC-2008 “Proyectos tecnológicos”, la cual brinda los requisitos para la gestión de proyectos tecnológicos.
- NMX-GT-003-IMNC-2008 “Requisitos”. Establece los requisitos que la organización debe cumplir para crear, documentar, implantar y mantener un Sistema de Gestión de la Tecnología.
- NMX-GT-004-IMNC-2011 “Directrices para la implementación de un proceso de vigilancia tecnológica”. Proporciona a las organizaciones una guía para efectuar un proceso de vigilancia tecnológica desde la identificación de necesidades de información hasta la evaluación y retroalimentación.
- NMX-GT-005-IMNC-2008 “Directrices para la auditoría”. Brinda las directrices para gestionar programas de auditorías.

Es importante destacar que el modelo del Premio Nacional de Tecnología e Innovación (PNTi) está alineado a la NMX-GT-003-IMNC-2008 y se ha complementado con normas específicas para la caracterización, auditoría y vigilancia de proyectos de Investigación y Desarrollo (I+D) (Ortiz-Cantú *et al.*, 2013).

En tercer lugar está la formulación y gestión de proyectos. Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. Tiene un principio y un final definidos. Se considera finalizado cuando se han llevado a cabo los objetivos, cuando no es posible que se cumplan los objetivos o cuando no existe la necesidad que dio origen al proyecto. Con todo proyecto se crea un producto, servicio o resultado único.

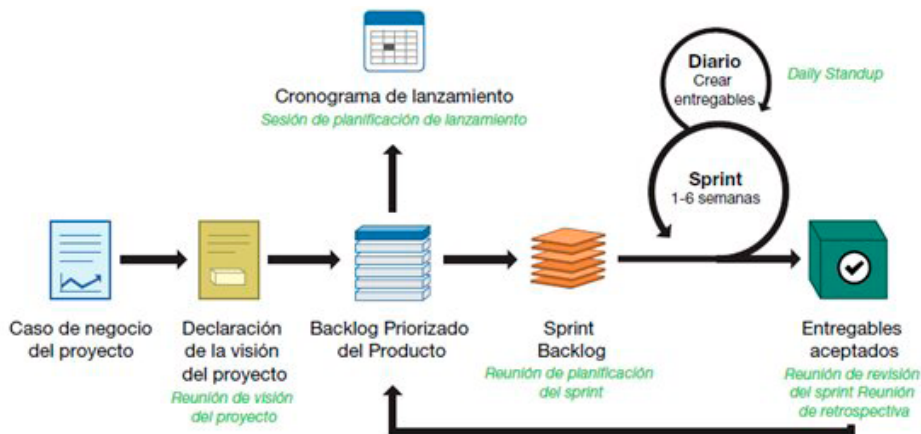
Los proyectos pueden tener impactos sociales, económicos y ambientales que durarán mucho más que los propios proyectos.

El ciclo de vida de un proyecto es la serie de fases que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su conclusión. Proporciona el marco de referencia básico para dirigir el proyecto. Este marco de referencia básico se aplica independientemente del trabajo específico del proyecto involucrado. Las fases que incluye son: a) definición, b) planeación, c) ejecución y, d) entrega. Pueden llevarse a cabo de manera secuencial, iterativa o superpuesta. Debido a que un proyecto involucra actividades, tiempo y recursos, es necesario llevar cabo un proceso detallado de administración que permita manejar adecuadamente los recursos para que sean usados de la manera más eficiente, pero también para que se cumplan los objetivos planteados (Project Management Institute (PMI), 2017).

Actualmente, existen dos guías de referencia para la gestión de proyectos: a) Project Management Institute (PMI) y ScrumStudy este segundo enfocado a la gestión de proyectos ágiles.

La gestión ágil de proyectos ha tomado relevancia debido a las características actuales de los proyectos, esto es, se trata de proyectos difíciles de definir con detalle en el principio, por lo que tienen requisitos muy inestables por la velocidad del entorno de negocio (Gasca, 2017). Ahora se construye el producto mientras se modifican y aparecen nuevos requisitos. El cliente parte de una visión medianamente clara, pero el nivel de innovación que requiere, y la velocidad a la que se mueve su sector de negocio, no le permiten predecir con detalle cómo será el resultado final (Palacio, 2015). La gestión ágil de proyectos, por lo tanto, asume un enfoque adaptativo, pasando de un proceso de planificación lineal a uno iterativo e integrando al cliente de manera activa en todo el proyecto, con entregas incrementales y retroalimentación activa de los requerimientos que le permiten al equipo entregar una solución de valor al cliente (Gasca, 2017). Scrum es uno de los marcos de gestión más utilizado actualmente. Este framework divide un proyecto en ciclos cortos de trabajo que denomina sprints, los cuales duran de una a cuatro semanas (SCRUMstudy, 2022). El marco se muestra en la figura 1.

Figura 1. Marco de trabajo Scrum



Fuente: (SCRUMstudy, 2022).

En cuarto lugar está la evaluación de la madurez de la tecnología. Numerosas investigaciones han desarrollado métodos para monitorear la madurez tecnológica y apoyar la toma de decisiones estratégicas a lo largo del ciclo de vida de una tecnología (Azizian *et al.*, 2009). La madurez se asocia a la disponibilidad y al estado de completitud de la tecnología. Una alta madurez, alcanzada antes de la incorporación de tecnologías en los programas de desarrollo, contribuye al éxito del producto final (McConkie *et al.*, 2013).

Hay diversas métricas para determinar la madurez de una tecnología, entre ellas sobresale la desarrollada por la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) en la década de los 80: el Technology Readiness Level (TRL), que incluye 9 niveles (Tabla 1). Inicia con los principios básicos de la nueva tecnología, hasta llegar a sus pruebas con éxito en un entorno real. Esta metodología es ampliamente aceptada y aplicada, y se extiende a las ramas más diversas de las economías desarrolladas (Lemos y Chagas, 2016).

En México, el Conahcyt adopta el TRL en su evaluación de proyectos de innovación, categorizando desde la invención y validación del concepto, hasta la expansión de mercado en entornos reales.

En quinto lugar, la gestión de la investigación universitaria busca capitalizar el conocimiento institucional para desarrollar ventajas competitivas

Tabla 1. *Niveles TRL*

| Nivel de madurez de tecnología (TRL) | Descripción |
|--------------------------------------|--|
| Desarrollo de la invención | 1 Investigación básica. Principios básicos observados y reportados. |
| | 2 Investigación de laboratorio. Concepto tecnológico y/o aplicación tecnológica formulada. Investigación aplicada |
| Validación del concepto | 3 Investigación de laboratorio. Prueba experimental de concepto. |
| | 4 Desarrollo tecnológico. Validación de componente y/o disposición de estos en entorno de laboratorio. |
| Desarrollo del prototipo | 5 Desarrollo tecnológico. Tecnología validada en laboratorio, pero en condiciones de un entorno relevante (simulación de condiciones del entorno real). |
| | 6 Demostración tecnológica. Tecnología demostrada en ambiente relevante. |
| Producción piloto y demostración | 7 Desarrollo de producto. Demostración de prototipo a nivel sistema en un ambiente operativo real (sistema real). |
| | 8 Desarrollo del producto. Sistema completo y certificado a través de pruebas y demostraciones. Manufacturabilidad probada y validada para el ambiente real. |
| Expansión de mercado | 9 Producto terminado. Pruebas con éxito en entorno real. Despliegue. |

Fuente: Conahcyt, 2024.

que contribuyan a los objetivos de la organización. Este proceso permite identificar prioridades científicas y tecnológicas, establecer lineamientos de investigación y crear redes de colaboración entre el Estado, la empresa, la universidad y la sociedad, fomentando el desarrollo científico, empresarial y social (Becerra *et al.*, 2015). Además, fortalece la cooperación entre investigadores y promueve la articulación de actividades de investigación, desarrollo e innovación en diversos contextos (Ramos *et al.*, 2018).

La necesidad de gestionar la investigación responde a tres factores interrelacionados: a) la competencia por recursos limitados provenientes del sector público o privado; b) la creciente complejidad de problemas científicos que requieren colaboración interdisciplinaria, y c) la dependencia de infraestructuras científicas costosas, como supercomputadoras y satélites, que requieren apoyo gubernamental y colaboración entre múltiples organizaciones.

La gestión de la investigación puede abordarse en cuatro niveles: a) a nivel de sistemas nacionales de I+D, b) a el nivel de organizaciones de financiamiento, c) en instituciones de investigación y, d) en proyectos específicos de grupos de investigación, donde se consideran factores sociales y dinámicas propias del campo científico (Schuetzenmeister, 2010).

Nguyen y Meek (2016) identifican diez parámetros para estructurar la

gestión de la investigación en universidades, orientados a maximizar la capacidad de investigación y mejorar resultados. Esos parámetros los divide en lo que denomina “más visibles” y “menos visibles”. Entre los segundos destacan: a) desarrollar reglas y procedimientos para administrar el ciclo de vida de un proyecto de investigación y, b) desarrollar un mecanismo para evaluar la calidad de los resultados de la investigación. Ambos se refieren a la formalización de comportamientos para estandarizar procesos de investigación, logrando así, una organización efectiva y orientada al cumplimiento de los objetivos académicos.

En sexto lugar, la valuación de tecnología que es clave en la TT, se enfoca en estimar el valor económico de un activo tecnológico y en determinar términos adecuados de intercambio (Jiménez Hernández *et al.*, 2018; Medellín Cabrera y Arellano Arellano, 2019). Es esencial para políticas de I+D en el sector público y para la toma de decisiones de inversión en el sector privado (Cárdenas *et al.*, 2016).

Existen métodos cuantitativos y cualitativos para la valuación:

- *Cuantitativos*: Los enfoques se dividen en el basado en costos, mercado e ingresos. Cada uno presenta ventajas y limitaciones; el de ingresos, por ejemplo, se considera óptimo para valoraciones futuras, mientras que el de costos se limita al historial de inversión (Lagrost *et al.*, 2010).
- *Cualitativos*: Estos métodos, orientados a la estrategia, facilitan decisiones sobre gestión de activos y riesgos, ofreciendo herramientas como los mapas de ruta (Probert *et al.*, 2013).

La evaluación **tecnológica** y la valuación económica se complementan en procesos de selección y comercialización tecnológica, así como en la identificación de capacidades organizacionales (Jiménez, 2015).

Finalmente, la Transferencia tecnológica es el proceso por el cual el conocimiento técnico o “know-how” se transfiere de una organización a otra para agregar valor o mejorar productos y procesos. Esta transferencia implica la comercialización de la tecnología para generar rentabilidad (Hilkevics y Hilkevics, 2017; Alcántar *et al.*, 2017). La TT involucra actores como academia, gobierno y empresas, y requiere una organización sistemática y

profunda para ser eficiente (Toca *et al.*, 2018). Para lograr una TT efectiva, la tecnología debe ser comprendida y mantenida a largo plazo, lo cual requiere planificación colaborativa y capacitación continua (Vega-González y Vega-Salinas, 2018).

La TT puede clasificarse de la siguiente manera:

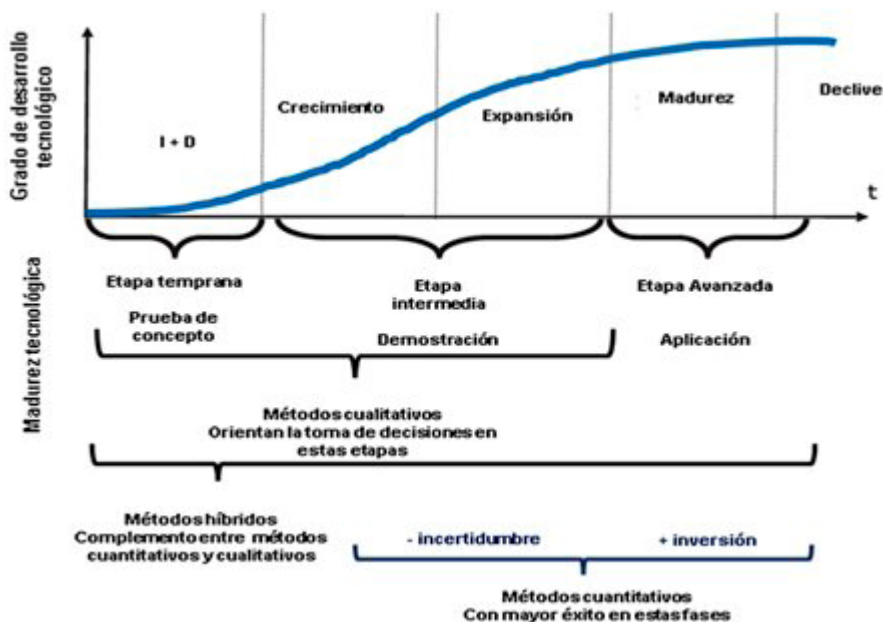
- **Vertical:** Transferencia de tecnología de I+D a aplicaciones comerciales, común en universidades o centros de investigación que transfieren sus desarrollos al sector productivo.
- **Horizontal:** En este tipo, la tecnología es desarrollada y utilizada dentro de un sistema o empresa sin transmisión de conocimiento externo, común en multinacionales que se establecen en países emergentes sin transferencia significativa de habilidades al personal local (Londoño-Gallego *et al.*, 2018).

Existen dos modelos básicos de TT:

- **Modelo lineal:** Este modelo concibe la TT como una secuencia lineal de pasos que llevan desde la investigación básica hasta la implementación comercial. Sin embargo, su estructura rígida no refleja la complejidad de la transición de la investigación al mercado y presenta obstáculos como el “Valle de la Muerte”, es decir, desarrollos que se encuentran entre un nivel de madurez TRL 4 y 7, lo que dificulta la culminación exitosa de los proyectos cuando una tecnología es validada, pero aún no es atractiva para el mercado (Jiménez-Medina *et al.*, 2021; Gbadegeshin *et al.*, 2022).
- **Modelo dinámico:** Este modelo incorpora factores internos que afectan el éxito de la transferencia de conocimiento científico y tecnológico, considerando variables internas como la estructura organizacional. Aunque más integral, aún carece de análisis de factores externos como el apoyo estatal (De Ossa *et al.*, 2018).

En la figura 2, se muestra la relación entre la curva S de la tecnología, el grado de madurez y la valuación tecnológica.

Figura 2. Relación entre el ciclo de vida de la tecnología, los métodos utilizados para valorarla, y su relación con respecto a los niveles de madurez tecnológica



Fuente: (Jiménez Hernández *et al.*, 2018).

Metodología

Este apartado describe el enfoque metodológico adoptado en la presente investigación, que actúa como un plan de acción sistemático para alcanzar los objetivos planteados y responder a las preguntas de investigación formuladas.

En esta sección, se busca dar respuesta a dos preguntas clave:

1. ¿Qué procesos, herramientas, normas y otros elementos se han integrado en los modelos, marcos conceptuales o metodologías existentes para desarrollar tecnologías en las IES?
2. ¿Cuál debería ser el ciclo de vida que tendrían que seguir los desarrollos tecnológicos en las instituciones de educación superior para llenar de manera sistemática y coherente los vacíos encontrados en la literatura?

Para abordar la primera pregunta, se realizó una revisión integrativa de la literatura basada en los métodos de Torracó (2005) y en los procedimientos de búsqueda y evaluación propuestos por Xiao y Watson (2019). Inicialmente, se identificaron 187 artículos aplicando criterios específicos de inclusión y exclusión. Solo se incluyeron estudios que trataran marcos conceptuales, modelos, metodologías o enfoques pertinentes a la gestión de investigación e innovación en universidades, también denominadas IES.

En el proceso de depuración, se eliminaron 30 artículos duplicados y se excluyeron 51 debido a que no eran relevantes o no contaban con texto completo. Así, se analizaron los resúmenes de 106 artículos para confirmar su relevancia. Finalmente, se seleccionaron 57 artículos que cumplieran con los criterios de inclusión definidos.

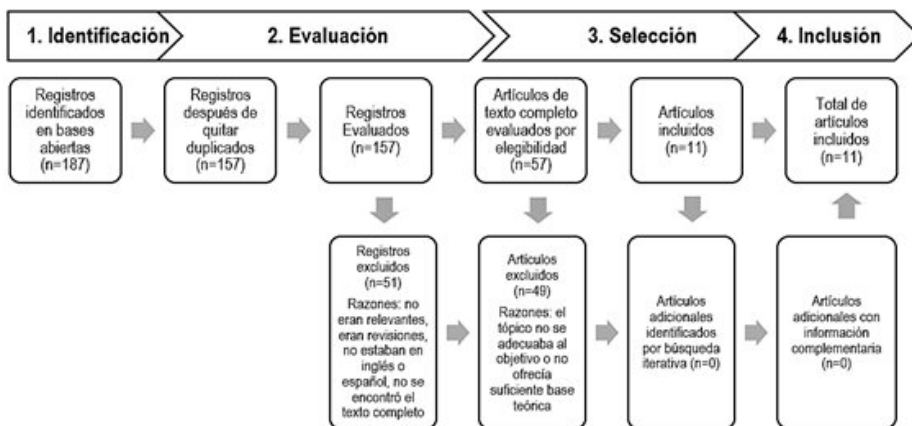
En la siguiente fase, los 57 estudios seleccionados fueron clasificados en cuatro enfoques metodológicos según el modelo de Schuetzenmeister (2010):

1. gestión de sistemas nacionales de investigación y desarrollo,
2. gestión en organizaciones de financiamiento,
3. administración de centros de investigación y universidades,
4. gestión de proyectos en grupos de investigación.

Dado que esta investigación se centra en el enfoque 4, pero requiere el contexto del enfoque 3, solo se seleccionaron los estudios relacionados con estos dos enfoques, reduciendo la muestra a 11 estudios. La figura 3 presenta el proceso completo de revisión de la literatura.

Posteriormente se utilizó un diseño de investigación en teoría fundamentada. La elección de la teoría fundamentada como enfoque de investigación se debe a su capacidad para generar teorías emergentes a partir de datos cualitativos complejos (Espriella y Restrepo, 2020), lo que resulta fundamental en estudios que buscan explicar procesos dinámicos en contextos específicos, como lo es el desarrollo y la gestión de tecnologías en las IES. La teoría fundamentada permite no solo identificar categorías y patrones recurrentes en la gestión de proyectos tecnológicos, sino también establecer relaciones entre estos elementos (Varela y Sutton, 2021), proporcionando así una visión profunda del fenómeno y favoreciendo la creación de un marco teórico que guíe futuras aplicaciones en TT.

Figura 3. Proceso de revisión de literatura basado en Torracó (2005) y Xiao y Watson (2019)



Fuente: Elaboración propia.

La teoría fundamentada tiene como rasgo principal que los datos se categorizan con codificación abierta. Luego el investigador organiza las categorías resultantes en un modelo de interrelaciones (codificación axial) que representa a la teoría emergente y explica el proceso o fenómeno de estudio (codificación selectiva). El resultado final es un conjunto de proposiciones interrelacionadas (Hernández *et al.*, 2014).

Resultados y discusión

Como resultado de la revisión integrativa, se identificaron 11 modelos y marcos que abordan aspectos fundamentales en la gestión de la investigación y la transferencia tecnológica en instituciones de educación superior (IES). Estos modelos y marcos se agrupan en dos categorías principales: gestión organizacional de la investigación (Tabla 2) y gestión para la investigación referente a la gestión de proyectos en grupos, centros o departamentos de investigación (Tabla 3). A continuación, se detalla la estructura y elementos clave de cada categoría.

Tabla 2. Modelos para la gestión organizacional de la investigación

| Modelo/Marco | Descripción | Elementos principales |
|--|--|---|
| VSM (Adham <i>et al.</i> , 2015) | Sistema viable para universidades de investigación, con cinco funciones principales. | Formulación de políticas, inteligencia, control, coordinación, subsistema de implementación. |
| Gestión de Innovación (Kowang <i>et al.</i> , 2015) | Afecta directamente el rendimiento de la innovación en investigaciones universitarias. | Estrategia de innovación, liderazgo, estructura organizacional, cultura y recursos de innovación. |
| Investigación Interdisciplinaria (König <i>et al.</i> , 2013) | Marco para gestionar investigaciones inter y transdisciplinarias. | Comunicación interna, desarrollo de productos transdisciplinarios, gestión externa y organizacional. |
| Investigación Empresarial Universitaria (Naderibeni y Radovic, 2020) | Enfoque empresarial en investigaciones académicas. | Gobernanza empresarial, comunicación industria-academia, cultura de emprendimiento, comercialización. |
| Universidad Emprendedora (Novela <i>et al.</i> , 2021) | Marco para la dirección de universidades con enfoque emprendedor. | Directivos, docentes, estudiantes, comunidad, industria, reguladores, medios de comunicación. |

Fuente: Elaboración propia a partir de los autores citados.

Tabla 3. Modelos para la gestión de la investigación referente a la gestión de proyectos en grupos, centros o departamentos de investigación

| Modelo/Marco | Descripción | Fases/etapas principales |
|--|--|---|
| AIM-R (Guertler <i>et al.</i> , 2020) | Investigación-acción aplicada en colaboración con profesionales. | Definición de problemas, planificación, ejecución, reflexión/aprendizaje, comunicación y pivote. |
| Gestión PMBOK (Bayona <i>et al.</i> , 2018) | Sistema adaptable basado en PMBOK para la investigación académica. | Gestión de proyectos (inicio, planificación, ejecución, monitoreo y control, cierre). |
| Gestión de Tecnología e Innovación (Arciénaga <i>et al.</i> , 2018) | Resolución de desafíos en innovación y desarrollo en IES. | Pensamiento sistémico, globalización, gestión tecnológica, gestión del talento y redes, innovación de productos/servicios. |
| Innovación del Modelo de Negocio (Geissdoerfer <i>et al.</i> , 2017) | Implementación sostenible de modelos de negocio en innovación. | Ideación, diseño conceptual, prototipos, experimentación, diseño detallado, pilotaje, lanzamiento, ajuste. |
| Investigación y Desarrollo Traslacional (Bazan, 2019) | Vinculación entre investigación universitaria y resultados comerciales. | Inicio, planificación, ejecución, cierre. |
| Transferencia Tecnológica Universidad-Industria (Ravi y Janodia, 2022) | Modelo de transferencia de tecnología en colaboración universidad-industria. | Política, célula de investigación, desarrollo tecnológico, evaluación de tecnología, valoración tecnológica y viabilidad comercial. |

Fuente: Elaboración propia a partir de los autores citados.

Las brechas identificadas para que las IES puedan lograr la TT se resumen en la Tabla 4. Asimismo, en ella se identifica el área de práctica en la que se pueden clasificar.

Tabla 4. *Clasificación de los vacíos identificados en la literatura para que las IES logren la TT*

| Vacíos | Clasificación de la práctica |
|--|------------------------------------|
| Falta de Oficinas de TT o bien, departamentos de vinculación que tengan como función predominante mantener una relación con la industria con el fin de catapultar proyectos científicos y tecnológicos (Benítez-Abarca y Rubio-Toledo, 2020). | Vinculación Universidad-Empresa |
| Falta de infraestructura básica, sistemas de información y herramientas metodológicas que soporten el desarrollo de tecnología y su transferencia (Ponce Jaramillo y Güemes Castorena, 2016). | |
| Se percibe una ausencia de gestión tecnológica (Benítez <i>et al.</i> , 2018; Ramírez y Royero, 2019; J. Solleiro y González, 2016). | |
| No se aplican herramientas como la vigilancia tecnológica para la actualización de los productos, ni se hacen servicios de mercadeo para un adecuado proceso de negociación y transferencia de tecnología (Meza y Delzo, 2017). | Gestión de tecnología |
| Los investigadores no identifican los requisitos de pertinencia y oportunidad que debe cumplir una tecnología para ser competitiva a nivel industrial (Pérez-Hernández y Calderón-Martínez, 2014). | |
| Ausencia de componentes metodológicos relacionados con la gestión de proyectos de ciencia, tecnología e innovación (Martínez <i>et al.</i> , 2018; Parakhina <i>et al.</i> , 2017), lo que ha impedido que los criterios empresariales influyan en el diseño y la implementación de los resultados científicos en la práctica productiva (Benítez <i>et al.</i> , 2018). | Gestión de proyectos |
| Ausencia de planeación de tiempo, costos, calidad, y riesgos del proyecto (Morales <i>et al.</i> , 2014; Rocha y Romero, 2012; Solange y Silva, 2018). | |
| Muchos de los desarrollos se encuentran en etapa embrionaria y no se conoce su potencial comercial (Munari <i>et al.</i> , 2017). | |
| Existe una debilidad en los procesos de valoración tecnológica para la evaluación y aprobación de las tecnologías que serán objeto de TT (Jiménez y Castellanos, 2013; Nuñez y Montalvo, 2015). | Evaluación tecnológica |
| Esquemas para evaluar tecnologías y de condiciones que motiven a los investigadores a avanzar hacia fases finales de la I+D+i (Jiménez-Medina <i>et al.</i> , 2021). | |
| No existe una correcta valuación de los productos generados en el proceso de investigación (Medellín Cabrera y Arellano Arellano, 2019). | |
| Rara vez se generan ingresos suficientes para recuperar la inversión inicial que resultó en las tecnologías o servicios en cuestión (Solange y Silva, 2018). | Valuación tecnológica |
| La información entregada por los inventores incluyen sólo costos de desarrollo y producción a nivel laboratorio, pero no un paquete tecnológico integrado (Medellín Cabrera y Arellano Arellano, 2019). | Comercialización |
| Falta de criterios empresariales que podrían influir en el diseño y la implementación de los resultados científicos en la práctica productiva (Benítez <i>et al.</i> , 2018). | |
| Falta de disponibilidad de capital de riesgo y esquemas de alianzas estratégicas (Yeverino y Álvarez, 2019). | Financiamiento |
| Financiamiento limitado (Jiménez-Medina <i>et al.</i> , 2021). | |
| Se considera que incluso el “valle de la muerte” en el desarrollo de tecnologías, está estrechamente relacionado con la falta de vínculos adecuados para conformar redes académicas de apoyo en el desarrollo de tecnologías (Arciénaga <i>et al.</i> , 2018). | Alianzas estratégicas |
| Falta de cooperación con otras instituciones, empresas o centros de investigación (Jiménez-Medina <i>et al.</i> , 2021) | |

Fuente: Elaboración propia a partir de los autores citados.

Posteriormente, las variables identificadas se clasificaron de acuerdo con: a) administración de organizaciones de investigación y b) gestión de proyectos en grupos, centros o departamentos de investigación (Schuetzenmeister, 2010). El resultado se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. *Clasificación del área de práctica de acuerdo con las actividades identificadas para la administración de organizaciones de investigación y de la gestión de proyectos en grupos, centros o departamentos de investigación*

| Clasificación de la práctica | Clasificación de actividades |
|---------------------------------|--|
| Vinculación Universidad-Empresa | <i>Administración de organizaciones de investigación</i> (Adham et al., 2015; König et al., 2013; Naderibeni y Radovic, 2020; Novela et al., 2021) |
| Gestión de tecnología | <i>Gestión de proyectos en grupos, centros o departamentos de investigación</i> (Arciénaga et al., 2018, Bazan, 2019) |
| Gestión de proyectos | <i>Gestión de proyectos en grupos, centros o departamentos de investigación</i> (Arciénaga et al., 2018; Bayona et al., 2018; Bazan, 2019; Guertler et al., 2020) |
| Evaluación tecnológica | <i>Gestión de proyectos en grupos, centros o departamentos de investigación</i> (Ravi y Janodia, 2022) |
| Valuación tecnológica | <i>Gestión de proyectos en grupos, centros o departamentos de investigación</i> (Ravi y Janodia, 2022) |
| Comercialización | <i>Administración de organizaciones de investigación</i> (Adham et al., 2015; Naderibeni y Radovic, 2020) |
| Financiamiento | <i>Administración de organizaciones de investigación</i> (Kowang et al., 2015; Novela et al., 2021) |
| Alianzas estratégicas | <i>Administración de organizaciones de investigación</i> (König et al., 2013) |

Fuente: Elaboración propia a partir de los autores citados.

Debido a que esta investigación está orientada hacia el ciclo de vida de los desarrollos tecnológicos generados en las IES y, por lo tanto, está relacionado al enfoque de “gestión de proyectos en grupos, centros o departamentos de investigación”, en este estudio sólo se consideran las siguientes variables:

1. Gestión de tecnología
2. Gestión de proyectos
3. Evaluación tecnológica
4. Valuación tecnológica

A partir del análisis realizado previamente, se conjuntan los conceptos y procesos para la propuesta del marco del ciclo de vida de desarrollo tecnológico en las IES.

Antes de abordarlo, es importante establecer las premisas necesarias para su funcionamiento. El marco propuesto implica una alineación de los niveles estratégico, táctico y operativo dentro de las IES, como se muestra en la figura 4, con la visión de la alta dirección enfocada en una operación sinérgica.

Este proceso incluye:

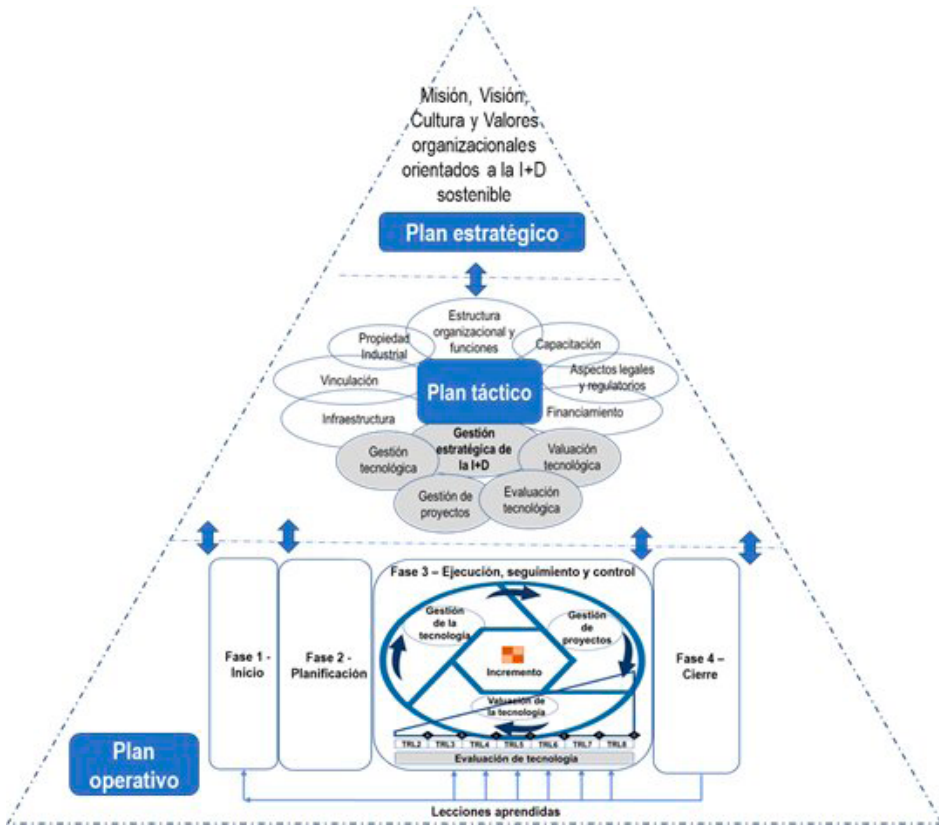
1. Diagnóstico inicial: análisis del estado actual de la investigación en la IES.
2. Planificación tecnológica: definición de una estrategia competitiva para áreas de investigación prioritarias, sin restringir la diversificación de temas (CamBioTec, 2016).
3. Estructura táctica para la gestión de I+D: en el nivel táctico, se organiza un subsistema de gestión que permita ejecutar la visión estratégica en I+D. Este subsistema incorpora procesos clave de gestión, tales como:
 - Gestión de tecnología y proyectos
 - Evaluación y valuación tecnológica

Estas actividades requieren un enfoque sistémico para construir capacidades de I+D, eliminando barreras entre la academia y la industria, sin un orden jerárquico específico, pero bajo una dirección estratégica para responder a entornos cambiantes (Parakhina *et al.*, 2017).

Asimismo, se incluyen prácticas de estructuración de la investigación (Nguyen y Meek, 2016), como el diseño de estructuras formales y reglas para la integridad de la investigación, la capacitación de personal, y el financiamiento, la infraestructura y la protección de propiedad industrial. Además, la cartera de proyectos será evaluada para valorar su impacto en los objetivos estratégicos de la IES (CamBioTec, 2016).

4. Finalmente, el marco operativo se basa en el Sistema de Gestión de la Tecnología NMX-GT-003, que evalúa anualmente la innovación y gestión tecnológica en empresas mexicanas (Mejía y Solleiro, 2021).

Figura 4. Premisas de operación del marco de trabajo para desarrollar tecnologías al interior de las IES



Fuente: Elaboración propia.

El marco consta de cuatro etapas secuenciales: inicio, planificación, ejecución, seguimiento y control, y cierre. Estas fases, adaptadas de varios estudios (Bayona *et al.*, 2018; Bazan, 2019; Guertler *et al.*, 2020), corresponden a las etapas del ciclo de vida del desarrollo tecnológico evaluadas mediante el Nivel de Preparación Tecnológica (TRL) para detectar la viabilidad de transferencia o comercialización (Lima *et al.*, 2020; Villa y Jiménez, 2015). Las fases se detallan a continuación:

1. *Inicio*: Incluye el estudio de prefactibilidad necesario para evaluar la viabilidad de un proyecto.

2. *Planificación*: Recibe la solución elegida y realiza una planificación detallada del proyecto en un entorno ágil, con énfasis en la gestión de proyectos bajo el marco Scrum.
3. *Ejecución, seguimiento y control*: Esta fase se centra en la implementación del proyecto mediante sprints y la evaluación de madurez tecnológica en cada etapa.
4. *Cierre*: Una vez alcanzados los objetivos o decidido el fin del proyecto, se documentan los resultados y aprendizajes para futuras referencias.

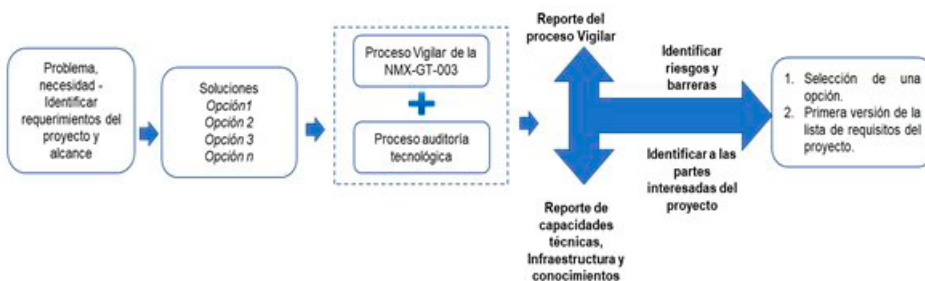
A continuación se detalla el proceso propuesto en cada una de las fases.

Fase 1. Inicio

La fase de inicio, que se muestra en la figura 5, comprende las actividades de estudio de prefactibilidad, donde se identifican los requerimientos del proyecto y los actores relevantes (stakeholders). Se emplean herramientas de vigilancia tecnológica y auditoría para identificar las capacidades técnicas de la institución y los riesgos potenciales (Vega-González y Vega-Salinas, 2018). Este análisis permite establecer una primera versión de la lista de requisitos del proyecto, que servirá de base para la fase de planificación.

Figura 5. Fase 1- Inicio. Marco de trabajo para desarrollar tecnologías en las IES

Fase Inicio



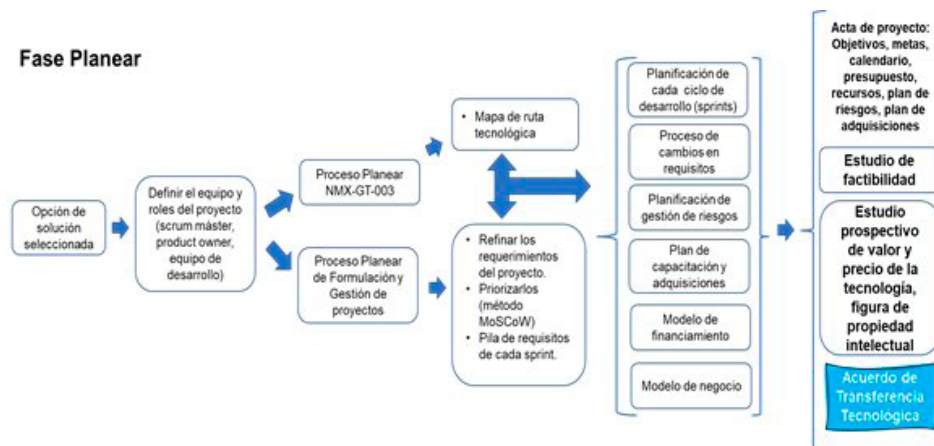
Fuente: Elaboración propia.

Fase 2. Planificación

La planificación parte de la solución elegida y emplea el marco de trabajo ágil de Scrum (Borba *et al.*, 2019; Hidalgo y Morell, 2019). El desarrollo de esta fase de muestra en la figura 6 e incluye:

- *Roles Scrum*: Se definen roles específicos como el Scrum Master, el Product Owner y el equipo Scrum (Team Scrum), los responsables de la gestión y el desarrollo del proyecto.
- *Refinamiento y priorización de requisitos*: Los requisitos se organizan en una lista priorizada mediante el método MoSCoW (Must have, Should have, Could have, Would not have) para asegurar el valor del proyecto (Del Sagrado *et al.*, 2018).
- *Mapa de ruta tecnológica*: Basado en una auditoría interna y vigilancia tecnológica, este mapa detalla las competencias que debe construir la IES debe construir para cumplir con los objetivos del proyecto, y se organiza en tres perspectivas: estratégica-comercial, diseño y producción, y tecnológica (Múnera, 2014).
- *Planificación de sprints*: La fase concluye con la planificación de los sprints, detallando los recursos necesarios, el cronograma y la gestión de riesgos (Becerril *et al.*, 2017).

Figura 6. Fase 2-Planificación. Marco de trabajo para desarrollar tecnologías en las IES



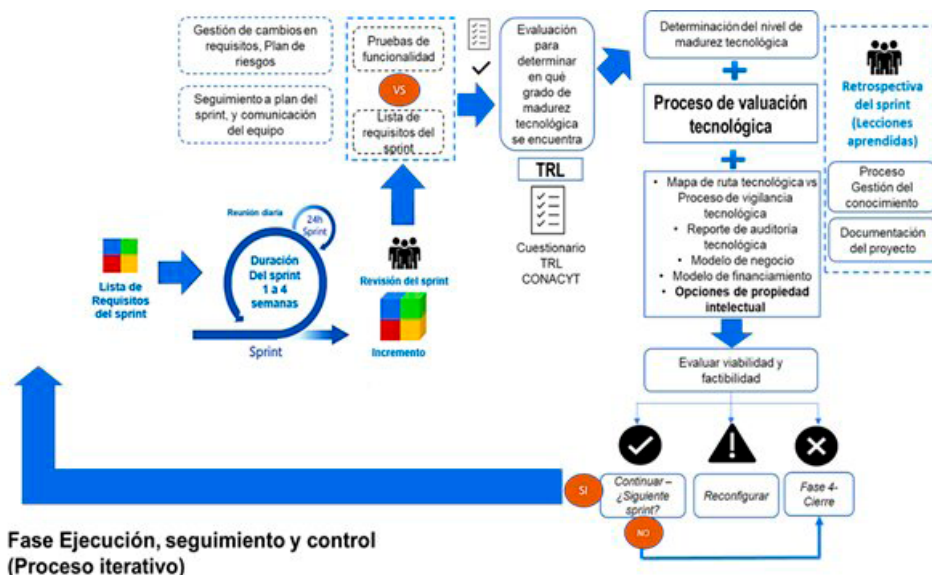
Fuente: Elaboración propia.

Fase 3. Ejecución, seguimiento y control

Durante la fase de ejecución, como se muestra en la figura 7, cada sprint se gestiona mediante reuniones diarias para monitorizar el progreso, resolver impedimentos y asegurar el cumplimiento del cronograma (Hammad e Inayat, 2018). Al finalizar cada sprint se debe cumplir con lo siguiente:

- *Revisión de funcionalidad:* Se realizan pruebas para verificar el cumplimiento de los requisitos.
- *Evaluación de madurez tecnológica (TRL):* Se utiliza una calculadora TRL o cuestionarios del Conacyt para evaluar el grado de madurez alcanzado.
- *Valuación tecnológica y actualización del mapa de ruta:* La tecnología desarrollada se valora periódicamente para ajustar su potencial de mercado y su protección de propiedad intelectual.
- *Reuniones de retrospectiva:* En estas reuniones se identifican áreas de mejora y buenas prácticas que se documentan para futuros desarrollos.

Figura 7. Fase 3 – Ejecución, monitoreo y control. Marco de trabajo para desarrollar tecnologías en las IES



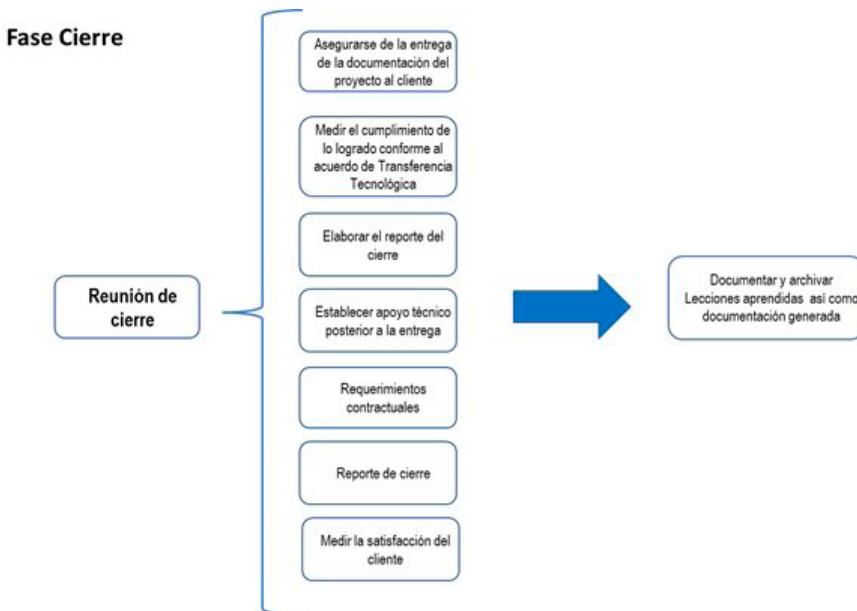
Fuente: Elaboración propia.

Fase 4. Cierre

La fase de cierre, mostrada en la figura 8, garantiza la documentación completa y adecuada del proyecto y la celebración de una reunión de cierre con todas las partes interesadas. Durante esta reunión se implica:

- *Encuesta de satisfacción del cliente:* Esta encuesta evalúa la percepción del cliente respecto al proceso de transferencia tecnológica y el servicio prestado por las IES.
- *Reporte de cierre y auditoría financiera:* Internamente, se documentan las mejores prácticas y se realiza una auditoría financiera para concluir el proyecto.
- Finalmente, el marco sugiere el uso de herramientas tecnológicas para facilitar la gestión, tales como Slack para la comunicación, Trello para la gestión de proyectos y GitHub para control de versiones (Eaton, 2019; Özkan y Mishra, 2019), lo cual permite una gestión accesible y en tiempo real desde cualquier dispositivo.

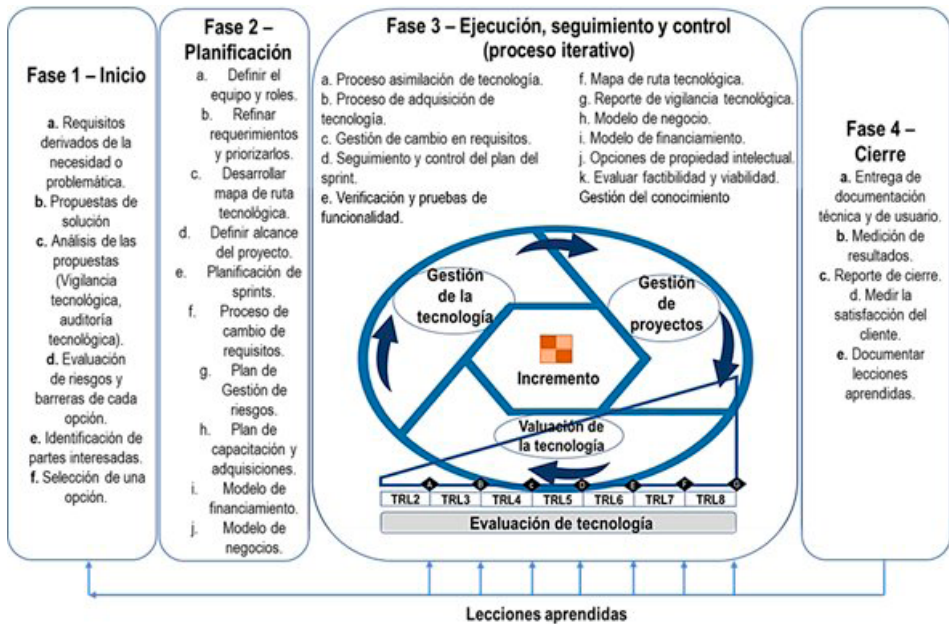
Figura 8. Fase 4-Cierre. Marco de trabajo para desarrollar tecnologías en las IES



Fuente: Elaboración propia.

A manera de resumen, en la figura 9 se agrupan las actividades que se propone realizar en cada una de las fases del proceso de desarrollo de tecnologías en las IES.

Figura 9. Actividades propuestas en cada una de las etapas del marco para desarrollar tecnologías en las IES



Fuente: Elaboración propia.

Discusión de los resultados

La decisión de configurar el marco para el desarrollo de tecnologías en instituciones de educación superior ha atendido a tres planteamientos específicos:

- El realizado por Oylumlu *et al.* (2017), que se refiere a cambios internos en los marcos de gestión para que las IES pasen de ser “tradicionales” a “empresariales”.
- El realizado por Garnica y Franco (2020), respecto a que el proceso de investigación para la innovación requiere una estrategia para des-

arrollarla y hacerla realidad, se requiere un método, una “forma”, y esa “forma” incluye planear acciones, ejecutarlas, evaluarlas y ajustarlas de manera sistemática.

3. Finalmente, el relacionado con establecer las reglas y los procedimientos para administrar el ciclo de vida de los proyectos de investigación (Nguyen & Meek, 2016).

Para llevarse a cabo, inicialmente se requiere de la visión que las IES desean alcanzar en términos de I+D+I, así como de los planes y las estrategias que se implementarán de manera institucional para lograrlo.

La propuesta incluye una visión sobre lo que debería integrarse en el nivel táctico con el fin de que engrane y sintonice con la implementación del marco en el nivel operativo. Agrega, por lo tanto, en el nivel táctico funciones relacionadas con la capacitación, infraestructura, financiamiento, vinculación, propiedad industrial y aspectos legales y regulatorios (Adham *et al.*, 2015; Geissdoerfer *et al.*, 2017; König *et al.*, 2013; Kowang *et al.*, 2015; Naderibeni y Radovic, 2020; Novela *et al.*, 2021), así como las funciones sustanciales de la gestión estratégica de I+D: gestión tecnológica, gestión de proyectos, valuación y, evaluación tecnológica (Arciénaga *et al.*, 2018; Bayona *et al.*, 2018; Conesa, 2017; Gbadegeshin *et al.*, 2022; Kim *et al.*, 2019; Liu *et al.*, 2020; Mejía y Solleiro, 2021; Mell y Grance, 2011; Ramírez y Royero, 2019; Ravi y Janodia, 2022; Tejero y León, 2020; Vega-González y Vega-Salinas, 2018; Vega-González y Saniger, 2010; Villa y Jiménez, 2015; Villafaña, 2019; Wang, 2016).

En el marco se integra el proceso de gestión tecnológica basado en la norma mexicana NMX-GT-003. La gestión de proyectos se realiza bajo el enfoque ágil de SCRUM, la evaluación tecnológica se realiza a través de la implementación del TRL y la valuación tecnológica se deja abierta para utilizar cualquiera de los métodos de valuación disponibles, ya que esto dependerá del tipo de tecnología que se desarrolle.

Conclusiones

Al inicio de esta investigación se plantearon dos preguntas de investigación que ayudarían a lograr el objetivo general. A continuación, se exponen las conclusiones derivadas de los hallazgos o resultados encontrados por cada uno de ellos y su contribución al logro del objetivo general.

Pregunta de investigación 1

1. ¿Qué procesos, herramientas, normas y otros elementos se han integrado en los modelos, marcos conceptuales o metodologías existentes para desarrollar tecnologías en las instituciones de educación superior (IES)?

Inicialmente se pudo corroborar lo que menciona Pino *et al.* (2021) respecto a que los modelos de gestión para la investigación e innovación en las IES a nivel internacional todavía se encuentran en construcción, ya que son pocos los ejemplos que se pueden hallar en la literatura sobre este tipo de modelos. En esta investigación sólo se pudieron encontrar once.

Después de realizar el análisis a la información encontrada se pudo identificar que los autores de dichos modelos proponían superar algunas de las brechas de TT identificadas previamente a través de la implementación de los procesos de gestión tecnológica, gestión de proyectos, evaluación y valoración tecnológica, sin embargo, los proponían de manera separada, no integral, con lo que se corrobora el aporte de esta propuesta a la literatura.

Asimismo, después de identificar en la literatura los vacíos que enfrentan las IES hacia la TT, se realizó un análisis para determinar a qué áreas de práctica o de conocimiento se referían y se encontró que coincidían con los procesos a los que se hacía referencia en los modelos previamente revisados. Esto permitió establecer como fundamentales estos procesos y se determinó añadirlos como tales al marco.

Pregunta de investigación 2

2. ¿Cuál debería ser el ciclo de vida que tendrían que seguir los desarrollos tecnológicos en las Instituciones de Educación Superior para llenar de manera sistemática y coherente los vacíos encontrados en la literatura?

El enfoque del marco propuesto describe una a una las etapas propuestas: inicio, planificación, ejecución, seguimiento, control y cierre. En el marco se interrelaciona cada una de ellas mediante la ejecución de cada uno de los procesos propuestos, además, lo hace bajo un enfoque sistémico en el que lo que se produce en cada etapa y subproceso afectará el ciclo de desarrollo y el resultado final. También bajo una perspectiva de desarrollo ágil con el fin de disminuir el tiempo de desarrollo.

En el marco de trabajo, el vacío identificado sobre la gestión tecnológica se aborda a través del modelo del Sistema de Gestión de la Tecnología de la NMX-GT-003, que involucra también el de directrices para la implementación de un proceso de vigilancia tecnológica (GT-004-IMNC-2012) y la propuesta de Múnera (2014) para el desarrollo del mapa de ruta tecnológica que guiará la visión del proyecto. Asimismo, el vacío referente a la gestión de proyectos se aborda a través del marco ágil SCRUM en el que se incluyen las propuestas de gestión de cambios de (Becerril *et al.*, 2017) y gestión de riesgos por Hammad e Inayat (2018). La falta del proceso de evaluación tecnológica se aborda a través de la implementación del TRL (ECD, 2014) y, finalmente, para la falta de procesos relacionados con la valuación de tecnologías se han propuesto métodos cuantitativos, cualitativos e híbridos que pueden ser utilizados de acuerdo con las características de cada desarrollo tecnológico.

La integración de los procesos se determinó en función de lo que se proponía en los modelos sobre gestión de la investigación e innovación en las IES.

Finalmente, el objetivo general de esta investigación fue proponer un marco conceptual que guiara el ciclo de vida de los desarrollos tecnológicos que se generan en las Instituciones de Educación Superior para superar las brechas hacia la Transferencia Tecnológica.

El marco presentado está basado en procesos iterativos edificados en la planificación y la evaluación incremental de las características, la funcionalidad, la madurez y el valor económico de los desarrollos tecnológicos. Con ello se pretende evaluar la factibilidad y viabilidad de seguirlo desarrollando, o bien, su transferencia, y en esto se basa la propuesta de valor del modelo.

A través de esta propuesta se busca incentivar a las IES para propiciar un cambio de paradigma con el fin de enfrentar el enorme reto de producir tecnologías para su transferencia hacia el entorno, por lo que lo hace bajo un enfoque sistémico y que promulga considerar a todos los agentes que puedan incidir en su proceso de generación de conocimiento e innovación con el fin de ampliar el impacto positivo de hacerlo. El modelo también pretende incentivar a las IES a realizar este proceso de manera sistemática, con el fin de lograr una mejora continua en el desarrollo de tecnologías y bajo una perspectiva de planeación estratégica.

Desafortunadamente, se requiere más que sólo operarlo. Tiene requerimientos respecto a cambios de paradigma en las esferas organizacionales más altas de las IES, requiere presupuesto, capacitación y cambios en la estructura organizacional funcional; pero, sobre todo, compromiso de las IES para impulsar la investigación hacia la innovación. Sin embargo, alentar esta propuesta hacia trabajos de investigación futuros, permitirá como primer paso organizar las actividades de desarrollo tecnológico, reconocer su ciclo de vida, evaluar los beneficios de aplicar normas, marcos y modelos para producirlas y cumplir con las expectativas de quienes las necesitan o solicitan. Sin duda, este significativo cambio, proporcionará a quienes lo adopten, una nueva visión respecto a la cadena de valor en el desarrollo de tecnologías.

Referencias

- Adham, K. A., Kasimin, H., Mat Isa, R., Othman, F., y Ahmad, F. (2015). Developing a Framework for a Viable Research University. *Systemic Practice and Action Research*, 28(5), 503-525. <https://doi.org/10.1007/s11213-015-9341-8>
- Agramon, M. J. F., y Lechuga, C. J. I. (2019). Las disposiciones de transferencia de tecnología hacia los investigadores en las principales instituciones de educación superior públicas de producción científica en México. *Innovaciones de negocios*, 16(32), 304-331. <https://doi.org/10.29105/rinn16.32-5>

- Alcántar, J., Hernández, H., y Sánchez, A. (2017). Transferencia y comercialización tecnológica: una experiencia reciente de una OTT grupal de siete centros públicos de I+D. *Gestión de La Innovación Para La Competitividad*, 1-15.
- Alpizar, A., y Dentchev, N. A. (2017). Las barreras a la comercialización de los resultados de la investigación en la relación universidad-empresa. Estudio de caso. *The barriers for commercializing science results in the university-industry relationship. A case study. Santiago*, (145), 204-221. <https://santiago.uo.edu.cu/index.php/stgo/article/view/3435/3057>
- Arciénaga, M. A. A., Nielsen, J., Bacarini, H. A., Martinelli, S. I., Sergio, T. K., y García, D. J. F. (2018). Technology and innovation management in higher education—cases from latin america and europe. *Administrative Sciences*, 8(2), 2-34. <https://doi.org/10.3390/admsci8020011>
- Azizian, N.; Sarkani, S.; y Mazzuchi, T. A. (2019). Comprehensive Review and Analysis of Maturity Assessment Approaches for Improved Decision Support to Achieve Efficient Defense Acquisition. In *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science (WCECS)*, San Francisco, CA, USA, 20-22 October 2009; https://www.iaeng.org/publication/WCECS2009/WCECS2009_pp1150-1157.pdf
- Bayona, S., Bustamante, J., y Saboya, N. (2018). PMBOK as a reference model for academic research management. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 745, 863-876. https://doi.org/10.1007/978-3-319-77703-0_84
- Bazan, C. (2019). "From lab bench to store shelves:" A translational research & development framework for linking university science and engineering research to commercial outcomes. *Journal of Engineering and Technology Management-JET-M*, 53(December 2017), 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2019.05.001>
- Becerra, L. E., Zárate, R. R., y Rodríguez, Q. D. A. (2015). Gestión de la Investigación Universitaria: un escenario académico para la apropiación social del conocimiento. *Revista Internacional de Tecnología, Ciencia y Sociedad*, 4(2), 215-226.
- Becerra, P. (2019). Hacia la construcción de un marco conceptual para las Oficinas de Transferencia Tecnológica Universitarias: exploración de las variables a través de una revisión de la literatura reciente. *Divulgatio. Perfiles académicos de posgrado*, 3(08), 101-121. <https://doi.org/10.48160/25913530di08.85>
- Becerril, L., Heinrich, V., Böhmer, A., Schweigert, S., y Lindemann, U. (2017). Engineering Change Management Within Agile Product Development — A Case Study Engineering Change. In: Chakrabarti, A., Chakrabarti, D. (eds) *Research into Design for Communities*, Volume 1. ICoRD 2017. *Smart Innovation, Systems and Technologies*, vol 65. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-3518-0_56
- Benítez-Abarca, R. P., y Rubio-Toledo, M. A. (2020). Rubio-Toledo, M. A., & Benítez-Abarca, R. P. (2020). Consideraciones estratégicas para optimizar el diseño de la transferencia tecnológica dentro de Instituciones Educativas Superiores. *Legado de Arquitectura y Diseño*, 15(27), 1-14. <https://doi.org/10.36677/legado.v15i27.12600>
- Benítez, M., Fernández, A., Fernández, R. R., y Díaz, J. A. (2018). Fundamentos teóricos para la gestión tecnológica en la relación universidad-empresa en el sector ganadero cubano. *Revista Internacional Del Mundo Económico y Del Derecho*, XIII, 1-18.

- <http://www.revistainternacionaldelmundoeconomicoydelderecho.net/wp-content/uploads/RIMED-Fern%C3%A1ndez-gesti%C3%B3n-tecnol%C3%B3gica.pdf>
- Borba, J. C. R. De, Trabasso, L. G., Pessôa, M. V. P., Carlos, J., Trabasso, L. G., P, M. V., Borba, J. C. R. De, Trabasso, L. G., y Pessôa, M. V. P. (2019). Agile Management in Product Development. *Research-Technology Management*, 62(5), 63-67. <https://doi.org/10.1080/08956308.2019.1638488>
- Calderón-Martínez, M. G., Jasso-Villazul, S. J., y Vargas-Torres, A. (2016). Innovación y colaboración universidad-empresa en la industria biofarmacéutica en México. En, C. Garrido-Noguera y D. García-Perez-de-Lema. (Coords.). Vinculación de las universidades con los sectores productivos. *Casos en Iberoamérica*, vol. 2-Cap. 39, (pp. 125-147). Ciudad de México, México: UDUAL y la REDUE-ALCUE. <http://faedpyme.upct.es/sites/default/files/article/56/vol02cap39.pdf>
- CamBioTec, A. C. (2016). Chacon, *Manual de Gestión Tecnológica*. <https://cambiotec.org.mx/manualdegestiontecnologica/>
- Cárdenas, S. L. J., Jaime, A. M. A., y Arellano, A. J. F. (2016). Análisis de metodologías de valoración de tecnología propuestas en la literatura científica. en *Congreso Internacional de Gestión Tecnológica y de La Innovación* (pp. 1-15). https://www.researchgate.net/profile/Leidy-Cardenas-Solano/publication/311451260_ANALISIS_DE_METODOLOGIAS_DE_VALORACION_DE_TECNOLOGIA_PROPUESTAS_EN_LA_LITERATURA_CIENTIFICA/links/5846ca1908aeda6968226e4c/ANALISIS-DE-METODOLOGIAS-DE-VALORACION-DE-TECNOLOGIA-PROPUESTAS-EN-LA-LITERATURA-CIENTIFICA.pdf
- Codner, D. G. (2017). Elementos para el diseño de políticas de transferencia tecnológica en universidades. *5to Congreso Internacional de Red Universidad Empresa-AICUE*, 23, 12. <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/842>
- Conahcyt. (2024). *Guía de diagnóstico de nivel de maduración tecnológica*. https://conahcyt.mx/wp-content/uploads/sni/marco_legal/criterios/Anexo_Nivel_de_Madurez_Tecnologica.pdf
- Conesa, F. (2017). Evaluación y valoración de tecnologías. *Universitat Politècnica de València*. <https://www.riacevents.org/HUB/assets/evaluacion-y-valoracion-de-tecnolog%C3%ADas-mejico-2017.pptx.pdf>
- Cruz Nova, A. (2016). Innovación de Base Científica-Tecnológica desde las Universidades de Iberoamérica. *Journal of Technology Management & Innovation*, 11(4), 1-4. <https://doi.org/10.4067/S0718-27242016000400001>
- De Moortel, K., y Crispeels, T. (2018). International university-university technology transfer: Strategic management framework. *Technological Forecasting and Social Change*, 135(February 2017), 145-155. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.05.002>
- De Ossa, M. T., Londoño, J. E., y Valencia-Arias, A. (2018). Modelo de Transferencia Tecnológica desde la Ingeniería Biomédica: un estudio de caso. *Información Tecnológica*, 29(1), 83-90. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642018000100083>
- Del Sagrado, J., Del Águila, I. M., y Bosch, A. (2018). Expansión cuantitativa del método MoSCoW para la priorización de requisitos. *XXIII Jornadas de Ingeniería del Software*

- y *Bases de Datos (JISBD 2018)* Published by SISTEDES. <http://hdl.handle.net/10835/6110>
- Eaton, E. (2019). A Lightweight Approach to Academic Research Group Management Using Online Tools: Spend More Time on Research and Less on Management. En *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 33(1), 9644-9647. <https://doi.org/10.1609/aaai.v33i01.33019644>
- ECD. (2014). Technology Readiness Assessment Guide. HORIZON 2020 - WORK PROGRAMME 2014-2015 General Annexes; European Commission Decision.
- Espiella, R. D. L., y Restrepo, C. G. (2020). Teoría fundamentada. *Revista colombiana de psiquiatría*, 49(2), 127-133.
- Frías, R. A. C., (2019, 1 diciembre). Modelo de Transferencia Tecnológica y de Conocimiento desde la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. <http://hdl.handle.net/20.500.11961/5583>
- Garnica, E. E., y Franco, C. J. Al. (2020). Gestión de la innovación en las instituciones de educación superior. *SIGNOS-Investigación En Sistemas de Gestión*, 13(1), 1-14. <https://www.redalyc.org/journal/5604/560468679002/html/>
- Gasca, J. (2017). Gestión Ágil de proyectos de innovación.
- Gbadegeshin, S. A., Natsheh, A. Al, Ghafel, K., Mohammed, O., Koskela, A., Rimpiläinen, A., Tikkanen, J., y Kuoppala, A. (2022). Overcoming The Valley of Death: A New Model for High Technology Startups. *Sustainable Futures*, 4(100077).
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., y Evans, S. (2017). The Cambridge Business Model Innovation Process. *Procedia Manufacturing*, 8, 262-269. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.02.033>
- Gil, A. M., y Zubillaga, F. J. (2006). Los ciclos de vida de las tecnologías y la evolución de sistemas. La existencia de factores limitantes en la innovación. *X Congreso de Ingeniería de Organización*, 1-10. http://adingor.es/congresos/web/uploads/cio/cio2006/innovacion_emprender/000024_final.pdf
- Guertler, M. R., Kriz, A., y Sick, N. (2020). Encouraging and enabling action research in innovation management. *R&D Management*, 50(3), 380-395. <https://doi.org/10.1111/radm.12413>
- Hammad, M., e Inayat, I. (2018). Integrating Risk Management in Scrum Framework. *2018 International Conference on Frontiers of Information Technology (FIT)*, 158-163. <https://doi.org/10.1109/FIT.2018.00035>
- Hernández, R. S., Fernández, C. C., y Baptista, P. L. (2014). *Metodología de la investigación* (M. G. Hill (ed.); Segunda ed.
- Hidalgo, E. S., y Morell, M. F. (2019). Co-designed strategic planning and agile project management in academia: case study of an action research group. *Palgrave Communications*, 5(1), 1-13. <https://doi.org/10.1057/s41599-019-0364-0>
- Hilkevics, S., y Hilkevics, A. (2017). The comparative analysis of technology transfer models. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 4(4), 540-558. [https://doi.org/10.9770/jesi.2017.4.4\(11\)](https://doi.org/10.9770/jesi.2017.4.4(11))
- IMNC. (2008). Manual de Gestión Tecnológica para PyMES Mexicanas Principales elementos de la Norma Mexicana NMX-GT-003- IMNC-2008. *In Norma Mexicana NMX-*

- GT-003- IMNC-2008 (p. 2014). <https://platiica.economia.gob.mx/normalizacion/nmx-gt-003-imnc-2008/>
- Jiménez-Medina, E., Yepes-Callejas, R., Rojas-Arenas, I. D., Arenas-Betancur, J. F., y Giraldo-Builes, J. (2021). Vista de Factores involucrados en el valle de la muerte de la I+D+i_ aproximación de casos polares. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 90, 65-84. <https://doi.org/10.21158/01208160.n90.2021.2980>
- Jiménez-Navia, B., Villa-Enciso, E. M., y Bermúdez-Hernández, J. (2020). La gestión de la tecnología y la innovación en el sector defensa: resultados desde un análisis bibliométrico. *Revista Virtual Universidad Católica Del Norte*, 5821(59), 45-70. <https://doi.org/10.35575/rvucn.n59a4>
- Jiménez, C. N. (2015). Propuesta para la valoración tecnológica desde la perspectiva de la Síntesis Evolutiva Moderna. *Unal.edu.co*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/57105>
- Jiménez, C. N., y Castellanos, O. (2013). El valor de la tecnología: Enfoques novedosos para su determinación. *Journal of Technology Management and Innovation*, 8(SPL. ISS.2), 92-103. <https://doi.org/10.4067/S0718-27242013000300008>
- Jiménez González, S., Díez Ochoa, S., Arango Alzate, B., y Hernández Zarta, R. (2017). Vigilancia tecnológica de las curvas en S y ciclo de vida de las tecnologías. *Revista Espacios*, 38, 36. <http://www.revistaespacios.com/a17v38n44/a17v38n44p36.pdf>
- Jiménez Hernández, C. N., García Vergara, M. E., y Castellanos Domínguez, O. F. (2018). Technological valuation Management in plastic packaging companies in Bogotá, Colombia. *Cuadernos de Administración*, 33(59), 32. <https://doi.org/10.25100/cdea.v33i59.4476>
- Kim, Y., Ahn, J. M., Kwon, O., y Lee, C. (2019). Valuation of University-Originated Technologies: A Predictive Analytics Approach. *IEEE Transactions on Engineering Management*, PP, 1-13. <https://doi.org/10.1109/TEM.2019.2938182>
- König, B., Diehl, K., Tscherning, K., y Helming, K. (2013). A framework for structuring interdisciplinary research management. *Research Policy*, 42(1), 261-272. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.05.006>
- Kowang, T. O., Long, C. S., y Rasli, A. (2015). Innovation management and performance framework for research university in Malaysia. *International Education Studies*, 8(6), 32-45. <https://doi.org/10.5539/ies.v8n6p32>
- Lagrost, C., Martin, D., y Dubois, C. (2010). Intellectual property valuation: how to approach the selection of an appropriate valuation method. *Journal of Intellectual Capital*, 11(4), 481-503. <https://doi.org/10.1108/14691931011085641>
- Lemos, J. C., y Chagas, M. F. (2016). Application of maturity assessment tools in the innovation process: converting system's emergent properties into technological knowledge. *RAI Revista de Administração e Inovação*, 13(2), 145-153. <https://doi.org/10.1016/j.rai.2015.08.001>
- Lima, A. S., Ovando, C., Olivera, P. E., y Rodríguez, L. M. Á. (2020). Desempeño de una Oficina de Transferencia de Tecnología en el contexto de gestión de patentes: Estudio de caso de la OTT de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. *Nova Scientia*, 12(24). <https://novascientia.lasallebajio.edu.mx/ojs/index.php/Nova/article/view/2193/871>

- Liu, H. Y., Subramanian, A. M., y Hang, C. C. (2020). Marrying the Best of Both Worlds: An Integrated Framework for Matching Technology Transfer Sources and Recipients. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 67(1), 70-80. <https://doi.org/10.1109/TEM.2018.2858812>
- Londoño-Gallego, J. A., Velásquez Restrepo, S. M., Villa Rodríguez, M. E., Franco Cuartas, F. D. J., y Viana-Rúa, N. E. (2018). Identificación de tipos, modelos y mecanismos de transferencia tecnológica que apalancan la innovación. *Revista CINTEX*, 23(2), 13-23. <https://doi.org/10.33131/24222208.314>
- Martínez, D. M., García, R. I., González, P. M., Castillo, A. G., y Triana, V. Y. (2018). Metodología de gestión de la propiedad intelectual en los proyectos de ciencia, tecnología e innovación. *Revista de Ciencias Médicas de Pinar Del Río*, 22(6), 1090-1102. <http://scielo.sld.cu/pdf/rpr/v22n6/1561-3194-rpr-22-06-91.pdf>
- McConkie, E., Mazzuchi, T. A., Sarkani, S., y Marchette, D. (2013). Mathematical Properties of System Readiness Levels. *Systems Engineers*, 16(4), 391-399. <https://doi.org/10.1002/sys>
- Medellín Cabrera, E. A., y Arellano Arellano, A. (2019). Dificultades de la valoración de tecnologías en el ámbito universitario. *Contaduría y Administración*, 64(1), 68. <https://doi.org/10.22201/fca.24488410e.2019.1811>
- Mejía, C. A. O., y Solleiro, R. J. L. (2021). *Distribución regional de empresas innovadoras: el caso de las ganadoras del Premio Nacional de Tecnología e Innovación (PNTi)*. En: Rózga Luter, R. E., Serrano Oswald, S. E. y Mota Flores, V. E. [Coords.]. *Innovación, turismo y perspectiva de género en el desarrollo regional*. (Vol. V). Edit. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Económicas y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional. (Colección: Recuperación transformadora de los territorios con equidad y sostenibilidad), Ciudad de México: ru.iiec.unam.mx/5594/
- Mell, P., y Grance, T. (2011). The NIST Definition of Cloud Computing *Recommendations of the National Institute of Standards and Technology*. <https://cloudinfosec.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/05/the-nist-definition-of-cloud-computing.pdf>
- Meza, P., y Delzo, Y. (2017). *Negociación en la transferencia tecnológica* (Issue May). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11829.88801>
- Morales, R. M. E., Plata, P. P. A., y Fandiño, C. F. A. (2014). La importancia del perfil de los actores en la transferencia de conocimiento en casos de propiedad intelectual universitaria. *Revista Ciencias Estratégicas*, 22(31), 139-155. <https://www.redalyc.org/pdf/1513/151332653009.pdf>
- Munari, F., Sobrero, M., y Toschi, L. (2017). Financing technology transfer: Assessment of university-oriented proof-of-concept programmes. *Technology Analysis and Strategic Management*, 29(2), 233-246. <https://doi.org/10.1080/09537325.2016.1241874>
- Múnera, D. D. (2014). Entregable Final Trabajo de Grado Proceso para la Elaboración de Mapas de Rutas Tecnológicas en el Área de Investigación y Desarrollo de la Em-

- presa Argos. *Universidad EAFIT, Escuela de Administración*. <http://hdl.handle.net/10784/5112>
- Naderibeni, N., y Radovic, M. M. (2020). Providing an entrepreneurial research framework in an entrepreneurial university. *International Review*, 1(2), 43-56. <http://www.international-review.com/index.php/ir/article/download/17/16#page=44>
- Nguyen, H. T. L., y Meek, V. L. (2016). Key Problems in Organizing and Structuring University Research in Vietnam: The Lack of an Effective Research "Behaviour Formalization" System. *Minerva*, 54(1), 45-73. <https://doi.org/10.1007/s11024-016-9289-6>
- Novela, S., Syarief, R. I. F., y Arkeman, Y. (2021). Building Institutional model of entrepreneurial university. *International Journal of Management (IJM)*, 12(1), 517-527. https://www.academia.edu/download/66098533/IJM_12_01_046.pdf
- Nuñez, J. J., y Montalvo, A. L. F. (2015). La política de ciencia, tecnología e innovación en Cuba y el papel de las universidades. *Revista Cubana de Educación Superior*, 34(1), 29-436. <http://scielo.sld.cu/pdf/rces/v34n1/rces03115.pdf>
- Ortiz-Cantú, S., Pedroza-Zapata, A. R., y Samaniego-Alcantara. (2013). Análisis exploratorio del sistema de gestión de la tecnología, según la norma mexicana NMX-GT-003-IMNC. October, 27-31. <http://rei.iteso.mx/handle/11117/2146>
- Oylumlu, İ. S., Villani, E., y Reyes, C. (2017). Critical assessment of entrepreneurial and innovative universities index of Turkey: *Future directions. Technological Forecasting and Social Change*, 123, 161-168. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.09.008>
- Özkan, D., y Mishra, A. (2019). Agile Project Management Tools: A Brief Comparative View. *Cybernetics and Information*, 19(4), 17-25. <https://doi.org/10.2478/cait-2019-0033>
- Palacio, J. (2015). Scrum Manager I. In *Scrum Manager* (Vol. 2). https://www.scrum-manager.com/files/scrum_i.pdf
- Parakhina, V., Godina, O., Boris, O., y Ushvitsky, L. (2017). Strategic management in universities as a factor of their global competitiveness. *International Journal of Educational Management*, 31(1), 62-75. <https://doi.org/10.1108/IJEM-03-2016-0053>
- Pérez-Hernández, P., y Calderón-Martínez, G. (2014) Análisis de los Procesos de Comercialización de Tecnología en Dos Instituciones de Educación Superior Mexicanas Analysis of the Technology Commercialization Process in Two Mexican Higher Education Institutions. *Journal of Technology Management & Innovation*, 9(3), 196-209. <https://www.jotmi.org/index.php/GT/article/download/1556/931/3293>
- Pérez Cruz, O. A. (2019). Innovación y transferencia de tecnología en México. Un análisis empírico de datos panel. *RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación y El Desarrollo Educativo*, 10(19). <https://doi.org/10.23913/ride.v10i19.503>
- Pino, R. N. E., Giraldo, M. L. M., Londoño, M. E. M., Bedoya Villa, M. A., y Joyanes, A. L. (2021). Modelos de Gestión de la Investigación y Extensión en las Instituciones de Educación Superior y su impacto en el Desarrollo regional: Una revisión sistemática de la literatura Research and Extension Management Models in Higher Education Institutions and t. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, 07, 101-116. <https://www.proquest.com/openview/f1aeabb9852782955caeb18ddf0b9d-d5/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1006393>

- Ponce Jaramillo, I. E., y Güemes Castorena, D. (2016). Identification of key factors of academia in the process of linking in the triple helix of innovation model in Mexico, a state of the art matrix. *Nova Scientia*, 8(16), 246-277. <https://www.scielo.org.mx/pdf/ns/v8n16/2007-0705-ns-8-16-00246.pdf>
- Probert, D., Dissel, M., Farrukh, C., Mortara, L., Thorn, V., y Phaal, R. (2013). The process of making the business case for technology: A sales and marketing perspective for technologists. *Technological Forecasting and Social Change*, 80(6), 1129-1139. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.07.010>
- Project Management Institute. (2017). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK) / *Project Management Institute*. In Sexta Edición (Vol. 1).
- Ramírez, M. R. I., y Royero, O. G. A. (2019). Technology management as factor key to success in private universities. *Telos*, 21(1), 10-32. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99357718023>
- Ramos, S. G., Castro, S. F., y López, F. A. (2018). Gestión universitaria y gestión de la investigación en la universidad: aproximaciones conceptuales. *Revista Venezolana de Gerencia*, 1, 131-140. <https://biblat.unam.mx/hevila/Revistavenezolanadegerencia/2018/vol23/esp1/7.pdf>
- Ravi, R., y Janodia, M. D. (2022). University-Industry Technology Transfer in India: a Plausible Model Based on Success Stories from the USA, Japan, and Israel. *Journal of the Knowledge Economy*, 1-22. <https://doi.org/10.1007/s13132-022-00908-z>
- Rivas-Echeverría, F. I., Pérez, A. G., Rubio-Gómez, M. J., y Aguilera-Bravo, T. P. (2016). Papel y trascendencia de las universidades en el proceso de transferencia Tecnológica. *Visión Gerencial. Revista Del Centro de Investigaciones y Desarrollo Empresarial CIDE*, 15(2), 375-398. <https://doi.org/10.53766/VIGEREN>
- Rocha, A., y Romero, F. (2012). Technology evaluation practices in universities' technology transfer offices. In *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2012.6837830>
- Schuetzenmeister, F. (2010). University Research Management: An exploratory literature Review. <https://escholarship.org/uc/item/77p3j2hr>
- SCRUMstudy. (2022). FUNDAMENTOS DE SCRUM (Guía del SBOK TM). Cuarta Edición. 389 P. <https://www.scrumstudy.com/sbokguide/download-free-buy-sbok>
- Solange, S. N., y Silva, C. L. da. (2018). Process of technology transfer for public research institutions: a proposal to Embrapa and the poultry production chain. *Organizações Rurais & Agroindustriais*, 20(1), 15-29. <https://doi.org/10.21714/2238-68902018v20n1p15>
- Solleiro, J. L., y Castañón, R. (2016). *Gestión tecnológica: conceptos y prácticas*. 2da Edición. Plaza y Valdés Editores, México. 410 p.
- Solleiro, J., y González, J. (2016). *Capital humano para las OTT: Sugerencias y recomendaciones*.
- Tejero, A., y León, G. (2020). Applying Rigor to Agile Research and Innovation Projects Guided by Product Development. <https://doi.org/10.31235/osf.io/q6nvx>
- Terán, A. B., Dávila, G. A., y Castañón, R. I. (2019). Gestión de la tecnología e innovación:

- un modelo de redes bayesianas. *Economía Teoría y Práctica*, 50, 63-100. <https://doi.org/10.24275/ETYP/AM/NE/502019/Teran>
- Toca, A., laçhevici, V., Niñulenco, T., y Rusu, N. (2018). Some aspects of technology transfer. *MATEC Web of Conferences*, 178. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201817808006>
- Torraco, R. J. (2005). Writing integrative literature reviews: Guidelines and examples. *Human resource development review*, 4(3), 356-367. <https://doi.org/10.1177/1534484305278283>
- Varela, T. V., y Sutton, L. H. (2021). La codificación y categorización en la teoría fundamentada, un método para el análisis de los datos cualitativos. *Investigación en educación médica*, 10(40), 97-104. <https://doi.org/10.22201/fm.20075057e.2021.40.21367>
- Vega-González, L. R., y Vega-Salinas, R. M. (2018). Overview Case Analysis Applied to Evaluate Technology Transfer Projects of a Mexican Public University. *Journal of Technology Management & Innovation*, 13(3), 90-103. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27242018000300090>
- Vega-González y Saniger, B. (2010). Valuation methodology for technology developed at academic R&D groups. *Journal of Applied Research and Technology*, 8(1), 26-43. <https://www.scielo.org.mx/pdf/jart/v8n1/v8n1a2.pdf>
- Vega, L. (2009). El proceso de desarrollo de productos tecnológicos entre las universidades y las MIPYMES mexicanas: Una carrera de obstáculos. *Journal of Technology Management and Innovation*, 4(4), 120-129. <https://doi.org/10.4067/S0718-27242009000400010>
- Villa, E., y Jiménez, H. C. N. (2015). Gestión de tecnologías emergentes en universidades: resultados preliminares de investigación. <https://www.researchgate.net/publication/280318135>
- Villafaña, D. G. (2019). Diseño del método de evaluación tecnológica y comercial de patentes. *Universidad Autónoma del Estado de Morelos*. <http://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/541>
- Wang, M.Y. (2016). The Valuation methods and applications for academic technologies in taiwan. *PICMET '16: Technology Management for Social Innovation*, 1320-1327. <https://doi.org/10.1109/PICMET.2016.7806739>
- WEF. (2023). 12.04 University-industry collaboration in R&D. http://reports.weforum.org/pdf/gci-2017-2023-scorecard/WEF_GCI_2017_2023_Scorecard_EOSQ072.pdf
- Xiao, Y., y Watson, M. (2019). Guidance on conducting a systematic literature review. *Journal of planning education and research*, 39(1), 93-112. <https://doi.org/10.1177/0739456X17723971>
- Yeverino, J. J. A., y Álvarez, T. A. (2019). Determinantes de la Transferencia de Tecnología Universitaria en México. Un Enfoque desde la Teoría de los Recursos y Capacidades Rbv. *Realidad Económica*, 24(61), 81-122

7. Estrategias para combatir la contaminación ambiental y el cambio climático

RAMIRO CADENA URIBE*

GABRIEL DE LAS NIEVES SÁNCHEZ GUERRERO**

HERIBERTO NICCOLAS MORALES***

Resumen

La falta de una política global mundial, capaz de establecer las estrategias generales, de manera responsable y con autoridad, para controlar la contaminación del aire, agua y suelo, así como el control de pruebas que afecten los ecosistemas, ha sido la causa fundamental de un crecimiento desarrollista en el que prevalece el beneficio económico a corto plazo.

Entre las acciones que han degradado paulatinamente al planeta se encuentran: operación de sistemas de producción sin control de sus desechos sólidos, líquidos y gaseosos; el consumo de energía primaria basado en la quema de hidrocarburos, con la consecuente emisión de bióxido de carbono; la explotación irracional del capital natural; y la realización de pruebas nucleares, químicas y biológicas para la destrucción. Esto se refleja en los desajustes de la naturaleza que propicia fenómenos que ponen en riesgo a la humanidad, cambios en los climas naturales que afectan el hábitat del reino vegetal y animal, huracanes, tornados y movimientos telúricos oscilatorios y trepidatorios.

* Maestro en Estudios de Población, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4745-6198>

** Doctor en Ingeniería (Ingeniería de Sistemas) y Maestro en Ingeniería (Planeación), Universidad Nacional Autónoma de México, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-3471-2597>

*** Doctor en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México. Maestro en Ingeniería (Planeación), Universidad Nacional Autónoma de México, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6402-121X>

El presente trabajo tiene como objetivo analizar la situación actual del medio ambiente, las causas de su degradación, así como visualizar posibles tendencias y consecuencias. La metodología de investigación utilizada contempló la revisión de informes de organismos internacionales y estudios previos que tratan la situación ambiental actual y sus causas considerando factores socioeconómicos y políticos; la recopilación de datos cuantitativos y cualitativos, y el uso del diagrama de causa-efecto como herramienta de análisis multicausal. Se proponen posibles estrategias para detener, reducir y controlar esta problemática.

Palabras clave: *estrategia, crisis ambiental, salud, desarrollo sostenible, diagrama causa-efecto.*

Introducción

La determinación de las estrategias para detener la contaminación ambiental y el cambio climático deben considerar una investigación histórica para conocer los antecedentes y las causas de la situación actual, comprenderla, conocer su estructura y naturaleza, así como sus causas y consecuencias a corto, mediano y largo plazo.

El objetivo de este trabajo es diseñar estrategias, que sirvan como propuestas y punto de partida, para combatir la contaminación ambiental y que ayuden a reducir el cambio climático, mediante el análisis de las causas para poder establecer las posibles rutas de acción a corto, mediano y largo plazo en beneficio de la humanidad. El trabajo de análisis que sirve de base para el diseño de las estrategias se realizó con apoyo del diagrama causa-efecto.

Inicialmente se plantea un panorama internacional del grado de contaminación ambiental y de los efectos en el cambio climático, y se analiza su relación con determinados fenómenos meteorológicos que afectan a la humanidad. Asimismo, se analiza la situación nacional en lo particular para considerar la magnitud del problema y los daños que ha causado a la población. A partir de los datos investigados y la información generada se aportan posibles estrategias para combatir, reducir y eliminar el problema, hasta el punto de su control total y eliminación. Finalmente, se exponen las con-

clusiones de la investigación realizada con un panorama respecto a las estrategias que pudieran contribuir a vivir en armonía con la naturaleza y con el desarrollo.

Antecedentes

Desde sus inicios la Tierra ha tenido cambios climáticos como parte de una transformación permanente durante siglos y hasta nuestros tiempos. En la actualidad estos fenómenos o cambios graduales continúan teniendo lugar, aún cuando estos no siempre permitieron la vida de los reinos vegetales y animales o de la humanidad (Universidad de Burgos, 2020). Algunos ejemplos son los cambios en las trayectorias orbitales en torno al sol, la inclinación de eje terráqueo, la restructuración de las placas tectónicas, la modificación de masas continentales, el vulcanismo o la caída de asteroides.

La variabilidad natural dentro del mismo sistema climático no provoca cambios en el balance radiactivo de la atmósfera. Más bien, es el resultado de la interacción dinámica entre la atmósfera y el océano en escalas temporales de años a décadas. Los fenómenos más conocidos de esta variabilidad interna son la circulación termohalina y ENSO, el *Niño*. Los años en los que se produce el *Niño* corresponden con temperaturas globales por encima de la media. La dinámica que afecta el clima incluye la orogénesis o formación de montañas, la tectónica de placas, el vulcanismo y los cambios biológicos a largo plazo, como la evolución de las plantas terrestres. La tectónica de placas, junto a la erosión, puede contribuir, mediante el ciclo geoquímico carbonato-silicato, a la absorción de CO₂, disminuyendo la cantidad de gases de efecto invernadero y la temperatura global. El vulcanismo masivo y constante regresa a la atmósfera el dióxido de carbono secuestrado en el manto por los procesos de subducción. Estos procesos actúan en periodos geológicos que van de decenas de miles a varios millones de años.

Marco teórico

Capital natural. Es el inventario de recursos naturales renovables y no renovables que tiene una región determinada, un estado o un país, como plantas, animales, aire, agua, suelo, minerales e hidrocarburos que, combinados, proveen beneficios a la población. Son el capital de la naturaleza.

Medio ambiente. Es el conjunto de todos los componentes vivos y los abióticos que rodean a un organismo o un grupo de organismos. Comprende componentes físicos como aire, temperatura, relieve, suelos y cuerpos de agua, así como componentes vivos, plantas, animales y microorganismos.

Ecosistemas. Son los elementos incluidos en el medio ambiente, son parte de un sistema de procesos que los relaciona entre sí para un objetivo. Son un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y microorganismos y el medio ambiente no viviente interactuando como una unidad funcional. Los seres humanos son una parte integral de los ecosistemas.

Clima. Son las condiciones meteorológicas medias que caracterizan a un lugar o una región determinada. Es una medida del tiempo atmosférico, a partir de estadísticas de largo plazo, con base en un sistema base de referencia. Los elementos meteorológicos que hay que tomar en cuenta son la temperatura, la presión, el viento, la humedad y la precipitación.

Medio ambiente construido. Son los elementos y los procesos realizados por el ser humano para recuperar las propiedades, la naturaleza y la estructura del medio ambiente. Son todos los factores externos, las condiciones y las influencias que afectan a un organismo o a una comunidad, factores propios como el vulcanismo o el impacto de meteoritos.

Impactos humanos sobre los ecosistemas. La industrialización, el crecimiento demográfico, y la gestión no sostenible de los recursos naturales han debilitado muchos ecosistemas, en algunos casos más allá de los límites de su reparación. No obstante, los ecosistemas dañados pueden ser rehabilitados, pues existen alternativas para atender las necesidades humanas de recursos sin destruir los ecosistemas que los proveen. Restaurar un ecosistema requiere un tiempo mayor que para degradarlo, ya que una vez que la capacidad de carga de un ecosistema se ha visto superada, puede tomar generaciones para regenerarse. En algunos casos es irreversible.

Cambio climático. Es la variación del estado del sistema climático terrestre conformado por la atmósfera, la hidrósfera, la criósfera, la litósfera y la biósfera, que perdura durante periodos muy largos hasta alcanzar un nuevo equilibrio. Afecta tanto a los valores medios meteorológicos como a su variabilidad.

Forzamientos climáticos. Son factores que inciden en el balance de energía del sistema climático, que hace variar la cantidad de energía que el sistema recibe del Sol o la cantidad de energía que el sistema pierde por emisión desde la Tierra al espacio exterior. Estos factores son: la cantidad de la radiación solar en lo alto de la atmósfera, es decir, la constante solar, el albedo terrestre, la concentración de gases de efecto invernadero y la concentración de aerosoles tanto de procedencia natural como los que se originan por erupciones volcánicas.

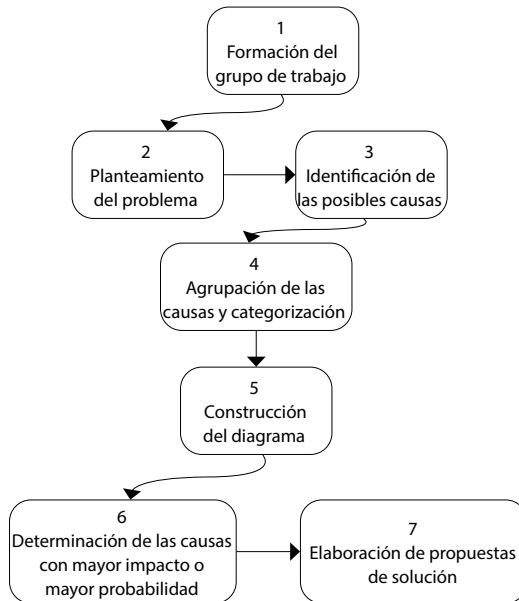
Metodología

Se parte de una investigación histórica del origen de la contaminación ambiental, su proceso y evolución desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo. Para este estudio se realizó un análisis documental utilizando fuentes secundarias de información tales como reportes e informes de organizaciones y entidades nacionales e internacionales que han abordado el problema de la contaminación ambiental y el cambio climático y las graves consecuencias que traen consigo para la humanidad y el planeta. A partir del análisis de la información se determinaron los impactos que han tenido las actividades de los seres humanos sobre el cambio climático detectado. Posteriormente se elaboró un diagrama que agrupa en categorías las diferentes causas y efectos identificados.

El diagrama causa-efecto, también conocido como diagrama de Ishikawa o diagrama de espina de pescado, es una herramienta visual que ayuda a identificar, organizar y analizar las posibles causas de un problema, así como los efectos que se generan. Esta técnica es ampliamente utilizada en procesos de mejora continua y resolución de problemas, ya que facilita encontrar las raíces del problema para implementar soluciones efectivas. La técnica es esencialmente una extensión del proceso de "caja negra" (Sánchez, 2016).

Consiste en colocar en un rectángulo (caja) el problema por analizar. Del lado izquierdo se colocan las principales causas (entradas) y, del lado derecho, los principales efectos (salidas) que derivan del problema. Debido a esto consideramos que puede ser una herramienta útil y valiosa para analizar problemas complejos como el cambio climático y la contaminación ambiental. La técnica consta de tres etapas: la construcción del diagrama, pasos 1 al 5; la identificación de las causas y/o efectos más probables, paso 6 y la generación de posibles soluciones, paso 7. La metodología se muestra en forma esquemática en la Figura 1.

Figura 1. Procedimiento para realizar un análisis causa-efecto (Sánchez, 2003)



Finalmente, se hace la interpretación de resultados para visualizar posibles tendencias y poder proponer posibles estrategias encaminadas a encarar y controlar el problema.

Desarrollo

Situación internacional de la contaminación ambiental y el cambio climático

El clima es un promedio del tiempo atmosférico a una escala de tiempo dado que la Organización Meteorológica Mundial ha estandarizado en 30 años. Los distintos climas se corresponden principalmente con la latitud geográfica, la altitud, la distancia al mar, la orientación del relieve terrestre con respecto a la insolación (vertientes de solana y umbría) y a la dirección de los vientos (vertientes de sotavento y barlovento) y, por último, las corrientes marinas (Organización Meteorológica Mundial, 2017). Estos factores y sus variaciones en el tiempo producen cambios en los principales elementos constituyentes del clima: temperatura atmosférica, presión atmosférica, vientos, humedad y precipitaciones (Organización de las Naciones Unidas, 2023a)). Los climas están en función de la latitud geográfica, la altitud, la distancia al mar, la orientación del relieve terrestre con respecto a la insolación o vertientes de solana y umbría y a la dirección de los vientos, es decir, vertientes de sotavento y barlovento y, de las corrientes marinas. Estos factores producen cambios en los principales elementos constituyentes del clima: temperatura atmosférica, presión atmosférica, vientos, humedad y precipitaciones. Las corrientes oceánicas, o marinas, son factores reguladores del clima que actúan como moderador, suavizando las temperaturas de regiones (Bindoff, Stott, AchutaRao, Allen, Gillett, Gutzler, Hansingo, Hegerl, Hu, Jain, Mokhov, Overland, Perlwitz, Sebbari y Zhang, 2013).

Para que se produzca un cambio climático global debe haber algún forzamiento climático, es decir, algo que afecte el balance de energía del sistema climático, modificando la cantidad de energía que el sistema recibe del Sol o la cantidad de energía que el sistema pierde por emisión desde la Tierra al espacio exterior. Los forzamientos pueden ser las variaciones en los parámetros orbitales de la Tierra, del albedo terrestre, la concentración de gases de efecto invernadero, la concentración de aerosoles de procedencia natural, como los que proceden de erupciones volcánicas o los de origen antropogénico que son el resultado de actividades humanas.

El cambio climático actual es totalmente antropogénico y se relaciona con la intensificación del efecto invernadero debido a las emisiones industriales procedentes de la quema de combustibles fósiles. Las contribuciones probables de los forzamientos naturales y la variabilidad interna al cambio de la temperatura global desde 1951 son mínimas. Las principales causales del cambio del clima y la contaminación en el planeta Tierra se describen a continuación:

La generación de energía

Producir la electricidad y calor mediante combustibles fósiles crea gran cantidad de emisiones globales. La mayoría de la electricidad se genera todavía con la combustión de carbón o gas, produciendo dióxido de carbono y óxido nitroso, que son gases de efecto invernadero que cubren el planeta y atrapan el calor proveniente del sol. Más de un cuarto de la electricidad proviene de fuentes de energía renovables eólicas y solares que, al contrario que los combustibles fósiles, emiten poca o ninguna cantidad de gases o contaminantes en el aire (Organización de las Naciones Unidas, 2023a; Organización de las Naciones Unidas, 2024).

Fabricación de productos

La industria produce emisiones, en su mayoría provenientes de la quema de combustibles fósiles para generar energía. La maquinaria utilizada en los procesos de fabricación con frecuencia realizados mediante carbón, petróleo o gas, y con algunos materiales, como los plásticos, están compuestos de sustancias químicas derivadas de los combustibles fósiles. La industria manufacturera es una de las que más contribuyen a las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial (Organización de las Naciones Unidas, 2023a; Organización de las Naciones Unidas, 2024).

Tala de los bosques

La tala de bosques provoca emisiones dado que cuando se talan árboles se libera el carbono que estos han estado almacenando. Cada año se destruyen

más de 12 millones de hectáreas de bosques. Puesto que los bosques absorben el dióxido de carbono, su destrucción limita la capacidad de la naturaleza para mantener estas emisiones fuera de la atmósfera. La deforestación, junto con la agricultura y otros cambios en la utilización de los suelos, es responsable de aproximadamente un cuarto de las emisiones de gases de efecto invernadero (Organización de las Naciones Unidas, 2023a; Organización de las Naciones Unidas, 2024).

Transporte

La mayoría de los medios de transporte funcionan con combustibles fósiles, por lo que el transporte es uno de los sectores que más contribuyen a generar gases de efecto invernadero, especialmente en emisiones de dióxido de carbono. “Los vehículos terrestres son responsables de la mayor parte debido a la combustión de productos derivados del petróleo, como la gasolina, en los motores de combustión interna.” Sin embargo, las emisiones provenientes de barcos y aeronaves impactan crecientemente en la calidad del aire. El transporte es responsable de cerca de un cuarto de las emisiones de dióxido de carbono relacionadas con la energía a nivel global y la tendencia es que continúe este importante aumento del uso de la energía para el transporte durante los próximos años (Organización de las Naciones Unidas, 2023a; Organización de las Naciones Unidas, 2024).

Producción de alimentos

La producción de alimentos provoca emisiones de metano, dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero, de diferentes maneras, en lo que se incluye la deforestación y la roturación de tierras para la agricultura y el pastoreo, la alimentación del ganado bovino y ovino, la producción y el uso de fertilizantes y el abono utilizado para los cultivos, además del uso de la energía que hace funcionar el equipo de las granjas o los barcos pesqueros, que normalmente es con combustibles fósiles. Todo esto hace que la producción de alimentos sea uno de los sectores que más contribuyen al cambio climático. Además, las emisiones de efecto invernadero también provienen del envasado y la distribución de los alimentos (Orga-

nización de las Naciones Unidas, 2023a; Organización de las Naciones Unidas, 2024).

La energía en los edificios

Los edificios residenciales y comerciales consumen más de la mitad de la electricidad total a nivel general. Utilizan carbón, hidrocarburos y gas natural para los sistemas de calefacción y climatización, emitiendo cantidades importantes de gases de efecto invernadero. La creciente demanda de sistemas de calefacción y climatización, aunado al aumento en la adquisición de aparatos de aire acondicionado y el consumo eléctrico por parte de aparatos de iluminación y dispositivos conectados, ha sido causa principal del aumento en las emisiones de dióxido de carbono relacionadas con la energía (Organización de las Naciones Unidas, 2023a; Organización de las Naciones Unidas, 2024).

Consumismo excesivo

En el hogar, el uso de la energía, los desplazamientos, el consumo y el derroche de la misma contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero, incluyendo el consumo de bienes como la ropa, componentes electrónicos y productos fabricados en plástico, pues este estilo de vida impacta en el deterioro del planeta. El 1% de la población mundial con mayor riqueza genera en conjunto genera más emisiones de gases de efecto invernadero que el 50% de la población más pobre (Organización de las Naciones Unidas, 2023a; Organización de las Naciones Unidas, 2024).

Contaminación de aguas

Los derrames de petróleo en los mares, ríos y lagos producen contaminación ambiental que se refleja en daños a la fauna marina, aves, vegetación y el agua. Además, perjudican la pesca y las actividades recreativas de las playas, pues su persistencia y toxicidad continúan teniendo efectos fatales debajo del agua. La mayor contaminación proviene del petróleo industrial y motriz, el aceite quemado que llega hasta los océanos a través de los ríos y drenajes

urbanos. Se estima que en una escala mundial entran 3 500 millones de litros de petróleo usado en los ríos y océanos, y que 5 000 millones de litros de petróleo crudo o de sus derivados son derramados. (EnviroModeling, 2022).

En 2020, el 74% de la población mundial tenía acceso a servicios de agua potable gestionados de forma segura (Organización de las Naciones Unidas, 2023b) y para el año 2022, 2 200 millones de personas seguían careciendo de su acceso, mientras que 3 500 millones de personas tenían servicios de saneamiento insuficiente (Unicef, 2024).

Contaminación del aire

Los desechos agroindustriales son emisiones gaseosas que se dirigen a la atmósfera mediante conversiones químicas de muy diversa naturaleza, entre los que destacan por su toxicidad los anhídridos sulfurosos y sulfúricos. Los óxidos de nitrógeno expulsados en las refinerías ocasionan la alteración, no solo de la atmósfera, sino también de las aguas, la tierra, la vegetación y los animales. Uno de los contaminantes gaseosos más nocivos es el dióxido de azufre, el cual daña los pulmones y otras partes del sistema respiratorio. Es un irritante de los ojos y de la piel, e incluso llega a destruir el esmalte de los dientes.

La fuente de energía radioactiva genera muchos desechos o contaminantes radioactivos provenientes de las reacciones nucleares, de yacimientos de minerales radioactivos, de las plantas donde se refinan o transforman estos minerales y de las generadoras de electricidad que funcionan con materia radiactiva. Todavía no se conoce un método para eliminar estos desechos sin que esto represente un riesgo para la humanidad.

Contaminación acústica

El ruido producido por la industria disminuye la capacidad auditiva de las personas y puede afectar significativamente los sistemas nervioso y circulatorio.

Explotación minera

La minería y el procesamiento de minerales causan efectos negativos en el medio ambiente, afectando el aire, los suelos, las aguas, los cultivos, la flora,

la fauna y la salud humana. Además, tienen un impacto en la economía, afectando áreas como el turismo, el asentamiento de nuevas poblaciones y la inflación, entre otros. Anteriormente, las empresas no estaban obligadas a controlar estos efectos. Gran parte de los costos de limpieza han tenido que ser subsidiados por los contribuyentes y los ciudadanos locales.

Contaminación atmosférica

Es el primer factor ambiental de enfermedades y muertes prematuras en el mundo. Las partículas finas o aerosoles contaminantes, llamados materia particulada fina o PM2.5, son responsables de 6.4 millones de muertes al año, causadas por afecciones como cardiopatías isquémicas, accidentes cerebrovasculares, cáncer de pulmón, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, neumonía, diabetes tipo 2 y trastornos neonatales (Banco Mundial, 2022a). Más del 95% de fallecimientos se producen en países en desarrollo, donde miles de millones de personas están expuestas a concentraciones de PM2.5 en espacios cerrados o abiertos, varias veces más altas que los valores establecidos en las directrices de la Organización Mundial de la Salud (Banco Mundial, 2022a). En el informe del Banco Mundial *The Global Health Cost of PM2.5 Air Pollution*, se estimó que el costo de los daños a la salud causados por la contaminación atmosférica asciende a 8.1 billones de dólares al año, lo que equivale al 6.1% del producto interno bruto (PIB) mundial (Banco Mundial, 2022b).

Las partículas en suspensión de menos de 2.5 micras (PM_{2,5}) son un mejor indicador de la contaminación urbana que las que se utilizaban hasta ahora. Esto se debe a su origen antropogénico en una alta proporción, puesto que en buena medida provienen de las emisiones de los vehículos que utilizan diesel en la ciudad. Los efectos que tienen sobre nuestra salud son muy graves, por su gran capacidad de penetración en las vías respiratorias (Linares, 2007; Linares y Díaz, 2008). La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2010) ha establecido en sus nuevos valores guía la recomendación de utilizar como indicador de la concentración de partículas materiales en el aire los valores de las partículas de diámetro inferior a 2.5 micras, PM_{2.5}, frente a los valores utilizados hasta ahora de las partículas de diámetro inferior a 10 micras, PM₁₀.) (Organización Mundial de la Salud, 2021).

El material particulado respirable presente en la atmósfera de las ciudades en forma sólida o líquida, polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento y polen, entre otras, se clasifica según su tamaño. A las de diámetro aerodinámico igual o inferior a los 10 μm o 10 micrómetros (1 μm es la milésima parte de un milímetro) se les denomina PM10 y a la fracción respirable más pequeña, PM2.5, las cuales están constituidas por las partículas de diámetro aerodinámico inferior o igual a los 2.5 micrómetros, es decir, son 100 veces más delgadas que un cabello humano (Gutiérrez, 2022). El origen de las PM2.5 es de carácter antropogénico, así como las emisiones de los vehículos diesel, mientras que las partículas de mayor tamaño pueden tener en su composición un importante componente de tipo natural, como partículas de polvo procedente de las intrusiones de viento del norte de África, polvo sahariano (Linares, Díaz, Negev, Martínez, Debono y Paz, 2020).

Los efectos de partículas en la salud son enfermedades respiratorias, como la bronquitis, y se han analizado y demostrado sus efectos sobre dolencias de tipo cardiovascular. Este tipo de contaminación, y particularmente las partículas procedentes del tráfico urbano, influye en el incremento en la morbimortalidad de la población expuesta y al creciente desarrollo del asma y alergias entre la población infantil. El tamaño de las PM2.5 hace que sean 100% respirables porque viajan profundamente en los pulmones, penetrando en el aparato respiratorio y depositándose en los alvéolos pulmonares, Pueden llegar al torrente sanguíneo. Están compuestas por elementos que son más tóxicos, como metales pesados y compuestos orgánicos, que los que componen, en general, las partículas más grandes (Linares y Díaz, 2008). Su tamaño hace que sean más ligeras por lo que permanecen más tiempo en el aire, lo que prolonga sus efectos y facilita su transporte por el viento a grandes distancias. Se pueden acumular en el sistema respiratorio y provocan muchos trastornos, como el aumento de las enfermedades respiratorias y la disminución del funcionamiento pulmonar. Los grupos más vulnerables son niños, ancianos y personas con padecimientos respiratorios y cardiacos.

Las herramientas utilizadas en epidemiología para evaluar el efecto de los contaminantes atmosféricos a corto plazo sobre la salud son los estudios de series temporales, los cuales permiten analizar y cuantificar su impacto con base en un indicador de morbilidad como es el número de ingresos

hospitalarios producidos durante un periodo determinado de tiempo. El tipo de relación funcional que existe entre la concentración media diaria de partículas PM_{2.5} y los ingresos por todas las causas es de tipo lineal y sin umbral. A mayor exposición o concentración de partículas mayor es el número de ingresos hospitalarios (Linares y Díaz, 2008).

El efecto por grupos de edad es especialmente mayor en los de mayor edad, mayores de 75 años, y en los menores de 10. Los pobres, los ancianos y los niños pequeños de familias pobres son los más afectados y los que probablemente tengan más dificultades para enfrentar los impactos en la salud de la contaminación atmosférica (Organización Panamericana de la Salud, s.f. ; Banco Mundial, 2022a). Las crisis sanitarias mundiales, como la pandemia de COVID-19, debilitan la resiliencia de las sociedades. La exposición a la contaminación atmosférica genera una mayor incidencia de las hospitalizaciones y la mortalidad vinculadas a la COVID-19 (Félix, Schilman, Hurtado, Texcalac y Riojas, 2020; Banco Mundial, 2022a).

La contaminación atmosférica influye en la pérdida de biodiversidad y ecosistemas y tiene impactos adversos en el capital humano. La reducción de la contaminación atmosférica mejora la salud y fortalece las economías (Banco Mundial, 2022a). A partir de un estudio realizado por el Banco Mundial se encontró que una disminución del 20% en la concentración de PM_{2.5} se asocia con un aumento del 16% en la tasa de crecimiento del empleo y con incremento del 33% en la tasa de productividad laboral (Banco Mundial, 2022a).

Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS), la contaminación del aire ambiental exterior y doméstico son factores de riesgo. La exposición a contaminantes del aire interior puede provocar diversas dolencias, desde afecciones oculares a enfermedades respiratorias y cáncer. La contaminación exterior, por su parte, puede generar accidentes cerebrovasculares (ACV), cardiopatías, cáncer de pulmón e infecciones respiratorias, entre otras (Organización Panamericana de la Salud, s.f.). Estas formas de contaminación atmosférica causaron aproximadamente 7 millones de muertes en todo el mundo en 2012. De ellas, 4.2 millones fueron por la polución del aire en el ambiente y 3.8 millones de muertes por la exposición a la contaminación del aire en interiores debida al humo de hornos a leña (Organización Mundial de la Salud, 2014). En 2019, el 99% de la población mun-

dial habitaba lugares donde no se respetaban las Directrices de la OMS sobre la Calidad del Aire y se estimó de acuerdo a estudios realizados, que los efectos combinados de la contaminación del aire en el ambiente y la del aire doméstico se asociaron a 6.7 millones de muertes prematuras cada año (Organización Mundial de la Salud, 2024a).

Existe una cifra alarmante respecto de la contaminación del aire exterior: casi toda la población mundial (99%) respira niveles insalubres de partículas finas y dióxido de nitrógeno y los habitantes de los países de ingresos bajos y medios son los más vulnerables.

Presencia de plásticos

El plástico es un material versátil y de amplio uso. El crecimiento en el uso de productos de un solo uso fabricados con plástico, que se utilizan y se descartan en un periodo de tiempo muy corto, tiene graves consecuencias ambientales, económicas y sociales. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la dependencia de este material ha provocado una crisis de residuos que afecta a todo el planeta (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, s.f.). El PNUMA también señala que, a nivel mundial, a cada minuto se adquieren un millón de botellas plásticas y se utilizan hasta 5 billones de bolsas de este material. El 36% de todo el plástico fabricado se destina a la producción de empaquetado, y de este porcentaje, alrededor del 85% termina en vertederos o como basura no regulada. El 98% de los productos plásticos de un solo uso provienen de combustibles fósiles vírgenes, lo que añade un impacto en las emisiones de gases de efecto invernadero (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, s.f.).

Uno de los mayores problemas en la lucha contra los residuos plásticos son las colillas de cigarrillos. Son en realidad el desecho plástico de un solo uso más abundante en el planeta, según el PNUMA. Cada año mil millones de personas consumen alrededor de seis billones de cigarrillos (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, s.f.). El proyecto para limpiar las colillas de cigarrillo realizado por el gobierno de Reino Unido, que tuvo más de 500 voluntarios, asegura que, tras la limpieza, “las colillas de cigarrillos fueron los artículos de plástico más numerosos, seguidos de las

tapas de bebidas y los envoltorios de alimentos” (National Geographic, 2024).

El artículo del PNUMA confirma que el principal componente de los filtros de cigarrillo es el acetato de celulosa, un microplástico que, debido a su uso extendido, ha llegado a prácticamente todos los rincones del planeta (National Geographic, 2024). Además de liberar microplásticos capaces de llegar al cuerpo humano, las colillas son difíciles de degradar porque contienen productos químicos que pueden contaminar el suelo y el agua, lo que agrava aún más el problema ambiental (National Geographic, 2024).

Después de las colillas, los desechos plásticos más comunes son: los envoltorios de comida, las botellas desechables, las tapas de botellas, las bolsas de supermercado, los popotes (sorbetes o pitillos) y los mezcladores de líquidos (Stop Ecocidio Internacional, 2017).

Ecocidio

Es el término del derecho referente a la destrucción del medio ambiente. “Cualquier acto ilícito o arbitrario perpetrado a sabiendas de que existe una probabilidad sustancial de que cause daños graves que sean extensos o duraderos al medio ambiente”, lo define Stop Ecocidio Internacional, una organización asesora de expertos fundada en 2017.

En 2021, un grupo de expertos en leyes definió y lo presentó como una nueva categoría de crimen internacional, en un contexto en el que las denuncias judiciales relacionadas con el cambio climático van en aumento. Esa definición fue propuesta oficialmente en 2021 por el Panel de Expertos Independientes para la Definición Jurídica del Ecocidio convocado por la Fundación Stop Ecocidio y busca destacar el papel del derecho internacional en la transformación de la relación con el mundo natural para vivir en armonía. “La grave destrucción y deterioro del medio ambiente pone en grave peligro los sistemas naturales y humanos en todo el mundo” (Stop Ecocidio Internacional, 2017). De ser adoptado por las partes de la Corte Penal Internacional (CPI), el ecocidio se convertiría en la quinta categoría de delitos internacionales, como los crímenes de guerra, los crímenes de lesa humanidad, el genocidio y el crimen de agresión, según el PNUMA.

El Informe mundial sobre litigios climáticos: Revisión Global 2023 reali-

zado por el PNUMA y el Sabin Center for Climate Change Law de la Universidad de Columbia (Estados Unidos) señala que la cantidad de casos judiciales relacionados con el cambio climático ha subido más del doble desde 2017 en todo el mundo, de 884 casos en 2017 a 2 180 en 2022. La mayoría de esas denuncias ocurren en Estados Unidos y el 17% de los casos se registran en países en desarrollo. Crece el acervo de precedentes jurídicos, formando una rama del derecho cada vez mejor definida (Burger y Tigre, 2023). En el mismo informe se plantea que, la mayoría de los litigios climáticos en curso se clasifican en seis categorías:

- Litigios que recurren a los derechos humanos consagrados en el derecho internacional y las constituciones nacionales.
- Desafíos relativos a la no aplicación nacional de las leyes y políticas relativas al clima.
- Demandantes que procuran que los combustibles fósiles permanezcan bajo tierra.
- Litigios relativos a las responsabilidades de las empresas por los daños y perjuicios causados al clima.
- Litigios en los que se aboga por una mayor divulgación de información relativa al clima y poner fin a la ecoimpostura (greenwashing).
- Litigios que denuncian la falta de adaptación a las consecuencias del cambio climático.

Andy Raine, jefe de la Unidad de Derecho Internacional de la División de Derecho del PNUMA en un artículo publicado por esa entidad, concluye: “El derecho a un medio ambiente sin riesgos, limpio, saludable y sostenible está legalmente reconocido en 155 países. Esto es importante, ya que un medio ambiente saludable es parte integral del pleno disfrute de una amplia gama de derechos humanos, incluidos los derechos a la vida, la salud, la alimentación, el agua y el saneamiento” (Raine, 2021).

Cambio climático

Los cambios que han alterado y degradado al medio ambiente traen como consecuencia el cambio climático, el cual implica cambios a largo plazo de

las temperaturas y los patrones climáticos. Estos pueden ser naturales, debido a variaciones en la actividad solar o erupciones volcánicas grandes (NASA, 2024). No obstante, desde el siglo XIX las actividades humanas han sido la principal causa del cambio climático debido a la quema de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas (UNAM, 2024), vinculadas en su mayoría a las revoluciones industriales que ha gestado el Ser Humano y a la generación de los cinco gases de efecto invernadero: dióxido de carbono (CO_2), el óxido nitroso, el metano, los clorofluorocarbonos y el vapor de agua (Universidad Nacional Autónoma de México, 2023; NASA, 2024). Los científicos atribuyen la tendencia del calentamiento global observada desde mediados del siglo XX a la expansión humana del "efecto invernadero", el calentamiento que se produce cuando la atmósfera atrapa el calor que se irradia desde la Tierra hacia el espacio (NASA, 2024).

La Revolución Industrial comprende la etapa de la historia de 1780 a 1850 que se inició en Inglaterra. Durante casi toda la historia de la humanidad la vida se había basado en la agricultura y la ganadería, pero, a finales del siglo XVIII, el inglés James Watt perfeccionó la máquina de vapor (Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades, 2017). Actualmente se considera que se han producido cuatro revoluciones industriales:

- Primera Revolución Industrial: carbón en 1765.
- Segunda Revolución Industrial: gas en 1870.
- Tercera Revolución Industrial: electrónica y nuclear en 1969.
- Cuarta Revolución Industrial: internet y energías renovables en el 2000.

Las cuatro revoluciones industriales han estado profundamente vinculadas con el uso de combustibles fósiles, ya que cada una ha dependido de estos recursos para impulsar sus avances tecnológicos y económicos. La quema de combustibles fósiles, como el carbón, el petróleo y el gas natural, ha sido un factor clave en el desarrollo de la industria moderna, aunque también ha tenido un impacto significativo en el cambio climático y en el medio ambiente.

La quema de combustibles fósiles provoca emisiones de gases de efecto invernadero que actúan como una manta que envuelve a la Tierra, atrapando

el calor del Sol y elevando las temperaturas. Las principales emisiones de gases de efecto invernadero que provocan el cambio climático son el dióxido de carbono y el metano. Estos son el resultado del uso de gasolina de los automóviles o del carbón. El desmonte de tierras y bosques libera dióxido de carbono. La agricultura y las actividades relacionadas con el petróleo y el gas son fuentes de emisiones de metano. La industria, el transporte, la agricultura y el uso del suelo se encuentran entre los principales emisores (Organización de las Naciones Unidas, 2024). La humanidad es responsable del calentamiento global de los últimos 200 años. Los gases de efecto invernadero elevan la temperatura del planeta en la actualidad a un ritmo más acelerado que el que se tuvo en los 2000 años anteriores (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021).

La temperatura media de la Tierra es 1.1 °C más elevada que a finales del siglo XIX, antes de la Revolución Industrial, y más elevada en términos absolutos que en los últimos 100 000 años. La década de 2011 a 2020 fue la más cálida registrada. Cada una de las cuatro décadas más recientes ha sido más caliente que cualquier otra década desde 1850 (Organización de las Naciones Unidas, 2022).

Las consecuencias del cambio climático incluyen, entre otras, sequías intensas, escasez de agua, incendios graves, aumento del nivel del mar, inundaciones, deshielo de los polos, tormentas catastróficas y disminución de la biodiversidad. El cambio climático afecta a la salud, a la capacidad de cultivar alimentos, a la vivienda, a la seguridad y al trabajo. Condiciones como el aumento del nivel del mar y la intrusión de agua salada han avanzado hasta el punto de que comunidades enteras han tenido que reubicarse y las prolongadas sequías están creando un riesgo de hambruna. Se prevé que en el futuro aumente el número de “refugiados climáticos”.

El calentamiento global se produce por la absorción de la energía solar por parte de la Tierra. Consecuencia de la destrucción de la capa de ozono. La Tierra, al calentarse, desprende calor a la atmósfera en forma de rayos infrarrojos. Parte de este calor vuelve a la superficie terrestre y la consecuencia es el recalentamiento global. Esto provoca el aumento del nivel del mar, la erosión, las inundaciones, los riesgos para la infraestructura y el aumento de la acidez de los océanos. El aumento en el nivel del mar afecta a las comunidades costeras, provocando erosión, la intrusión de agua salina, inun-

dación de humedales, contaminación de acuíferos y suelos agrícolas, y representa un mayor riesgo de inundaciones y pérdida del hábitat de peces, aves y plantas. Un ejemplo de esto es la desaparición de islas y el riesgo para lugares habitados que le han ganado espacio al mar, como en los Países Bajos.

Limitar el aumento de la temperatura global a no más de 1.5 °C evitaría los peores impactos climáticos y mantendría un clima habitable, pero, las políticas actuales apuntan a un aumento de la temperatura de 2.8 °C para finales de siglo (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019a).

Las emisiones que provocan el cambio climático proceden de todas partes del mundo y afectan a todos, aunque algunos países generan mucho más que otros. Los mayores emisores son China, Estados Unidos, India, la Unión Europea, Indonesia, Rusia y Brasil. Estos causaron más de la mitad de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial en 2020. Lo peor es que estos países no tienen conciencia del problema ni interés en resolverlo. Sus intereses económicos están por encima de la subsistencia misma del planeta.

Incremento de la temperatura

A medida que se eleva la concentración de gases de efecto invernadero, lo hace la temperatura de la superficie del planeta. De 2011 al 2020, se ha registrado el mayor calentamiento hasta la fecha (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021). Desde los años 80, cada década ha sido más cálida que la anterior. En casi todas las zonas se han producido más olas de calor y días más calurosos. Esto provoca un aumento en las enfermedades relacionadas con el calor y dificulta trabajar en exteriores. Hay incendios incontrolados más frecuentes y se extienden más rápidamente cuando el ambiente es más cálido. Las temperaturas del Ártico se han elevado más del doble de rápido que la media mundial (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021).

Tormentas más fuertes

Las tormentas son cada vez más destructivas, intensas y frecuentes, en y fuera de temporada. “A medida que se elevan las temperaturas se evapora

mayor humedad, lo que causa inundaciones y precipitaciones extremas, provocando más tormentas destructivas.” El calentamiento del océano afecta a la frecuencia y magnitud de las tormentas tropicales. Los ciclones, huracanes y tifones se alimentan de las aguas templadas de la superficie del océano (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019b).

Aumento de las sequías

El cambio climático está modificando la disponibilidad de agua, al hacerla más escasa en más regiones. El calentamiento global genera escasez de agua en regiones secas o no secas y aumenta el riesgo de sequías agrícolas y sequías ecológicas que afectan la vulnerabilidad de los ecosistemas. Las sequías pueden provocar tormentas destructivas de arena y polvo capaces de desplazar miles de millones de toneladas de arena de un continente a otro. Los desiertos se expanden y las tierras aptas para el crecimiento de cultivos se reducen (Organización Mundial de la Salud, 2024b).

Aumento del nivel del océano y calentamiento del agua

El océano absorbe la mayor parte del calor generado por el calentamiento global. Esto ha aumentado considerablemente durante las últimas dos décadas en todas las profundidades. A medida que el océano se calienta, su volumen aumenta porque el agua se dilata. El deshielo de las placas de hielo y los icebergs hace que se eleve el nivel del mar, amenazando a las comunidades litorales e insulares. El océano absorbe dióxido de carbono y evita su acumulación en la atmósfera, pero un mayor contenido de dióxido de carbono hace que el océano se acidifique más, lo que pone en peligro tanto a las especies marinas como a los arrecifes de coral (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019b).

Desaparición de especies

El cambio climático pone en riesgo la supervivencia de las especies terrestres y oceánicas. Debido a la velocidad del cambio climático exacerbado, en el

mundo se extinguen especies a un ritmo 1000 veces mayor que en cualquier otra época de la que se tenga constancia en la historia humana. “Un millón de especies están en riesgo de extinguirse en las próximas décadas. Los incendios forestales, un clima extremo y la invasión de plagas con la aparición de enfermedades, todo esto está entre las amenazas relacionadas con el cambio climático. Algunas especies serán capaces de adaptarse geográficamente, pero otras, no” (Plataforma Intergubernamental sobre Biodiversidad y Servicios de los Ecosistemas, 2019).

Escasez de alimentos

Los cambios en el clima y el aumento de las condiciones meteorológicas extremas causan un aumento global de la desnutrición en las poblaciones más pobres. Los recursos pesqueros, los cultivos y el ganado tienden a ser menos productivos. Debido a una continua acidificación oceánica, los recursos marinos que dan alimento a miles de millones de personas se encuentran en riesgo. Los cambios en las capas de nieve y hielo de los casquetes polares alteran el suministro de alimentos generados por la ganadería, la caza y la pesca. Un calor extremo disminuye el agua y los pastizales para la ganadería, y de la producción agrícola, afectando al ganado (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019b).

Más riesgos para la salud humana

El cambio climático es una gran amenaza para la salud de la humanidad. Daña la salud por medio de la contaminación, los fenómenos meteorológicos extremos, los desplazamientos forzados, las presiones en la salud mental, así como un aumento del hambre y la desnutrición donde no se pueden producir ni encontrar alimentos suficientes. Cada año, los factores medioambientales acaban con la vida de cerca de 13 millones de personas. Los patrones del cambio climático están causando más enfermedades, y los fenómenos meteorológicos extremos producen más muertes y dificultan la capacidad de los sistemas sanitarios para soportar la presión (Organización de las Naciones Unidas, 2023a; Organización de las Naciones Unidas, 2024).

Pobreza y desplazamiento

El cambio climático aumenta los factores que llevan y mantienen a la gente en la pobreza. Las inundaciones pueden arrasarse barrios marginales, destruyendo hogares y comunidades. El calor dificulta la ejecución de trabajos en el exterior. La escasez de agua puede afectar a los cultivos. Durante la última década (2010-2019), los sucesos relacionados con el clima desplazaron a un total aproximado de 23,1 millones de personas de media al año, aumentando sus probabilidades de caer en la pobreza. Muchos refugiados provienen de países que están más vulnerables y menos preparados para adaptarse a los efectos del cambio climático (Organización de las Naciones Unidas, 2023a; Organización de las Naciones Unidas, 2024).

Panorama nacional de la contaminación ambiental y el cambio climático

En México, el cambio climático tiene cada vez mayores consecuencias para los seres humanos, principalmente en las zonas marginadas y vulnerables, donde la pobreza es extrema y existe un alto riesgo de que se presenten fenómenos extremos, como sequías prolongadas o lluvias torrenciales. Las condiciones socioeconómicas de gran parte de la población, como la pobreza, la marginación y las desigualdades, la fragilidad de los ecosistemas naturales y las características geográficas y climáticas hacen que México sea sumamente vulnerable al cambio climático. Los efectos del cambio climático son visibles en prácticamente todo el territorio nacional. En los últimos 50 años, las temperaturas promedio en el país han aumentado aproximadamente 0.85°C por arriba de la normal climatológica, lo que corresponde con el incremento global reportado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), por sus siglas en inglés (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013). Las temperaturas mínimas y máximas presentan una tendencia al incremento de noches cálidas y la disminución de noches frías en todo el país. Se espera que entre 2024 y 2039 el promedio de la temperatura anual en el país haya aumentado 1.5°C y 2°C en el norte del territorio. Nuevo León, Tamaulipas, Sonora, Sinaloa y Baja Califor-

nia tiene temperaturas cada vez más altas, sobrepasando los 40 grados a la sombra (Servicio Meteorológico Nacional y Comisión Nacional del Agua, 2024). El aumento de la temperatura promedio 1° C podría reducir el crecimiento del PIB per cápita nacional entre 0.77% y 1.76% (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021).

La precipitación tiene una distribución espacio-temporal que ha cambiado de manera diferencial en el territorio, incrementando la cantidad en algunas etapas, como las recientes, en las que ha caído lluvia sin precedentes en un determinado tiempo. Lo anterior afecta a los sistemas ecológicos y productivos, que son altamente sensibles a las variaciones de temperatura y precipitación, y puede resultar en pérdidas económicas que podrían incrementarse a futuro debido al cambio climático. Entre el 2024 y 2039 podría disminuir la precipitación anual entre un 10 y 20%, aumentando las sequías intensas y prolongadas principalmente en el norte del país (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021). Asimismo, se observa un aumento en la intensidad de ciclones tropicales que afectan al 60% del territorio nacional. Estos fenómenos hidrometeorológicos extremos ocasionan lluvias torrenciales que, a su vez, provocan inundaciones y deslaves, principalmente en Guerrero y Oaxaca, Veracruz, Chiapas y Quintana Roo.

Estos eventos extremos pueden afectar tanto los sistemas humanos como los ecosistemas al generar una mayor exposición y/o vulnerabilidad. De 1999 a 2017, el 91% de los recursos de declaratoria de desastre en México fueron destinados a eventos climáticos. Durante este periodo, por cada desastre geológico, como los sismos, hubo una ocurrencia de 15 desastres relacionados con el clima y su costo fue 10 veces mayor (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2021).

Como resultado de los cambios de temperatura y precipitación, se prevé un bajo rendimiento de cultivos de: maíz, caña de azúcar, sorgo, trigo, arroz, soya de 5 a 20% en las próximas décadas y 80% para finales de siglo. Para entonces, estados como Jalisco, Estado de México, Nayarit, Morelos, Michoacán, Guerrero y Colima, habrán perdido entre 30 y 40% de sus rendimientos de producción de maíz de temporal (Servicio Meteorológico Nacional y Comisión Nacional del Agua, 2024).

Tabla 1. *Los 15 desastres naturales más costosos entre 1999 y 2017 (millones de dólares. Actualizados al costo del dólar en 2017)*

| No. | Año | Fenómeno | Costo |
|-----|------|---------------------------|-------|
| 1 | 2005 | Huracán Stan | 603 |
| 2 | 2007 | Huracán Dean | 553 |
| 3 | 2007 | Huracán Karl | 563 |
| 4 | 2010 | Huracán Matthew | 922 |
| 5 | 2010 | Huracán Alex | 1388 |
| 6 | 2010 | Inundación | 592 |
| 7 | 2010 | Inundación | 986 |
| 8 | 2011 | Inundación | 516 |
| 9 | 2011 | Lluvias | 417 |
| 10 | 2012 | Huracán Ernesto | 615 |
| 11 | 2013 | Huracanes Ingrid y Manuel | 3087 |
| 12 | 2014 | Inundación | 456 |
| 13 | 2014 | Huracán Odile | 544 |
| 14 | 2017 | Sismo 7 de septiembre | 593 |
| 15 | 2017 | Sismo 19 de septiembre | 769 |

Fuente: Elaboración propia con datos de Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2021).

Los océanos Atlántico y Pacífico han experimentado diversos cambios, pues ha aumentado su temperatura global y se ha registrado la elevación del nivel medio global del mar en 19 cm de 1901 a 2010. En México las zonas que presentan más riesgos son las llanuras costeras del Golfo de México, el Pacífico y la Península de Yucatán. Por otra parte, el aumento de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera ha provocado la acidificación de los océanos. En las costas del Pacífico se ha registrado una disminución del pH en 0.5, lo que puede tener graves consecuencias en las tasas de calcificación y crecimiento de corales, así como en toda la red trófica marina.

Finalmente, se espera un aumento en las enfermedades respiratorias ocasionadas por la mala calidad del aire, así como en la transmitidas por vectores como son el dengue, la malaria, el zika y el chikungunya.

Tendencias y posibles escenarios futuros

Industria

En la Revolución Industrial, que nace en Inglaterra entre 1760 y 1800, se diseñaron procesos de producción utilizando energía y maquinaria para fabricar bienes no compatibles con la naturaleza. Esto represente un gran avance en el desarrollo de la humanidad, pero propició la aparición de desechos sólidos, líquidos y gaseosos que han impactado en el medio ambiente (Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas y Tecnología, s.f.).

La contaminación industrial es la degradación del medio ambiente por el crecimiento industrial no planeado, que genera la descarga a los ecosistemas de sustancias contaminantes sin ningún control en la cantidad, densidad y composición química. La causa principal de la contaminación industrial es la quema de combustibles fósiles como el petróleo, el carbón, el gas y además el agua residual envenenada que contamina tierra, mares, ríos y lagunas.

Existen tres tipos de contaminación entre los que encontramos sus causantes:

1. *Contaminación del aire*: es producida por los humos de los vehículos e industrias, aerosoles, polvo, ruidos, malos olores, radiación atómica, etc. Entre los contaminantes gaseosos más comunes se encuentran el dióxido de carbono, el monóxido de carbono, los hidrocarburos, los óxidos de nitrógeno, los óxidos de azufre y el ozono. Los factores más relevantes de la contaminación del aire son la quema de combustibles fósiles como carbón, petróleo y gas. La combustión de estas materias primas se produce principalmente en los procesos o en el funcionamiento de los sectores industriales y del transporte automotriz.
2. *Contaminación del agua*: de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), el agua se denomina contaminada cuando su composición se ha alterado de modo que no cumpla con las condiciones necesarias para el consumo humano y de los animales (Organización

Mundial de la Salud, 2023). La contaminación del agua afecta a ríos, mantos acuíferos y mares, que se convierten poco a poco en grandes basureros. Los elementos contaminantes que se pueden encontrar vertidos en aguas negras, urbanas e industriales son petróleo, aceites, productos fitosanitarios, como plaguicidas, abonos, pesticidas, detergentes y otros productos nocivos para el medio ambiente.

3. *Contaminación del suelo*: es aquella producida por el vertido de sustancias químicas y basura. Cuando se acumula basura al aire libre en un mismo lugar durante mucho tiempo, parte de los residuos orgánicos se fermentan y se filtran a través del suelo, sea este permeable o no. Los líquidos contaminan con hongos, bacterias y microorganismos patógenos el suelo y las aguas, superficiales y subterráneas, afectando las cadenas alimenticias. La agricultura y la minería forman parte del primer sector de las industrias, las extractivas. Los plaguicidas utilizados en la agricultura son otro de los principales contaminantes del suelo. También la actividad minera contamina los suelos con las aguas de relave, que contienen elementos químicos como mercurio, cadmio, cobre, arsénico, plomo, etc.

La Organización Mundial de la Salud advierte sobre el riesgo del uso de sustancias químicas como los plaguicidas, debido a su capacidad de permanecer en el agua y el suelo durante años, pero también resalta que pueden resultar tóxicos para el ser humano.

La extracción de petróleo genera emisiones atmosféricas cargadas de dióxido de carbono, metano y óxidos de nitrógeno. El aumento de estos gases retrasa la difusión al espacio de la radiación infrarroja, lo que conduce al calentamiento global.

Los componentes del petróleo pueden entrar en la cadena alimenticia. Los componentes más livianos o volátiles se evaporan y van a otras partes por la lluvia. El petróleo quemado es una fuente de contaminación que se transporta con el aire y se deposita con las lluvias.

Las aguas residuales generadas por el *fracking* suelen contener hidrocarburos como benceno, tolueno, etilbenceno y xileno (BTEX), que son tóxicos y cancerígenos, y pueden filtrarse en las aguas subterráneas o superficiales, contaminando las fuentes de agua potable.

El *fracking* o la extracción de hidrocarburos altamente contaminante y sin regulación, genera altas emisiones de metano a la atmósfera y contamina grandes volúmenes de agua que no pueden reutilizarse (Bezanilla, 2018). La técnica de *fracking* se utiliza para extraer gas de esquisto, un hidrocarburo no convencional atrapado en capas de roca del subsuelo, que requiere fracturar la roca para liberarlo (Paz, 2018; Bezanilla, 2018). Según Bezanilla (2018), esta técnica genera contaminación acústica en los sitios de extracción y promueve el uso de gas natural en lugar de energías renovables. Además, se utilizan 750 tipos diferentes de productos químicos en el proceso y la fracturación de un solo pozo puede requerir entre nueve y 29 millones de litros de agua. Bezanilla destaca los impactos ambientales, como la sismicidad inducida, que en 2011 causó varios temblores en Ohio, Alabama y Montana (Bezanilla, 2018).

Estados Unidos impulsa esta técnica y la industria del *fracking* está exenta de cumplir con diversas leyes ambientales desde la aprobación de la “Energy Policy Act” en 2005. Bezanilla señala que, además de la emisión directa de metano, las fugas al fracturar la roca contaminan el agua de manera irreversible. Los camiones que transportan el agua contaminada y el gas extraído, así como los taladros utilizados en el proceso, también generan emisiones (Bezanilla, 2018).

En México, ya se han perforado 924 pozos de *fracking* en diversas entidades como Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Veracruz, Puebla y Tabasco, según datos de la Alianza Mexicana contra el Fracking (Bezanilla, 2018).

Los defensores del *fracking* argumentan que brinda acceso a nuevos depósitos de petróleo y gas natural, reduce los precios, mejora la calidad del aire, reduce las importaciones de petróleo y genera empleo. Sin embargo, Bezanilla advierte que los beneficios netos de cambiar del carbón al gas natural tardarán en observarse y que las pequeñas emisiones de metano tienen un gran impacto. Además, el abaratamiento del gas natural ha desplazado a otras fuentes de energía como la nuclear y las renovables. Aunque algunos ven el gas natural como un “puente” hacia una economía libre de carbono, las emisiones de metano son mayores de lo estimado, según mediciones recientes (Bezanilla, 2018).

En la Zona Metropolitana del Valle de México se emiten aproximadamente 49.5 millones de toneladas de CO₂ equivalente, representando alre-

dedor del 7% de las emisiones nacionales. El sector industrial contribuye con el 22% de estas emisiones, es decir, alrededor de 10.7 millones de toneladas de CO₂ equivalente (Gobierno del Distrito Federal, 2012). A diario, 70 mil plantas de industrias, la refinería de Tula y tres termoeléctricas ubicadas en Hidalgo, generan emisiones que afectan a la Ciudad de México (Chubb, s.f.).

La Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México reporta que las emisiones automotrices han disminuido en los últimos años, pero las generadas por las empresas han subido, no obstante, el transporte es el principal emisor de partículas finas, generadas básicamente por las unidades pesadas a diésel y los vehículos particulares a gasolina, así mismo, debido a su gran consumo energético es el principal emisor de CO₂, Co, NoX y carbono negro (Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, 2023). Cinco de las 16 delegaciones de la Ciudad de México concentran la mayor cantidad de fábricas.

Las causas de la contaminación Industrial son:

- *Crecimiento industrial y falta de políticas de control:* el crecimiento no planificado de las zonas industriales, así como el ignorar las normas de regulación ambiental, contaminando el aire y el agua.
- *Tecnologías obsoletas:* las tecnologías no actualizadas generan una gran cantidad de residuos.
- *Procesos poco éticos:* fábricas que no cuentan con suficiente capital eluden la normativa medioambiental y liberan gran cantidad de gases tóxicos en la atmósfera.
- *Insuficiente eliminación de residuos:* la contaminación del agua y del suelo son causados directamente debido a la ineficiencia en la eliminación de residuos.

En el sector terciario de la producción, el de las industrias de servicios, la contaminación va desde el uso excesivo de papel, energía eléctrica. Los procesos administrativos oficiales representan retrocesos y, en muchos casos, hay un exceso de movilidad. Existen procesos que pueden realizarse desde la residencia de los empleados, evitando la pérdida de tiempo de traslado. La digitalización de los procesos y la expedición de productos

disminuiría la contaminación causada por el uso de papelería y de gasolina por transporte.

Uso de suelo

Como resultados de la Revolución se fraccionaron los latifundios. Grandes extensiones de tierra pasaron a ser ejidos, parcelas de pequeños propietarios. Sin apoyos, agua, créditos y asistencia técnica, muchos terrenos fueron destinados a ser pastizales, abandonados o vendidos (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2021). Se reduce la tierra cultivable y crece la mancha urbana. Fraccionamientos por todos lados, sin planificación urbana alguna. La planificación urbana o planeamiento urbanístico es el proceso de desarrollo y diseño de áreas urbanas. Uso de terrenos abiertos, aire, agua y el entorno construido, incluidos los edificios, el transporte, las funciones económicas y sociales.

El ritmo de crecimiento y su dispersión hace difícil para el Estado proporcionar los servicios con la suficiente cantidad y calidad de servicio. La falta de recolección de basura crea focos de contaminación. La falta o deficiencia de drenaje provoca acumulación de aguas negras e inundaciones, que constituyen a importantes focos de contaminación.

Las áreas verdes, muchas veces olvidadas, se transforman paulatinamente en basureros. Los son árboles son plantados sin distribución estratégica en sitios que pudieran causar problemas a corto plazo en banquetas o cableados públicos cuando los árboles, aparte de que contribuyen al paisaje, mejoran la calidad del aire. La falta de planeación implica largos desplazamientos a los lugares de trabajo, centros comerciales y de abasto, instituciones bancarias, de salud y educación. Los grandes desplazamientos implican la dependencia del servicio de transporte, particular o público, con el consecuente consumo de gasolina.

Por su parte, el tener una mascota requiere de cuidados, pero muchos dueños de perros los sacan a pasear y dejan sus excrementos al aire libre cuando son sustancias altamente contaminantes.

Comercialización

El objetivo de facilitar la comercialización de productos al menor costo posible ha llevado a diseñar empaques y envoltorios hechos con materiales altamente contaminantes. Los tiempos de degradación de dichos materiales se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. *Tiempo de degradación de materiales de empaque y materiales de productos comerciales*

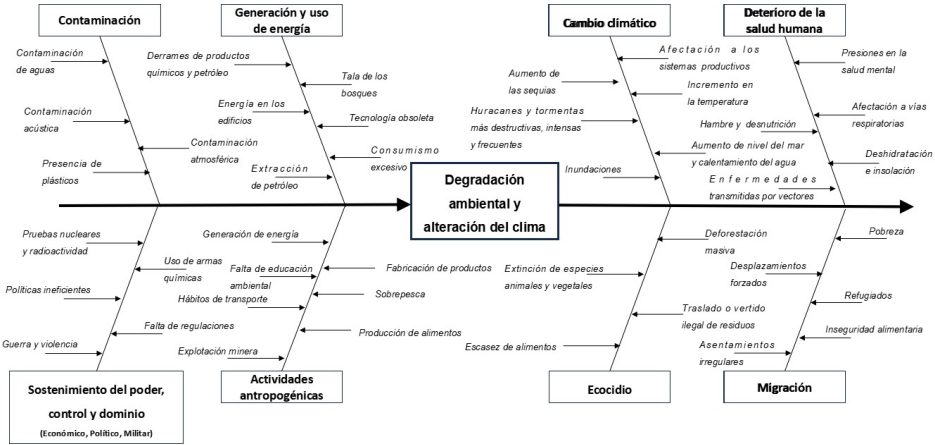
| Producto/Material | Años | Producto/Material | Años |
|--------------------|------|----------------------|-----------|
| Papel y cartón | 1 | Cuero | 5 |
| Latas de aluminio | 10 | Botellas de plástico | 100-1 000 |
| Bolsas de plástico | 150 | Tetrapak | 30 |
| Pañales | 500 | Plásticos | 500 |
| Fibras sintéticas | 400 | Unicel | 800 |
| Celofán | 2 | Botella de vidrio | 4 000 |
| Encendedor | 100 | Madera | 15 |

Fuente: Elaboración propia con información de Bibayoff (2021).

Resultados y discusión

A partir de los referentes expuestos anteriormente, producto de la revisión documental y aplicando la metodología descrita para la construcción del diagrama causa-efecto, se procedió a elaborar un diagrama de causa-efecto del problema definido como: *Degradación ambiental y alteración del clima*. Se identificaron cuatro categorías principales de causas y se agruparon las causas menores tomando en consideración esas categorías denominadas como Contaminación, Generación y uso de energía, Sostenimiento del poder, control y dominio y Actividades antropogénicas. Se procedió de igual forma para la agrupación de los efectos, para lo cual se establecieron cuatro categorías: Cambio climático, Deterioro de la salud humana, Ecocidio y Migración. El diagrama resultante del análisis causa-efecto se muestra en la Figura 2.

Figura 2. Diagrama causa-efecto para el análisis del problema de la degradación ambiental y alteración del clima



Estrategias para el cambio

La degradación ambiental y la alteración del clima en el planeta Tierra requieren un enfoque global, con la colaboración urgente de gobiernos, sociedades y empresas. Es de vital importancia que el gobierno y la sociedad apliquen medidas para disminuir los efectos tan perjudiciales del cambio climático, para que de manera conjunta se planteen distintas opciones de adaptación y mitigación (De la Barrera, 2022). La Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción de Riesgos de Desastres (UNDRR) y el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) plantean algunas acciones clave para reducir las afectaciones al medio ambiente y los riesgos ocasionados por desastres naturales (UNDRR, 2023). Utilizando como referencia el diagrama causa-efecto elaborado y las acciones que proponen los organismos internacionales se plantean las siguientes estrategias:

Concientización pública y educación: El desarrollo de programas sostenidos de información pública y la inclusión de la prevención de desastres en los programas educativos a todos los niveles son fundamentales. Estas acciones deben abarcar no solo a la población general, sino también a los grupos específicos como empresarios, líderes comunitarios y autoridades gubernamentales.

mentales. La creación de sociedades más conscientes de los riesgos y responsables del cuidado ambiental facilitaría la adopción de prácticas más sostenibles.

Compromiso y liderazgo de las autoridades públicas: Las autoridades deben involucrarse activamente en la reorientación de los recursos, para integrar prácticas de reducción de riesgos en todos los proyectos de desarrollo. La institucionalización de la capacitación sobre gestión de riesgos y prevención de desastres será crucial, así como la promoción de políticas que aseguren un mayor compromiso con la sostenibilidad. Además, debe promoverse una mayor cooperación internacional e interagencial para crear sinergias y facilitar la implementación de soluciones climáticas.

Innovación en financiamiento y cooperación internacional: Se necesita un financiamiento innovador que involucre tanto a los sectores públicos como privados. Los países industrializados deben cumplir su compromiso de aportar recursos a los países en desarrollo, facilitando su adaptación a los impactos climáticos. Los esfuerzos de adaptación y mitigación deben ser respaldados por inversiones sustanciales, dado que la inacción es mucho más costosa a largo plazo. Esto incluye la promoción de tecnologías de energía limpia, la creación de sistemas de tratamiento de aguas residuales, y el establecimiento de políticas para la gestión eficiente de los recursos naturales.

Implementación de políticas globales para emisiones cero: Es urgente establecer acuerdos internacionales que establezcan objetivos claros para alcanzar emisiones cero de gases de efecto invernadero para el año 2050, con un recorte significativo de las emisiones antes de 2030. Para esto, será necesario realizar una transición significativa hacia energías renovables, reduciendo de manera drástica el uso de carbón, petróleo y gas. De igual manera, se deben fomentar políticas y acuerdos que ayuden a las naciones a reducir su dependencia de los combustibles fósiles y promover la energía limpia.

Inversión en investigación y tecnología: El conocimiento científico y la investigación aplicada juegan un papel crucial en la formulación de soluciones

efectivas. El desarrollo de nuevas tecnologías para la producción de energía limpia y la optimización de los recursos renovables es una estrategia que debe ser impulsada a gran escala. En este sentido, es necesario invertir en la creación de sistemas que aprovechen de manera eficiente la energía solar, eólica e hidráulica, así como en la mejora de procesos industriales que reduzcan la contaminación.

Acción para mitigar los efectos de las actividades antropogénicas: La reducción de la contaminación, la implementación de sistemas de recolección y distribución de agua de lluvia, y la promoción de la eficiencia energética son acciones que deben llevarse a cabo en todos los niveles de la sociedad. El tratamiento adecuado de aguas residuales y la gestión integral de desechos sólidos son medidas esenciales para reducir la carga ambiental de las actividades humanas.

Restauración ecológica y conservación de la biodiversidad: El ecocidio, que incluye la destrucción de ecosistemas clave y la extinción de especies, es uno de los efectos más graves de la degradación ambiental. Es necesario implementar programas de reforestación, conservación de hábitats naturales y el fortalecimiento de las áreas protegidas. A través de políticas y acuerdos internacionales, debe fomentarse la protección de la biodiversidad y la creación de corredores biológicos que faciliten la resiliencia de los ecosistemas ante el cambio climático.

Adaptación a los impactos del cambio climático y manejo de la migración: Los efectos del cambio climático, como fenómenos meteorológicos extremos, están impulsando desplazamientos humanos. Las políticas de adaptación deben enfocarse en fortalecer la resiliencia de las comunidades más vulnerables, especialmente en zonas agrícolas y urbanas. Además, es fundamental garantizar la protección de los derechos humanos de los migrantes, promoviendo políticas que faciliten su integración y acceso a recursos en nuevos lugares de residencia.

Las soluciones al cambio climático generarán beneficios económicos y protegen el medio ambiente. Existen marcos y acuerdos globales para esto,

como los Objetivos de Desarrollo Sostenible, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y el Acuerdo de París. Hay tres rutas de acción: reducir las emisiones, adaptarse a los impactos climáticos y financiar los ajustes necesarios.

Conclusiones

La degradación ambiental está teniendo un impacto cada vez más evidente en el cambio climático, con consecuencias graves y de alcance global. Las temperaturas extremas, los tornados y huracanes más frecuentes y de mayor intensidad son solo algunas de las manifestaciones de un fenómeno que sigue en ascenso. Este patrón de eventos climáticos extremos apunta a un escenario aún más devastador en el futuro cercano, mientras que la ocurrencia de sismos se incrementa, elevando la amenaza de un terremoto de gran magnitud.

La interacción de estos fenómenos ha generado una alarmante ampliación de la brecha entre áreas desérticas y las inundaciones, lo que está alterando la calidad del suelo y reduciendo sus capacidades productivas. Esta pérdida de recursos naturales, en el contexto de una creciente población mundial, agrava la crisis alimentaria. A pesar de los avances tecnológicos, el hambre persiste como un problema global, lo que evidencia la necesidad urgente de un cambio profundo en nuestra relación con la tierra y los recursos.

La ciencia y la tecnología, aunque han logrado mejorar ciertos aspectos de la vida humana, también han contribuido a la explotación irresponsable de la naturaleza. Este progreso debe ser sometido a una revaloración crítica, cuestionando sus fines y sopesando cuidadosamente los costos y beneficios a largo plazo. Si no se realiza este análisis con urgencia, los efectos devastadores podrían ser irreversibles.

Debemos encontrar un equilibrio entre el desarrollo económico y el respeto por el medio ambiente, garantizando que los productos no solo sean accesibles y funcionales, sino también sostenibles. En este contexto, la ciencia y la tecnología deben reorientarse hacia el bienestar global, priorizando la armonía con la naturaleza y el bienestar de las futuras generaciones.

Es imperativo un cambio en las políticas y estrategias de producción que permitan satisfacer las demandas de los consumidores con productos de calidad, a un precio accesible y en armonía con la naturaleza. La ciencia y la tecnología deben enfocarse en este objetivo, por el bien de la humanidad.

Las estrategias propuestas deben ser implementadas de manera integrada, considerando las interrelaciones entre las causas y los efectos del problema de la degradación ambiental y la alteración del clima. Para ello, se necesita un enfoque holístico, basado en un pensamiento sistémico, que incluya medidas legislativas, educativas, tecnológicas y sociales, apoyadas por políticas públicas a nivel local, nacional e internacional. Solo con una acción conjunta y sostenida será posible revertir la degradación ambiental y mitigar sus efectos a largo plazo.

Referencias

- Banco Mundial. (2022a). Lo que hay que saber sobre el cambio climático y la contaminación atmosférica. <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2022/09/01/what-you-need-to-know-about-climate-change-and-air-pollution#:~:text=Las%20part%C3%ADculas%20finas%20o%20aerosoles,enfermedad%20pulmonar%20obstructiva%20cr%C3%B3nica%2C%20neumon%C3%ADa%2C>
- Banco Mundial. (2022b). The Global Health Cost of PM2.5 Air Pollution. A Case for Action Beyond 2021. <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/550b7a9b-4d1f-5d2f-a439-40692d4eedf3/content>
- Bezanilla, A. (2018). El Fracking, extracción de hidrocarburos altamente contaminante y sin regulación. Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático. UNAM. Disponible en <https://www.atmosfera.unam.mx/el-fracking-extraccion-de-hidrocarburos-altamente-contaminante-y-sin-regulacion/>
- Bibayoff, A. (31 May, 2021). ¿Cuánto tardan en degradarse los productos que usamos? EZPAK. <https://ezpak.mx/blogs/news/cuanto-tardan-en-degradarse-los-productos-que-usamos>
- Bindoff, N.L., P.A. Stott, K.M. AchutaRao, M.R. Allen, N. Gillett, D. Gutzler, K. Hansingo, G. Hegerl, Y. Hu, S. Jain, I.I. Mokhov, J. Overland, J. Perlwitz, R. Sebbari and X. Zhang. (2013). Detection and Attribution of Climate Change: from Global to Regional. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

- Burger, M., & Tigre, M. A. (2023). *Global Climate Litigation Report: 2023 Status Review*. Sabin Center for Climate Change Law, Columbia Law School & United Nations Environment Programme. https://scholarship.law.columbia.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1203&context=sabin_climate_change
- Chubb. (s.f.). *Contaminación industrial: causas y maneras de evitarla*. Chubb. Recuperado de <https://www.chubb.com/mx-es/mercado-empresarial/articulos/que-es-contaminacion-industrial.html>
- De la Barrera, E. (2022). *Posibles estrategias para detener el cambio climático*. Revista Nexos. Disponible en <https://medioambiente.nexos.com.mx/posibles-estrategias-para-detener-el-cambio-climatico/>
- EnviroModeling. (2022). *Impacto ambiental*. <https://enviromodeling.cl/impacto-ambiental/>
- Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades. (2017). *Revolución Industrial*. Portal Académico del CCH. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://portalacademico.cch.unam.mx/alumno/historiauniversal1/unidad3/revolucionindustrial>
- Félix, E. E., Schilman, A., Hurtado, M., Texcalac, J. L. & Riojas, H. (2020). *Revisión rápida: contaminación del aire y morbilidad por Covid-19*. *Salud Pública de México*, 62(5), 582-589. <https://doi.org/10.21149/11481>
- Gobierno del Distrito Federal. (2012). *Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México 2012*. Secretaría del Medio Ambiente (SMA), Gobierno del Distrito Federal. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/164910/Inventario-emisioneszmvm2012.pdf>
- Gutierrez, V. (2022). *¿Qué son las partículas PM10 y PM2.5?* <https://perspectivas.mx/articulo-que-son-las-particulas-pm10-y-pm2-5/>
- Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas y Tecnología. (s.f.). *La Revolución Industrial y sus consecuencias en el medio ambiente*. INCAT. <https://institutonacional.cl/wp-content/uploads/2019/06/8%C2%B0-Tecnolog%C3%ADa-Revolucion-industrial.pdf>
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2021). *México ante el Cambio Climático*. Sitio oficial de país. México. <https://cambioclimatico.gob.mx/impactos-del-cambio-climatico-en-mexico/>
- Ecologistas en acción. (2008). *¿Qué son las PM2,5 y cómo afectan a nuestra salud?* [Página Web]. Número 58. Disponible en <https://www.ecologistasenaccion.org/17842/que-son-las-pm25-y-como-afectan-a-nuestra-salud/>
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2021). *México ante el Cambio Climático*. Sitio oficial de país. México. Disponible en <https://cambioclimatico.gob.mx/impactos-del-cambio-climatico-en-mexico/>
- Instituto Nacional de Ecología. (1997). *Sistema Integrado de Regulación Directa y Gestión Ambiental de la Industria*. Segunda edición, SEMARNAP / INE, México.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Disponible en https://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL.pdf

- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2019a). Informe especial sobre calentamiento global de 1.5°C. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/SR15_Summary_Volume_spanish.pdf
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2019b). Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. <https://www.ipcc.ch/srocc/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- Linares, C. (2007). Las PM_{2,5} y su impacto sobre la salud. El caso de la ciudad de Madrid. *Ecosostenible*, 35, 32-37.
- Linares, C. y Díaz, J. (2008). Las PM_{2,5} y su afección a la salud. *El Ecologista*, 58, 46-49.
- Linares, C., Díaz, J., Negev, M., Martínez, G. S., Debono, R. & Paz, S. (2020). Impacts of Climate Change on the Public Health of the Mediterranean Basin Population - Current Situation, Projections, Preparedness and Adaptation. *Environmental Research*. 182, 109107. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.109107>
- NASA. (2024). Causas del cambio climático. Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA). <https://ciencia.nasa.gov/cambio-climatico/causas/>
- National Geographic. (2024). El desecho plástico más común de todo el planeta es un producto capaz de liberar microplásticos. <https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/2024/10/el-desecho-plastico-mas-comun-de-todo-el-planeta-es-un-producto-capaz-de-liberar-microplasticos>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2024). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos (WWDR). Agua para la prosperidad y la paz. UNICEF. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000391195>
- Organización de las Naciones Unidas. (2022). COP27: ¿Qué es el cambio climático?. <https://unric.org/es/que-es-el-cambio-climatico/>
- Organización de las Naciones Unidas. (2023a). El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en 2022. ONU. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/41679/Annual_Report_2022.pdf?sequence=3
- Organización de las Naciones Unidas. (2023b). Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, Objetivo 6: Garantizar el acceso al agua y al saneamiento para todos. ONU. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/water-and-sanitation/>
- Organización de las Naciones Unidas. (2024). Causas y efectos del cambio climático. ONU. <https://www.un.org/es/climatechange/science/causes-effects-climate-change>
- Organización Meteorológica Mundial. (2017). Directrices de la Organización Meteorológica Mundial sobre el cálculo de las normales climáticas. https://library.wmo.int/viewer/60338/download?file=1203_es.pdf&type=pdf
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2023). Agua para consumo humano. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Organización Mundial de la Salud. (2014). Siete millones de muertes cada año debi-

- das a la contaminación atmosférica. <https://www.who.int/es/news/item/25-03-2014-7-million-premature-deaths-annually-linked-to-air-pollution>
- Organización Mundial de la Salud. (2021). Directrices mundiales de la OMS sobre la calidad del aire. OMS. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/346062/9789240035461-spa.pdf?sequence=1>
- Organización Mundial de la Salud. (2024a). Contaminación del aire ambiente (exterior) y salud. OMS. [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- Organización Mundial de la Salud. (2024b). Tormentas de arena y de polvo. https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/sand-and-dust-storms?utm_source=chatgpt.com
- Organización Panamericana de la Salud. (s.f.). Calidad del aire. Sitio de la OPS. Recuperado el 16 de junio de 2024 de <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire>
- Paz, R. (2018). El fracking contamina la atmósfera e inutiliza el agua. Gaceta UNAM. <https://www.gaceta.unam.mx/el-fracking-contamina-la-atmosfera-e-inutiliza-el-agua>
- Plataforma Intergubernamental sobre Biodiversidad y Servicios de los Ecosistemas (IPBES). (2019). Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. E. S. Brondizio, J. Settele, S. Díaz, and H. T. Ngo (editors). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 1148 pages. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (s.f.). Beat Plastic Pollution. ONU. <https://www.unep.org/interactives/beat-plastic-pollution/?lang=ES>
- Raine, A. (2021). Cómo las nuevas leyes podrían ayudar a combatir la crisis planetaria. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/como-las-nuevas-leyes-podrian-ayudar-combatir-la-crisis-planetaria>
- Sánchez, G. N. (2003). Técnicas participativas para la planeación. México: Fundación ICA. Libro digital.
- Sánchez, G. N. (2016). Técnicas heurísticas participativas para la planeación. Procesos breves de intervención. México: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y Plaza y Valdés Editores.
- Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México. (2023). Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México 2020. Dirección General de Calidad del Aire, Dirección de Proyectos de Calidad del Aire. Ciudad de México. <http://data.sedema.cdmx.gob.mx:9000/datos/storage/app/media/docpub/sedema/inventario-emisiones-cdmx-2020bis.pdf>
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2024). Reporte del Clima en México 2024. <https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Climatolog%C3%ADa/Diagn%C3%B3stico%20Atmosf%C3%A9rico/Reporte%20del%20Clima%20en%20M%C3%A9xico/Anual2024.pdf>
- Stop Ecocidio Internacional. (2017). Definición jurídica del ecocidio. <https://es.stopecocide.earth/about>

- UNDRR (2023). Oficina de las Naciones Unidas para la reducción de riesgos de desastres. <https://www.undrr.org/es>
- Universidad de Burgos. (2020). Cambio climático e historia de la tierra. Universidad de Burgos. <https://www.ubu.es/adaptacion-al-cambio-climatico-en-las-universidades-accue/el-cambio-climatico/cambio-climatico-e-historia-de-la-tierra>
- Universidad Nacional Autónoma de México. (2023). Estado y perspectivas del cambio climático en México: un punto de partida. Francisco Estrada Porrúa, Jorge Zavala Hidalgo, Amparo Martínez Arroyo, Graciela Raga y Carlos Gay García (Coord.). UNAM - Programa de Investigación en Cambio Climático (PINCC) y el Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático (ICAYCC). <https://cambioclimatico.unam.mx/wp-content/uploads/2023/11/estado-y-perspectivas-del-cambio-climatico-en-mexico-un-punto-de-partida-unam.pdf>

8. Desigualdad de género y emprendimiento femenino rural en el sureste de México

LOURDES PINEDA-CELAYA*

JUANA PATRICIA MUÑOZ-CHÁVEZ**

Resumen

El propósito de esta investigación es describir la actitud emprendedora de las mujeres rurales del sureste de México frente a la vulnerabilidad socioeconómica. En el contexto de comunidades caracterizadas por altos niveles de marginación, pobreza y rezago social, se llevó a cabo la aplicación de un instrumento de recolección de datos en 13 localidades rurales. Los principales hallazgos indican que las mujeres rurales muestran una actitud predominantemente positiva hacia el emprendimiento, percibiéndolo como una herramienta clave para el desarrollo personal y comunitario. La mayoría expresó motivación por la idea de tener un negocio propio y reconoció el impacto positivo del emprendimiento en la generación de empleo y el crecimiento económico local, lo que refleja un fuerte potencial para promover iniciativas emprendedoras en estas comunidades.

Palabras clave: *desigualdad de género, emprendimiento, mujeres rurales.*

* Doctora en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México. Dra. en Economía y Empresa, Universidad de Málaga España ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4479-8259>

** Doctora en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México. Maestra en Gestión Administrativa, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8485-8594>

Introducción

En la actualidad, el emprendimiento se valora como un motor clave para el desarrollo económico y la innovación, impulsando la creación de empresas y empleos. Sin embargo, la incursión de las mujeres en este ámbito ha enfrentado barreras históricas debido a la persistencia de estereotipos de género, prejuicios y normas socioculturales que han consolidado un entorno predominantemente masculino. Esta desigualdad no solo se traduce en una menor representación de mujeres emprendedoras, sino también en obstáculos significativos para acceder a recursos como financiamiento, redes de contactos y oportunidades que potencien su crecimiento y desarrollo profesional (Figueroa-Domecq *et al.*, 2020). En años recientes, el reconocimiento de esta disparidad ha generado iniciativas para fomentar una mayor inclusión, promoviendo el liderazgo femenino y la equidad en el emprendimiento como elementos clave para una economía más diversa y resiliente.

Diversos estudios señalan al emprendimiento como una alternativa viable para coadyuvar a disminuir la brecha de género y el desempleo, dependiendo del contexto y de factores limitantes o impulsores. Es importante destacar que el género femenino ha incrementado su porcentaje de participación en el mercado laboral (Hribersek y Bird, 2022). Por lo anterior, el emprendimiento es visto frecuentemente como una opción para disminuir las barreras impuestas por sesgos de género, ya que proporciona a las mujeres herramientas para incrementar su desarrollo personal y económico. Sin embargo, tradicionalmente las emprendedoras enfrentan retos y grandes desafíos de la humanidad. Estos obstáculos incluyen la exclusión, la desigualdad, los estereotipos de género, el acceso desigual a financiamiento y las redes de contactos, la invisibilidad, la representación en sectores clave y las condiciones socioeconómicas que dificultan su desarrollo y éxito en el mundo empresarial (Lapan *et al.*, 2022; Lechuga-Nevárez y Rincón, 2024).

A pesar de estos retos, un número creciente de mujeres está optando por emprender, lo que transforma el panorama empresarial y promueve nuevas formas de liderazgo. Sin embargo, en el caso de las mujeres rurales, estos desafíos se intensifican debido a limitaciones históricas vinculadas al acceso restringido a recursos y oportunidades. Estas barreras afectan su

capacidad para obtener empleos que les den independencia económica, les permitan decidir sobre su desarrollo profesional de manera autónoma y participar activamente en redes sociales que favorezcan la expansión de sus posibilidades de crecimiento personal y profesional (Chen y Barcus, 2024).

En el contexto de las comunidades rurales, el emprendimiento femenino surge como una herramienta crucial para mitigar la pobreza y promover el desarrollo económico sostenible. Las iniciativas lideradas por mujeres no solo contribuyen al sustento financiero de sus familias, sino que también generan un impacto positivo en la cohesión social y el bienestar de las comunidades. Asimismo, el fomento al emprendimiento rural femenino impulsa la diversificación de las actividades económicas de la región y crea un modelo inclusivo de crecimiento que responde a las necesidades específicas de la localidad (Solórzano *et al.*, 2014). En este sentido, se considera fundamental analizar la actitud emprendedora de las mujeres rurales en el sureste de México. Para ello, se formuló la siguiente hipótesis de investigación:

La vulnerabilidad económica y social de las mujeres rurales se asocia negativamente con el desarrollo de actividades emprendedoras, debido a barreras específicas como falta de acceso a crédito, capacitación y apoyo institucional.

Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación es analizar la actitud emprendedora de las mujeres rurales del sureste de México ante la vulnerabilidad económica y social que padecen. Este análisis se realiza desde una perspectiva territorial, que considera las particularidades geográficas y culturales de la región, y con un enfoque de género, que permite visibilizar las dinámicas y desigualdades específicas que afectan a las mujeres en su desempeño emprendedor.

Marco teórico

Actualmente, el emprendimiento se ha consolidado como un fenómeno multidimensional que combina la creatividad con la capacidad de generar valor que contribuye en muchos casos al logro de la autosuficiencia económica y el bienestar personal. No obstante, en el ámbito rural las iniciativas emprendedoras lideradas por mujeres han recibido poca atención, a pesar de

su potencial transformador en regiones donde prevalecen la desigualdad de género y los recursos limitados. Otro factor importante es que en las comunidades rurales las mujeres enfrentan restricciones significativas derivadas de estereotipos históricos, donde los roles tradicionales asignados a las mujeres limitan su desarrollo y refuerzan estructuras de dependencia económica y social que dificultan su integración en el ámbito emprendedor (Chen y Barcus, 2024).

El emprendimiento de mujeres rurales representa un elemento esencial para el desarrollo socioeconómico, al ser un catalizador de innovación y cambio. Por lo anterior, en esta sección se desarrollan los elementos clave de emprendimiento femenino, desigualdad de género y mujeres rurales, que facilitan la comprensión de la investigación.

Emprendimiento femenino

El ámbito del emprendimiento ha experimentado un crecimiento significativo en las últimas cinco décadas, acompañado por el desarrollo y la aplicación de una amplia variedad de teorías que abordan este fenómeno desde múltiples perspectivas. Entre ellas, se encuentra la teoría de rasgos, que se centra en las características y los rasgos personales de los empresarios exitosos, creatividad y habilidades directivas o de liderazgo que diferencian a los empresarios de quienes no lo son (Kuratko y Covin 2025). En este sentido, los emprendedores, se identifican como individuos con una visión creativa y una disposición para asumir riesgos, destacándose por liderar la introducción de productos y servicios novedosos al mercado. En particular, estos actores desempeñan un papel clave en la mejora de métodos productivos, en la exploración de nuevos mercados y en la transformación de procesos administrativos. Por eso se considera que el emprendimiento y la innovación son actividades estrechamente vinculadas, las cuales actúan como motores esenciales para impulsar la competitividad empresarial y el desarrollo económico sostenible (Schumpeter, 1939).

Por su parte, el emprendimiento femenino ha ganado relevancia por su capacidad de contribuir al desarrollo económico, fomentar la innovación y promover transformaciones sociales positivas. No obstante, las tasas de parti-

cipación de las mujeres en actividades emprendedoras presentan variaciones significativas a nivel global, influenciadas por factores socioeconómicos y culturales. En los países en desarrollo, el emprendimiento femenino suele estar impulsado por la necesidad, en respuesta a la falta de opciones laborales formales y la falta de recursos, por lo que constituye una estrategia de supervivencia económica. En contraste, en los países desarrollados, el emprendimiento femenino tiende a estar motivado por la oportunidad, reflejando aspiraciones de autonomía financiera, crecimiento profesional y realización personal (Chatterjee *et al.*, 2022; Coffman y Sunny, 2021; Dencker *et al.*, 2021).

Estas diferencias subrayan la importancia de identificar la actitud emprendedora de contextos específicos y adaptar las políticas y estrategias de apoyo a cada región para maximizar el impacto del emprendimiento femenino, ya que los mercados emergentes representan oportunidades para las mujeres emprendedoras, especialmente en contextos donde el crecimiento económico está en ascenso, los patrones de consumo evolucionan y el acceso a tecnologías avanzadas se expande. En estos entornos es importante analizar y detectar necesidades insatisfechas, así como identificar nichos de mercado que puedan ser transformados en negocios sostenibles (Deng *et al.*, 2024; Franzke *et al.*, 2022).

Desigualdad de género y mujeres rurales

A nivel global se han generado iniciativas y propuestas para abordar las causas estructurales de la desigualdad de género. Tal es el caso de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), a través del objetivo de desarrollo sostenible 5 (ODS5), que se enfoca en lograr la igualdad de género y fortalecer el empoderamiento de mujeres y niñas, reconociendo su papel esencial en la construcción de sociedades más inclusivas y prósperas y promoviendo su participación plena en los procesos económicos y sociales (Chatterjee *et al.*, 2020).

De acuerdo con Seguino (2017), la desigualdad de género es una forma de discriminación estructural que afecta a las mujeres en diversas esferas, incluyendo la económica, política y social. Esta desigualdad se refleja en la

distribución inequitativa de recursos, poder y oportunidades, lo que limita su participación plena en el desarrollo y afecta el crecimiento económico, especialmente en regiones como América Latina y el Caribe. Kabeer (2017) sostiene que la desigualdad de género surge de relaciones desiguales entre hombres y mujeres en los ámbitos social y económico. Esta desigualdad se manifiesta en la distribución inequitativa de recursos, poder y oportunidades dentro de la familia, el mercado laboral y las estructuras estatales, perpetuando barreras sistémicas que limitan el desarrollo equitativo.

Algunos estudios describen la desigualdad de género como una condición en la que las mujeres enfrentan menores posibilidades de acceder a recursos y oportunidades en comparación con los hombres, situación que restringe su desarrollo integral y reduce su participación en los espacios públicos, perpetuando brechas que obstaculizan la equidad y el progreso social (Rodríguez *et al.*, 2019). En esta desigualdad de género las mujeres. En las zonas rurales, la desigualdad de género se intensifica y se manifiesta a través de una combinación de factores socioeconómicos y culturales que limitan el desarrollo integral de las mujeres. La escasez de oportunidades laborales, la falta de acceso a servicios e infraestructuras adecuadas, así como el envejecimiento de la población y la masculinización, agravan las disparidades. A pesar de que las mujeres desempeñan un rol crucial en los procesos de modernización y son reconocidas como agentes clave para el desarrollo rural sostenible, su participación plena se ve obstaculizada por cargas desproporcionadas relacionadas con el cuidado de los dependientes del hogar, las labores domésticas y normas culturales que perpetúan su exclusión del mercado laboral (Pérez-Morote *et al.*, 2023).

Lo anterior, subraya la relevancia de tratar la desigualdad de género como un fenómeno estructural que afecta múltiples dimensiones de la vida social, económica y política alrededor del mundo y México no es la excepción. Este problema no solo perpetúa disparidades en el acceso a oportunidades, recursos y derechos, sino que también limita el potencial de desarrollo integral de las sociedades. Por lo tanto, resulta fundamental implementar políticas públicas y programas integrales que impulsen la equidad de género, entendida como un objetivo esencial para alcanzar un desarrollo sostenible, inclusivo y justo para mujeres y hombres en todos los niveles de la sociedad.

Es importante destacar que se han logrado avances históricos en materia de género. Muestra de ello, es que por primera vez en 2024 las principales figuras de los tres poderes de México son mujeres, lo que marca un hito sin precedentes en la política nacional. Asimismo, la gubernatura de 13 estados bajo el liderazgo femenino, lo que representa un progreso relevante hacia la paridad de género (Muñoz-Chávez *et al.*, 2024). No obstante, estos avances deben complementarse con acciones integrales que aborden las desigualdades estructurales aún existentes y promuevan la igualdad de oportunidades en todos los sectores.

La base teórica para el desarrollo de la presente investigación es la teoría de rasgos del emprendimiento, ya que se busca identificar y analizar las características personales que definen la actitud emprendedora de las mujeres rurales del sureste de México. Esta teoría permitirá explorar aspectos como la creatividad, la autoconfianza, la capacidad de liderazgo y la disposición a asumir riesgos, que han sido reconocidos como determinantes en el éxito de los emprendedores. Asimismo, se considera cómo estas cualidades interactúan con las condiciones socioeconómicas, culturales y de género propias de estas comunidades, proporcionando un marco integral para comprender las barreras y oportunidades que enfrentan las mujeres rurales para emprender. Este enfoque no solo permite describir las actitudes de las emprendedoras, sino también identificar estrategias que promuevan su desarrollo y contribuyan al fortalecimiento de sus proyectos empresariales en un entorno desafiante.

Por lo anterior, el marco teórico expuesto sobre el emprendimiento femenino, la desigualdad de género y las mujeres rurales evidencia una interconexión crucial para comprender las dinámicas de desarrollo en contextos socioeconómicos vulnerables. Si bien el emprendimiento representa una herramienta clave para impulsar la innovación, el crecimiento, el desarrollo y la autosuficiencia, las mujeres rurales enfrentan barreras estructurales derivadas de desigualdades históricas en cuanto al acceso a recursos, poder y oportunidades. Sin embargo, su capacidad de resiliencia y adaptación demuestra que, cuando se eliminan estas barreras y se fomenta su participación, pueden convertirse en agentes transformadores para sus comunidades. Este marco teórico establece las bases para abordar estas problemáticas desde un enfoque integral que priorice el fortalecimiento de capacidades en zonas rurales.

Metodología

Para la realización de la presente investigación se empleó un enfoque cuantitativo de carácter descriptivo y transversal, ya que se realizó en un periodo determinado, que comprendió de febrero a julio de 2023. Para validar la hipótesis y alcanzar el objetivo planteado, se diseñó un instrumento de recolección de datos basado en una revisión exhaustiva de literatura reciente sobre emprendimiento, desigualdad de género y las particularidades de las mujeres rurales. La población objetivo estuvo conformada por mujeres residentes en comunidades rurales del municipio de Centro, en el estado de Tabasco, ubicado en el sureste de México, caracterizado por altos niveles de marginación, pobreza y rezago social (INEGI, 2021). En función de estos criterios, se seleccionaron 13 comunidades rurales. El tamaño de la muestra fue calculado mediante muestreo aleatorio estratificado, considerando un nivel de confianza del 95% y un margen de error de 5%, lo que dio como resultado 214 mujeres encuestadas. La aplicación de las encuestas se realizó directamente en las comunidades seleccionadas, y los datos recopilados fueron analizados utilizando el software SPSS versión 26.0.

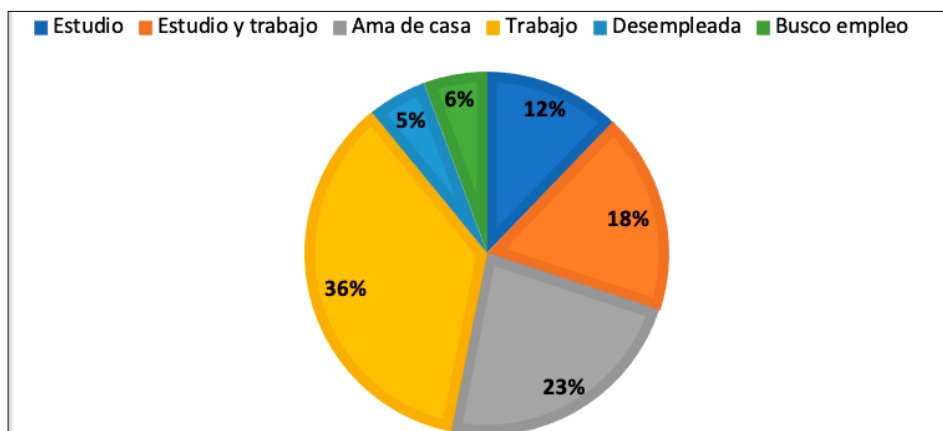
Resultados

El análisis estadístico de los datos recopilados mediante el instrumento de investigación aplicado en las comunidades rurales del sureste de México permitió examinar en detalle las condiciones socioeconómicas de las mujeres de la zona rural objeto de estudio. Este análisis tuvo como objetivo no solo describir su situación actual, sino también explorar su actitud hacia el emprendimiento, identificando necesidades específicas y demandas relacionadas con este ámbito. Los resultados obtenidos ofrecen una visión integral de los factores que influyen en su contexto socioeconómico y en su potencial emprendedor, proporcionando información clave para el diseño de estrategias que promuevan su desarrollo económico y social.

En relación con las actividades económicas realizadas, se encontró que el 36% de las mujeres rurales estaba empleadas, ya sea dentro o fuera de su

comunidad, mientras que el 23% se dedicaban exclusivamente a tareas del hogar y un 12% se encontraban cursando estudios. Además, 18% combinaban el trabajo con la educación, 5% estaban desempleadas y 6% buscaban activamente empleo (figura 1). Entre las mujeres que declararon estar empleadas, 21% trabajaba de manera autónoma, lo que refleja una marcada inclinación emprendedora. Por otro lado, 5% contaba con un empleo formal con contrato, 5% realizaba trabajos temporales en casas o negocios locales, y apenas 1% era propietaria o colaboraba en una empresa familiar, lo que evidencia una actitud emprendedora consolidada y orientada hacia la generación de empleo. El 68% no supo que contestar (Figura 2).

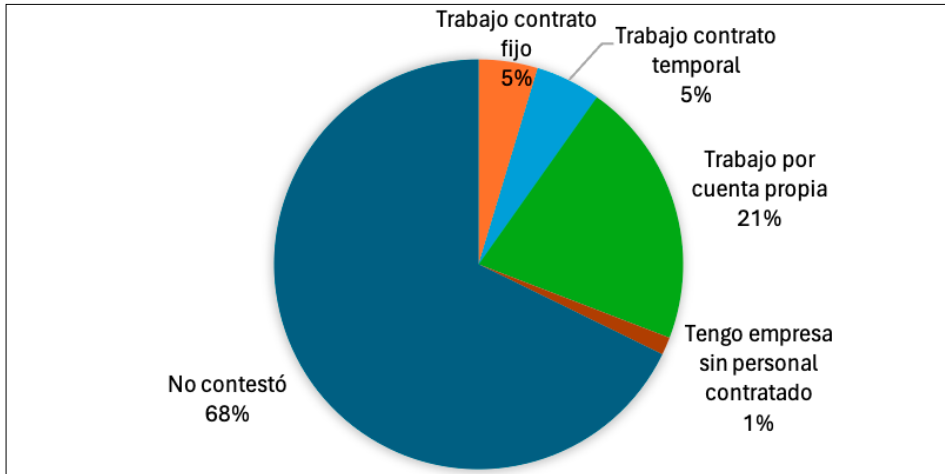
Figura 1. Actividades económicas



Nota: Resultados de la aplicación de la encuesta.

Las mujeres rurales participantes en esta investigación manifestaron una percepción predominantemente negativa sobre la situación económica de sus comunidades. En este sentido, 57% calificó dicha situación como cada vez más mala, mientras que 32% la evaluó como igual que antes. Por el contrario, solo 5% percibió un panorama económico favorable y 6% no supo que contestar (figura 3). Ante este contexto, resulta fundamental impulsar iniciativas que fomenten el emprendimiento femenino en el ámbito rural, como una estrategia para mejorar las condiciones de vida y promover el desarrollo local. De hecho, 75% de las mujeres encuestadas valoró como muy importante la posibilidad de gestionar un negocio familiar para su

Figura 2. Situación laboral

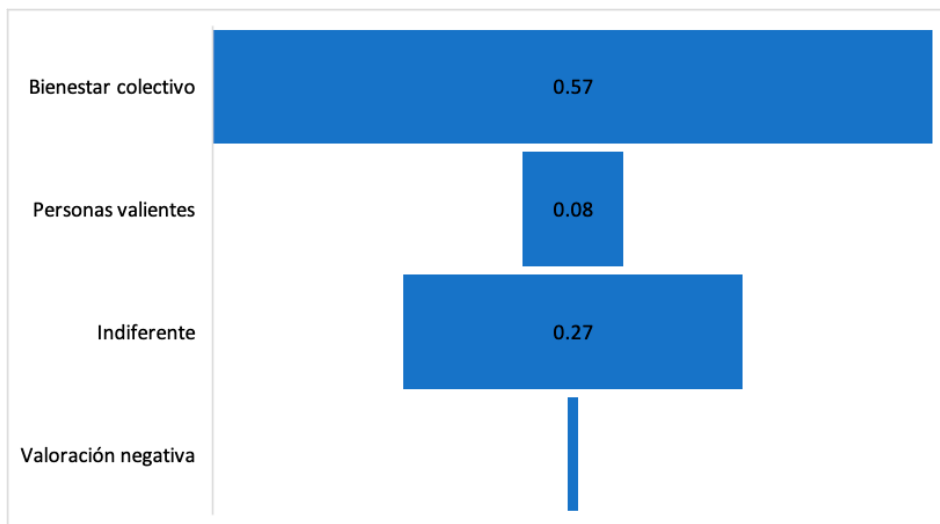


Nota: Resultados de la aplicación de la encuesta.

bienestar, 23% consideró que esto tenía una importancia moderada y apenas 2% lo descartó como un factor relevante. Estas cifras reflejan la necesidad de generar políticas y programas que promuevan el empoderamiento económico de las mujeres rurales.

Un aspecto clave para fomentar el emprendimiento femenino en áreas rurales es la disposición positiva hacia la creación de negocios propios. Según los datos, 85% de las mujeres encuestadas expresó sentirse motivada en algún momento por la idea de establecer un negocio o empresa familiar, mientras que 15% restante no consideró este aspecto como prioritario. Además, 96% de las participantes señaló que poseer un negocio propio es un factor importante, frente a 4% que manifestó una opinión contraria. En relación con el impacto comunitario de los emprendedores, la percepción general fue favorable: 57% de las mujeres destacó su contribución positiva al bienestar colectivo, mientras que 8% los valoró como personas valientes por asumir los riesgos de iniciar un negocio. Sin embargo, 27% se mostró indiferente ante esta actividad y solo 1% expresó una valoración negativa sobre su relevancia para la comunidad. Estos hallazgos subrayan la importancia de reforzar el papel del emprendimiento como motor de desarrollo rural (Figura 3).

Figura 3. Percepción de los emprendedores

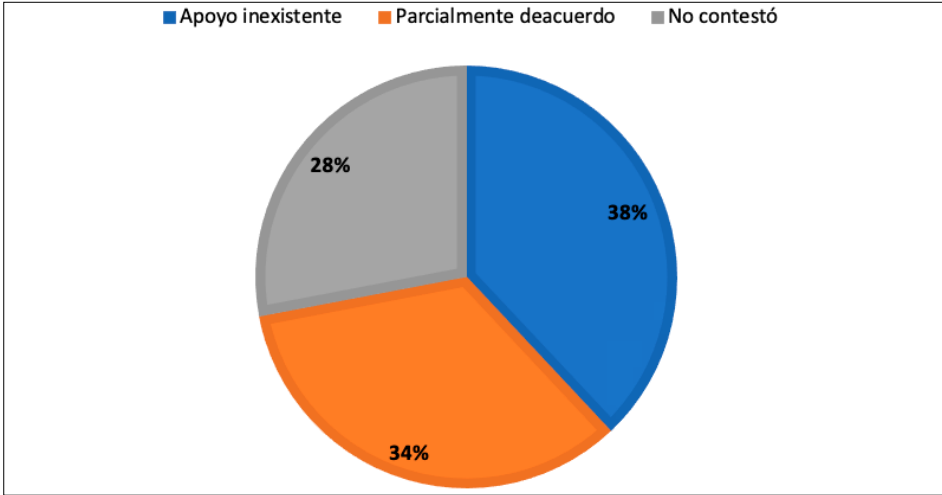


Nota: Resultados de la aplicación de la encuesta.

Las mujeres rurales del sureste de México destacaron la importancia del emprendimiento en sus comunidades, principalmente por su capacidad para generar empleo. En este sentido, 43% de las encuestadas estuvo totalmente de acuerdo en que los emprendedores impulsan la creación de empleos, 50% mostró acuerdo parcial y solo 7% expresó una opinión contraria. Asimismo, se reconoció el papel fundamental del emprendimiento en el crecimiento económico local, con 36% de las participantes completamente de acuerdo y 56% en acuerdo parcial, mientras que únicamente 8% manifestó desacuerdo. Sin embargo, a pesar de este reconocimiento, las entrevistadas señalaron que los programas de apoyo al emprendimiento están mayoritariamente concentrados en zonas urbanas, lo que limita de manera significativa las oportunidades en áreas rurales. En este aspecto, 38% de las mujeres coincidió en que el apoyo al emprendimiento femenino en sus comunidades era inexistente o muy escaso, y 34% estuvo parcialmente de acuerdo con esta afirmación (Figura 4). Además, existe una percepción generalizada sobre las mayores dificultades que enfrentan los emprendimientos rurales en comparación con los urbanos, ya que 48% de las participantes respaldó esta idea, mientras que 37% no estuvo de acuerdo. Estos hallazgos resaltan la necesi-

dad de diseñar e implementar políticas y programas específicos para fortalecer el emprendimiento femenino en contextos rurales.

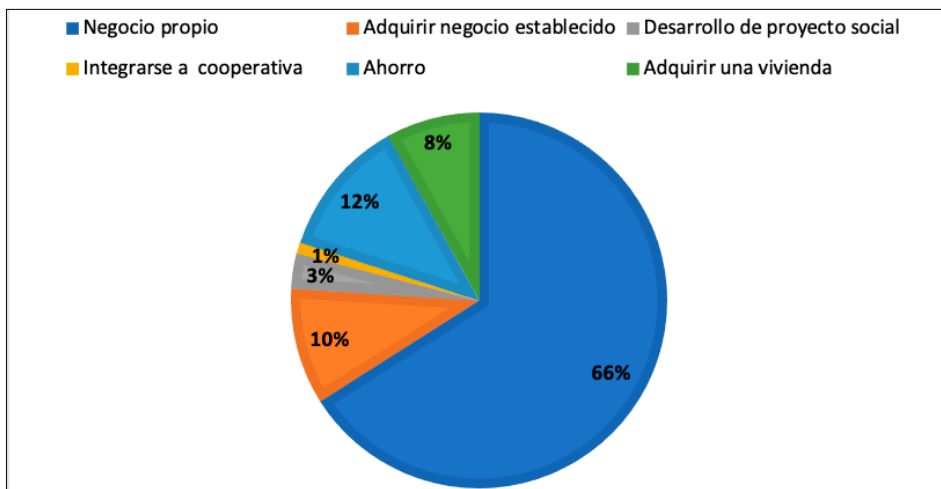
Figura 4. Mayor apoyo del emprendimiento en zonas urbanas



Nota: Resultados de la aplicación de la encuesta.

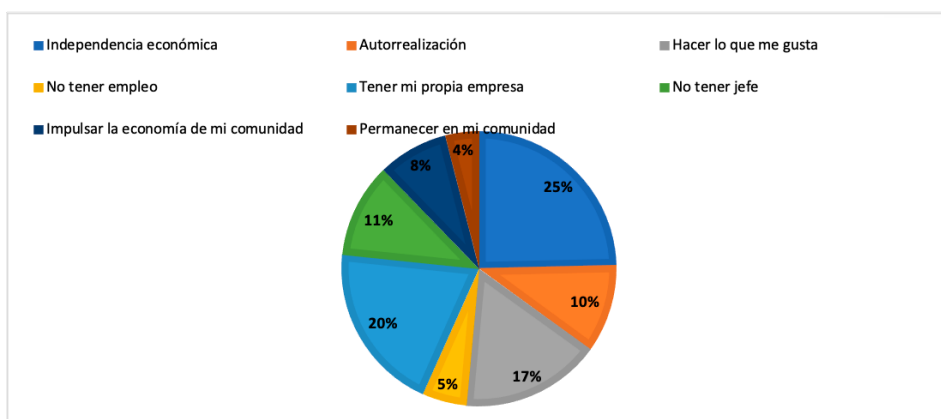
Otro hallazgo clave derivado del análisis de la actitud emprendedora de las mujeres rurales es su intención de iniciar un negocio si contaran con los recursos necesarios. En este sentido, 66% de las entrevistadas expresó su deseo de emprender su propio negocio, mientras que 10% optaría por adquirir uno ya establecido. Por otro lado, 3% indicó que desarrollaría un proyecto social en beneficio de su comunidad, y 1% preferiría integrarse a una cooperativa. Sin embargo, no todas las participantes destinarían los recursos a fines productivos. 12% indicó que los ahorraría, y 8% los utilizaría para adquirir una vivienda (Figura 5).

En cuanto a las razones que motivarían a estas mujeres a emprender, 20% destacó la aspiración de tener su propio negocio o empresa, seguido por el deseo de lograr independencia económica, mencionado por 25%. Asimismo, 17% consideró importante dedicarse a actividades que les apasionan, y 10% lo haría como medio para alcanzar su autorrealización. Además, 8% expresó interés en contribuir al desarrollo económico de su comunidad, y 4% señaló su intención de emprender para continuar viviendo en su lugar

Figura 5. *Intención de emprender si contaran con recursos económicos*

Nota: Resultados de la aplicación de la encuesta.

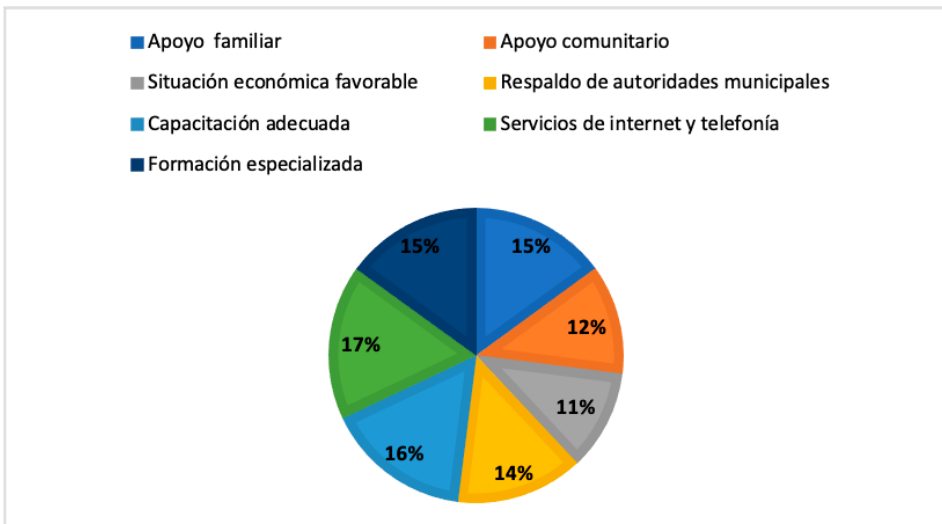
de origen. Entre otras motivaciones, 11% deseaba emprender para no depender de un jefe, y 5% buscaba esta opción como una solución ante la falta de empleo en su localidad. Estos datos reflejan la diversidad de motivaciones que impulsan el emprendimiento femenino en contextos rurales (Figura 6).

Figura 6. *Motivos para emprender*

Nota: Resultados de la aplicación de la encuesta.

Si bien, las mujeres rurales perciben la prevalencia de factores que las incentivan a emprender, también consideran que hay barreras significativas que las desmotivan. Entre los principales obstáculos, 16% expresó temor al fracaso y a las consecuencias económicas que ello conlleva, mientras que 15% manifestó preocupación por la incertidumbre en los ingresos que podría generar un negocio. El 3% señaló que las responsabilidades asociadas al emprendimiento representan una carga excesiva. De igual forma, un aspecto destacado fue que 18% consideró que la delincuencia y la inseguridad en su región constituyen riesgos significativos que desincentivan la actividad emprendedora. Adicionalmente, otros factores dificultan el desarrollo emprendedor en estas comunidades. El 22% de las mujeres afirmó no contar con los recursos económicos necesarios para iniciar un negocio. La falta de apoyo gubernamental también se identificó como un problema, señalado por 8% de las entrevistadas. Por otra parte, 10% expresó no tener claridad sobre qué tipo de negocio emprender, y otro 8% consideró carecer de los conocimientos necesarios (Figura 7). Estos hallazgos subrayan la necesidad de implementar estrategias integrales para mitigar estas barreras y fomentar el emprendimiento femenino en contextos rurales.

Figura 7. Barreras para no emprender

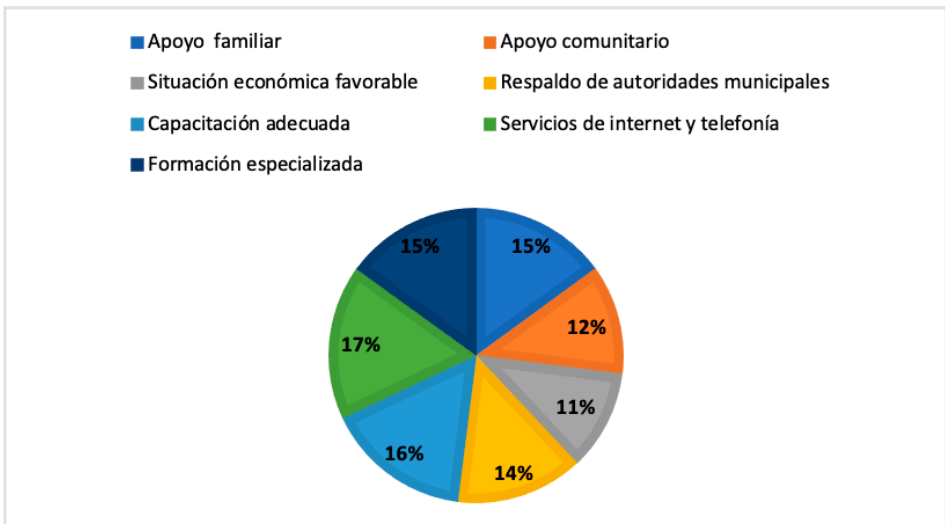


Nota: Resultados de la aplicación de la encuesta.

El desarrollo de la actitud emprendedora implica diversas características determinantes. Por ejemplo, 17% de las mujeres de las comunidades rurales encuestadas señaló que emprender un negocio requeriría el apoyo y acompañamiento familiar, 15% destacó la importancia del respaldo comunitario, y otro 17% consideró crucial que la situación económica del mercado sea favorable.

Aunado a lo anterior, 14% de las participantes identificó como esencial el respaldo que las autoridades municipales pudieran brindar a sus iniciativas, mientras que 15% destacó la importancia de recibir formación adecuada para desarrollar sus proyectos. Asimismo, 20% señaló que, además de contar con recursos económicos suficientes, era crucial disponer de acceso a servicios de internet y telefonía. La capacitación, como elemento clave para el éxito de cualquier emprendimiento, representa un desafío significativo para las mujeres rurales debido a las condiciones adversas en las que viven, marcadas por limitaciones socioeconómicas, aislamiento geográfico y desigualdades de género. Con base en que cerca de 30% de las entrevistadas subrayó la necesidad de formación especializada y apoyo institucional para iniciar un negocio, se exploraron a profundidad las demandas específicas relacionadas con la capacitación en este ámbito (Figura 8).

Figura 8. *Desarrollo de actitud emprendedora*



Nota: Resultados de la aplicación de la encuesta.

Respecto al antecedente teórico o práctico que las participantes en el estudio tengan sobre el emprendimiento, 84% respondió que nunca había participado en talleres o cursos orientados a fomentar la idea de iniciar un negocio. En contraste, 16% indicó haber tenido algún tipo de acercamiento en ese ámbito. En relación con lo anterior, al ser consultadas sobre la importancia de recibir capacitación especializada en emprendimiento, cerca de 80% coincidió en que esta formación les sería útil para concretar sus ideas de iniciar algún negocio en sus comunidades.

Es importante señalar que las mujeres en áreas rurales no solo requieren formación técnica de calidad, sino también apoyo especializado durante la puesta en marcha de sus proyectos empresariales. En este sentido, 74% de ellas considera que este acompañamiento es esencial para facilitar procesos como el registro formal de sus negocios, la gestión de recursos provenientes de programas gubernamentales y el manejo administrativo de sus emprendimientos. Reconociendo que la capacitación en habilidades empresariales emerge como una de sus principales necesidades, se indagaron sus expectativas respecto a los elementos clave que debería incorporar para llevar a la realidad los emprendimientos. Entre los aspectos más valorados destacaron la flexibilidad y adaptabilidad a sus horarios, especialmente después de cumplir con las actividades del hogar, así como su pertinencia para las necesidades específicas de las comunidades rurales. Al respecto, 100% de las encuestadas consideraron estos factores como altamente relevantes. Asimismo, las mujeres rurales manifestaron la necesidad de que la formación ofrecida sea eminentemente práctica, con un enfoque que les permita aplicar directamente los conocimientos adquiridos. Además, destacaron la importancia de que esta capacitación se imparta de forma presencial en sus comunidades, facilitando así el acceso y la participación. De igual manera, enfatizaron el valor crucial de recibir asesoramiento continuo y seguimiento técnico durante las etapas iniciales de operación de sus negocios, lo cual consideran indispensable para enfrentar desafíos y consolidar sus proyectos de manera sostenible.

Conclusiones

El presente trabajo de investigación se enfocó en describir la actitud emprendedora de las mujeres rurales del sureste de México frente a la vulnerabilidad socioeconómica. Asimismo, analizó las características y oportunidades disponibles para fomentar su desarrollo emprendedor dentro de sus comunidades, destacando aspectos clave que deben considerarse en el diseño de políticas y programas públicos orientados al emprendimiento rural con perspectiva de género. El interés de las mujeres rurales por el emprendimiento como alternativa económica es claro; no obstante, enfrentan importantes limitaciones, entre ellas la escasez de recursos financieros y el acceso restringido a créditos indispensables para materializar sus proyectos. Impulsar el emprendimiento femenino en estas zonas requiere abordar factores clave como el respaldo familiar, la creación de condiciones económicas favorables que fortalezcan el mercado local y faciliten la comercialización de productos y servicios, así como el apoyo institucional, particularmente a nivel municipal, para promover y sostener sus iniciativas emprendedoras.

El emprendimiento rural femenino enfrenta desafíos significativos debido al entorno económico adverso que persiste en las comunidades rurales. Este contexto ha sido identificado como una barrera importante debido a que afecta negativamente las aspiraciones emprendedoras de las mujeres rurales. Estos hallazgos subrayan la necesidad urgente de implementar programas de reactivación económica local que prioricen el apoyo a iniciativas de emprendimiento lideradas por mujeres, especialmente aquellas que desempeñan roles como amas de casa en zonas rurales. Estas estrategias no solo facilitarían el aprovechamiento de los recursos disponibles, sino que también fortalecerían el optimismo sobre la recuperación económica de la comunidad. Impulsar el emprendimiento entre las mujeres rurales del sureste de México representa una estrategia para mitigar la migración constante hacia las zonas urbanas, originado por la carencia de oportunidades laborales en el entorno local.

Finalmente, es de resaltar que el fortalecimiento al emprendimiento femenino en zonas rurales requiere de un esfuerzo integral donde los gobiernos, las instituciones educativas, las empresas y la sociedad civil con-

verjan coordinados para garantizar que estas acciones trasciendan los modelos tradicionales y se conviertan en motores de cambio estructural en el ámbito rural.

Referencias

- Chatterjee, I., Shepherd, D.A., Wincent, J., 2022. Women's entrepreneurship and well-being at the base of the pyramid. *J. Bus. Ventur.* 37(4), 106222 <https://doi.org/10.1016/j.jbusvent.2022.106222>
- Chatterjee, S., Ghosh, S. K., & Chaudhuri, R. (2020). Knowledge management in improving business process: an interpretative framework for successful implementation of AI-CRM-KM system in organizations. *Business Process Management Journal*, 26(6), 1261-1281. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-05-2019-0183>
- Chen, Z., & Barcus, H. R. (2024). The rise of home-returning women's entrepreneurship in China's rural development: Producing the enterprising self through empowerment, cooperation, and networking. *Journal of Rural Studies*, 105, 103156. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2023.103156>
- Coffman, C.D., Sunny, S.A., 2021. Reconceptualizing necessity and opportunity entrepreneurship: a needs-based view of entrepreneurial motivation. *Acad. Manag. Rev.* 46(4), 823-835. <https://doi.org/10.5465/amr.2019.0361>
- De la Garza, M. Zavala, M. & Lemus J. (2017). Competencias del emprendedor y su impacto en el desempeño organizacional. *Universidad y empresa*, 19(33), 53-74. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/empresa/a.4811>
- Dencker, J.C., Bacq, S., Gruber, M., Haas, M., 2021. Reconceptualizing necessity entrepreneurship: a contextualized framework of entrepreneurial processes under the condition of basic needs. *Acad. Manag. Rev.* 46(1), 60-79. <https://doi.org/10.5465/amr.2017.0471>
- Deng, W., Orbes, I., & Ma, P. (2024). Necessity-and opportunity-based female entrepreneurship across countries: The configurational impact of country-level institutions. *Journal of International Management*, 101160. <https://doi.org/10.1016/j.intman.2024.101160>
- Drucker, P. (1985). *Innovation and entrepreneurship: Practice and principles*. Harper & Row.
- Franzke, S., Wu, J., Froese, F. J., & Chan, Z. X. (2022). Female entrepreneurship in Asia: a critical review and future directions. *Asian Business & Management*, 21(3), 343-372. <https://doi.org/10.1057/s41291-022-00186-2>
- Hernández-López, M. E., Márquez-Ramos, L., & Caballero-Robledo, G. A. (2020). Desigualdad de género en la política: una revisión de la literatura sobre México. *Política y Gobierno*, 27(1), 83-111. <https://doi.org/10.18042/cepc/pg.27.04>
- Kabeer, N. (2017). Gender equality and women's empowerment: A critical analysis of

- the third millennium development goal. *Gender & Development*, 25(1), 1-13. <https://doi.org/10.1080/13552074.2017.1293371>
- Kuratko, D. F., & Covin, J. G. (2025). Fifty years of entrepreneurship: Recalling the past, examining the present, & foreshadowing the future. *Journal of Business Research*, 186, 114980. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2024.114980>
- López-Ortega, M., & Carreón, M. A. (2019). Desigualdad de género y violencia contra las mujeres en México: una revisión teórica. *Investigación en Género*, 7, 47-61. <https://doi.org/10.32870/ig.vi7.875>
- Muñoz-Chávez, J. P., Rodríguez-Morales, J. I., Zamudio, R. V. G., García-Contreras, R., & Pérez, A. G. (2024). Desigualdad de Género y Compromiso Organizacional: Evidencia empírica entre Mujeres Trabajadoras del Centro de México. *Arandu UTIC*, 11(2), 1960-1976. <https://doi.org/10.69639/arandu.v11i2.385>
- Pérez-Morote, R., Núñez-Chicharro, M., Pontones-Rosa, C., & Alonso-Carrillo, I. (2023). Public policies and social responsibility regarding gender policies in rural areas of Spain: Do men and women agree on its necessity and relevance?. In *Women's Studies International Forum*, 99, 102760. <https://doi.org/10.1016/j.wsif.2023.102760>
- Rodríguez, R. L., Pérez, J. F. C., & Ochoa, A. R. (2019). Desigualdad de género en el acceso a la educación superior en México. *Revista de Investigación Académica*, 55, 72-81. <https://doi.org/10.15381/rinvp.v55i1.15531>
- Schumpeter, Joseph A. (1939). *Ciclos económicos: un análisis teórico, histórico y estadístico del proceso capitalista*. Nueva York: McGraw-Hill.
- Seguino, S. (2017). The cost of gender inequality: Latin America and the Caribbean. *Feminist Economics*, 23(3), 147-170. <https://doi.org/10.1080/13545701.2017.1332857>

9. La estandarización de tiempos un problema recurrente en Mipymes Hidalguenses

KATIA LORENA AVILÉS COYOLI*

JAIME GARNICA GONZÁLEZ**

ROSA IRENE ROJAS RAUDA***

EDITH MENDOZA RAMÍREZ****

Resumen

Ante los vertiginosos cambios a los que están sujetas las empresas hoy en día, las mejoras en las actividades empresariales relacionadas con la producción tienen un papel fundamental para garantizar su competitividad. En este sentido, el estudio de tiempos como técnica es utilizado para medir el tiempo de trabajo en el que se realiza cada proceso para la producción de un bien, buscando aumentar la productividad de las organizaciones y eliminando en forma sistemática las operaciones que no agregan valor al proceso. Esto constituye la base para el trabajo estándar que hace posible la aplicación de los principios de *lean manufacturing*. Este trabajo está enfocado en la estandarización de tiempos con la finalidad de obtener mejoras en la

* Doctora en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México. Maestra en Ciencias, Instituto Tecnológico de Pachuca, México. Docente adscrita al Tecnológico Nacional de México Campus Pachuca, Departamento de Ingeniería Industrial ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1619-4359>

** Doctor en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México. Maestro en Ingeniería (Planeación), Universidad Nacional Autónoma de México. Profesor Investigador de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2453-5144>.

*** Doctora en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México. Maestro en Ciencias Computacionales, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2782-9279>

**** Doctora en Ciencias en Ingeniería con Énfasis en Análisis y Modelación de Sistemas, Maestra en Ciencias en Ingeniería Industrial, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. Profesor Investigador de Ingeniería en Mecánica Automotriz de la Universidad Politécnica de Pachuca ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3675-4758>

producción e incremento de la productividad en cuatro mipymes hidalguenses. Para este propósito se llevó a cabo una investigación aplicada y mixta utilizando la metodología denominada determinación de tiempo estándar mediante la técnica del factor de actuación, contrastando los tiempos estandarizados con las cifras obtenidas del proceso previo para identificar los beneficios e incrementar la productividad. Los resultados obtenidos muestran que el uso de la estandarización de tiempos es una técnica aún vigente para la eliminación de actividades que no agregan valor al proceso e incremento de la productividad. Dichos resultados son relevantes dado que las mipymes mexicanas requieren de la implementación de este tipo de técnicas que favorezcan la mejora continua de sus procesos.

Palabras clave: *competitividad, estandarización de tiempos, mipymes, productividad.*

Introducción

A nivel mundial, 94% de las empresas pertenecen a la categoría de micro, pequeñas y medianas (mipymes), lo que representa una parte fundamental de las economías en países como Alemania, Turquía y Colombia, dado que representan el 88, 72 y 80% de la fuente de empleo, respectivamente. México cuenta con 4.7 millones de mipymes, lo cual representa el 99.8% de las empresas. Su contribución al PIB es del 52%, proporcionando empleo a 68.4% del total de las personas que laboran en el sector empresarial conformado por una cifra de 27 millones de personas (Secretaría de Economía, 2024; INEGI, 2024). Las principales actividades económicas en estas organizaciones son el comercio al por menor, los servicios y la manufactura. En el estado de Hidalgo actualmente no se cuenta con datos duros sobre el tema, sin embargo, varios autores aseveran que el cambio no ha sido relevante de acuerdo con la investigación de Terrones (2011), quien afirma que 83.3% de las empresas hidalguenses son mipymes y al menos 90% son propiedad y de gestión familiar.

Respecto a las empresas familiares, estas tienen ventajas, como el compromiso que se ve reflejado en el sentido de responsabilidad, así como en la

dedicación de sus integrantes debido al orgullo que representa para ellos ser parte del negocio. Sin embargo, también existen diversas problemáticas como son la rigidez basada en la experiencia de las actividades realizadas en la empresa y los crecientes desafíos comerciales resultado de las prácticas obsoletas. Un ejemplo es la realización de sus actividades de producción sin la estandarización de tiempos, así como los cambios o transiciones de las personas que manejan la compañía.

Hoy en día el entorno global ha llevado a estas organizaciones a buscar la mejora de sus procesos por medio de la identificación y eliminación en forma gradual de las actividades que no generan valor a sus productos y procesos. Estas actividades representan costos operacionales que se traducen en despilfarros de tiempo, materiales, espacio y otros recursos organizacionales (Ovalle y Cárdenas, 2016).

Una situación recurrente en las empresas manufactureras es que conforme también aumenta la demanda de los requerimientos de los clientes y, en la mayoría de los casos, se elige contratar nuevo personal sin experiencia o trabajar horas extras, dejando de lado los sistemas que favorecen la mejora de los procesos de producción. Los colaboradores realizan el trabajo por obligación, cumplen con lo necesario y pierden el interés en involucrarse con las tareas asignadas, dando lugar a tiempos improductivos que, de acuerdo con la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 1996), son responsabilidad de la dirección y los colaboradores (Izaguirre, Villar y Gutiérrez, 2016).

En este sentido, una de las estrategias para que un negocio o empresa pueda crecer y aumentar sus ganancias es el incrementar su productividad, la cual representa la relación entre la cantidad de producción por hora invertida. Las herramientas fundamentales que generan lo anterior incluyen métodos, estudios de tiempos estándares (a menudo conocidos como medición del trabajo) y diseño del trabajo (Nievel y Freibalds, 2014). En esta etapa, la ingeniería de métodos es la técnica que se ocupa de aumentar la productividad del trabajo, eliminando o reduciendo las actividades ineficientes que afectan la productividad, seguridad, y calidad de la producción, prescindiendo también de todos los desperdicios de materiales, tiempo y esfuerzo por medio de un análisis cuidadoso al ejecutar un trabajo. Como resultado, esto facilita y acelera los movimientos eficientes y hace más sencilla y lucra-

tiva cada tarea, dando como resultado un aumento en la calidad de los productos (García, 2005).

Con esta técnica del estudio de tiempos se registran los tiempos y ritmos de trabajo que corresponden a los elementos de una tarea definida y efectuada en condiciones determinadas, con la finalidad de analizar y definir el tiempo requerido para efectuarla, como sostiene Kanawaty (1996), cuya tesis sigue vigente hasta nuestros días. Las empresas que realizan estudios de trabajo están en una mejor posición para ser competitivas, puesto que su trabajo está orientado a la producción eficiente y a la efectividad empresarial (Adler, 1993).

Esta investigación estuvo enfocada a la estandarización de tiempos en cuatro empresas hidalguenses con la finalidad de incrementar su productividad.

Marco teórico o revisión de la literatura

El trabajo estándar se basa en la excelencia operacional. Sin esto no es posible garantizar que en cada operación los productos se elaboren siempre de la misma forma. La metodología denominada determinación de tiempo estándar acompañada de la técnica del factor de actuación (Nievel y Freibalds, 2014) en la que, como primera etapa, se requiere determinar la situación inicial de la empresa o el proceso que se pretende estandarizar. Parte de un diagnóstico general para conocer el tiempo actual en el que se realizan las operaciones de un proceso, ya que, de esta forma, es posible determinar el porcentaje de mejora o el incremento de la productividad después de haber realizado la estandarización de tiempos. Posteriormente, se determina y diseña de manera gráfica el recorrido que realiza el material hasta convertirse en un producto terminado, con el fin de identificar las actividades que se llevan a cabo en el proceso y el recorrido secuencial del flujo de productos.

Para García (2005), la valoración del ritmo de trabajo y los suplementos son los dos temas más discutidos en el estudio de tiempos. Estos estudios tienen por objeto determinar el tiempo tipo para fijar el volumen de trabajo de cada puesto en las empresas, determinar el costo estándar y establecer

sistemas de salarios incentivos. El estudio de tiempos y movimientos, o estandarización de tiempos, de acuerdo con la Oficina Internacional del Trabajo (1998), se realiza en nueve etapas, una vez elegido el trabajo que se va a analizar (Velber, 2007):

1. Obtener y registrar toda la información posible acerca de la tarea, del operario y de las condiciones que puedan influir en la ejecución del trabajo.
2. Registrar una descripción completa del método descomponiendo la operación en elementos.
3. Examinar ese desglose para verificar si se están utilizando los mejores métodos y movimientos, y determinar el tamaño de la muestra.
4. Medir el tiempo con un instrumento apropiado, generalmente un cronómetro y registrar el tiempo invertido por el operario en llevar a cabo cada elemento de la operación.
5. Determinar simultáneamente la velocidad de trabajo efectiva del operario por correlación con la idea que tenga el analista de lo que debe ser ritmo propio.
6. Convertir los tiempos observados en tiempos básicos.
7. Determinar los suplementos que se añadirán al tiempo básico de la operación.
8. Determinar el tiempo tipo propio de la operación.
9. Valorar el ritmo de trabajo.

Posteriormente, se requiere determinar y plasmar de manera gráfica el recorrido que realiza el material hasta convertirse en producto terminado, con el fin de identificar las actividades que se llevan a cabo en el proceso y el recorrido secuencial del flujo de productos. Como parte de esta metodología es de gran importancia conocer la situación inicial de la empresa o el proceso que se pretende estandarizar mediante un diagnóstico general. De igual manera, es necesario tener conciencia del tiempo actual para realizar las operaciones, ya que de esta manera se puede determinar el porcentaje de mejora o incremento en la productividad después de haber realizado la estandarización de tiempos. Una vez terminado el periodo de observaciones, se habrán acumulado cierto número de tiempos de ejecución y el correspon-

diente factor de calificación mediante la combinación que puede establecer el tiempo normal de la operación estudiada.

Beneficios de documentar el trabajo estándar

De acuerdo con Soconnini (2016), la estandarización de las operaciones favorece el establecimiento de una línea base para evaluar y administrar los procesos así como la evaluación del desempeño, lo cual es el fundamento de las mejoras. Al documentar el trabajo estándar se obtienen los siguientes beneficios:

1. Se asegura que la secuencia de las actividades del operador sea repetible.
2. Se apoya el control visual, lo que favorece la detección de anomalías de manera fácil.
3. Se pueden comparar los procesos actuales con la documentación de éstos, logrando de esta manera tener un banco de información importante.
4. Es una herramienta para iniciar acciones de mejora.
5. Ayuda a mantener un alto índice de repetibilidad.
5. Se asegura que las operaciones se realicen de forma segura y efectiva contribuyendo a la mejora de la productividad.
6. Apoya en el balanceo de los tiempos de ciclo de todas las operaciones
7. Se reduce la curva de aprendizaje de los colaboradores

Finalmente, al estandarizar operaciones se mejoran los procesos y su documentación puede ser el precedente para realizar la implementación de diversas metodologías de mejora continua como son los eventos *Kaizen*, la manufactura celular, cambios rápidos de producto SMED, el mantenimiento productivo, *Kanban*, así como mejoras ergonómicas y de seguridad (Soconnini, 2016).

Metodología

Se realizó una investigación de intervención con un enfoque de múltiples casos en cuatro mipymes hidalguenses que fueron objeto de este estudio. Cabe destacar que la administración y planeación de sus operaciones se llevaban a cabo de manera empírica, lo que generaba una alta variación en los procesos, altos niveles de inventarios, tanto de producto terminado como de materia prima, poca o nula información para la planeación de la producción, lo que propiciaba el incumplimiento de entregas a tiempo y la sobreproducción.

Tabla 1. *Identificación de problemática y estrategia de solución en las empresas estudiadas*

| Tipo de empresa | Problemática detectada | Estrategia de solución | Herramienta utilizada |
|-------------------------|--|---|--|
| Productora de pan | Manejo de la planta de manera empírica, se carece de estandarización en los procesos de producción. | Diagnóstico de la situación actual del proceso, para posteriormente estandarizar las operaciones e incrementar la productividad. | <ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de flujo del proceso • Estudio de tiempos y movimientos • Estandarización de tiempos |
| Lencería | Deficiencias en abastecimiento y flujo de información, así como falta de estandarización de tiempos de proceso, falta división del trabajo y deficiente distribución del área laboral. | Una vez detectadas las principales problemáticas, se inició con una redistribución de las mesas de trabajo y la estandarización de tiempos. | <ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de flujo del proceso • Estandarización de tiempos y proceso • Layout (redistribución) • Despachador de faltantes |
| Fabricación de relojes | Exceso de tiempo ocioso a causa de la falta de actualización en la estandarización de tiempos. | Identificar la situación en la que se encontraba la empresa, con el fin de reducir el tiempo perdido y así incrementar la productividad. | <ul style="list-style-type: none"> • Estudio de tiempos y movimientos • Estandarización de tiempos • Balanceo de líneas |
| Maquinados industriales | Escasa planeación administrativa, no se cuenta con tiempos estándar en la fabricación de productos. | Clasificar e identificar los productos con mayor demanda, para estandarizar los tiempos de fabricación. | <ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de flujo del proceso • Estudio de tiempos y movimientos • Estandarización de tiempos |

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 1 se muestran las problemáticas que se detectaron en las cuatro empresas, las estrategias de solución propuestas, así como las herramientas propias de la ingeniería industrial seleccionadas para resolverlas. Como se observa, la falta de estandarización de tiempos es un problema recurrente en todas las empresas debido a que estas llevaban a cabo sus

actividades de manera empírica, lo que resultaba en una falta de control del proceso productivo.

Como parte de la metodología general para la estandarización de tiempos se deben registrar, medir y evaluar los tiempos de cada uno de los procesos, como se observa en la Tabla 2. El estudio de tiempos es adaptable a cualquier tipo de proceso independientemente del giro o sector de la empresa en el que se pretenda implantar. Actualmente las organizaciones, principalmente las mipymes, aún carecen del uso de este tipo de herramientas de la ingeniería industrial y no consideran que el establecer tiempos estándar permite identificar las tareas que generan retrasos. Esto representa algo de suma para la empresa, ya que por medio de la estandarización de tiempos se incrementan tanto la productividad como la competitividad.

Tabla 2. Variantes en las técnicas utilizadas para el estudio de tiempos

| Empresa | Actividad económica | Técnica utilizada | Objetivo del estudio |
|------------------------|---------------------------|--|---|
| Productora de pan | Alimentos | Estudio de tiempos con cronómetro | Incremento de la productividad, establecer tiempos estándar |
| Lencería | Textil | | |
| Fabricación de relojes | Fabricación de accesorios | | |
| Maquinados | Metalmecánica | Estudio de tiempos con cámara de video | Reducir la variabilidad de tiempos en los procesos |

Fuente: Elaboración propia.

En las tabla 3 a 6 se muestran los valores que permiten establecer los tiempos de proceso del área productiva para cada una de las mipymes, en donde TP = tiempo promedio (tiempo promedio de las observaciones), S = suplemento (son los factores propios del ser humano y su entorno que generan una demora adicional para la ejecución del trabajo), N = nivelado (es el tiempo obtenido del tiempo promedio por el factor de actuación), TE = tiempo estándar o tiempo tipo (el resultado del tiempo nivelado multiplicado con el suplemento) y C = control (es la división del estándar entre la frecuencia por unidad). La valoración del ritmo de trabajo del operario y los suplementos expresa que el factor de actuación es una técnica que determina de manera precisa el tiempo en que un operario realiza una tarea a un ritmo de trabajo normal (Escalante y González, 2016).

Tabla 3. *Análisis de tiempos en la empresa productora de pan*

| Análisis de tiempos | | | | | | |
|--|-----------------------------------|----------|-------|------------------|----------|---------|
| Empresa: Productora de pan | | | | Estudio: 1 | | |
| Descripción del producto | | | | Método: nuevo | | |
| Masa de trigo rellena y horneada (pay) | | | | | | |
| No. | Descripción del elemento | TP (seg) | S (%) | N (seg) | TE (seg) | C (seg) |
| 1 | Pesado de materia prima (pasta) | 548.10 | 26 | 493.29 | 621.55 | 621.55 |
| 2 | Mezclado de líquidos y sólidos | 1 860 | - | 1 674 | 1 674 | 1 674 |
| 3 | Inspección de la pasta | 10 | 26 | 9 | 11.34 | 11.34 |
| 4 | Pesado y cortado | 28.09 | 26 | 25.28 | 31.85 | 1.06 |
| 5 | Troquelado | 121.68 | 26 | 109.51 | 137.99 | 4.60 |
| 6 | Pesado de materia prima (relleno) | 2 967.08 | 26 | 2 670.37 | 694.30 | 115.72 |
| 7 | Homogenización | 180 | - | 162 | 162 | 5.40 |
| 8 | Dosificación | 13.32 | 26 | 11.99 | 15.10 | 2.16 |
| 9 | Cocción | 4,500 | - | 4 050 | 4,050 | 4 050 |
| 10 | Aplicación de conservador | 44.99 | 26 | 40.49 | 51.02 | 51.02 |
| 11 | Desmolde | 9.43 | 26 | 8.49 | 2.21 | 0.07 |
| 12 | Atemperado | 5 400 | - | 4 860 | 4 860 | 4 860 |
| Tiempo estándar total (seg) | | | | 11 689.81 | | |

Nota: TP = tiempo promedio, S = suplemento, N = nivelado, TE = tiempo estándar y C = control
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. *Análisis de tiempos en empresa de lencería*

| Análisis de tiempos | | | | | | |
|------------------------------------|--------------------------|-----------|-------|----------------|----------|---------|
| Empresa: Lencería | | | | Estudio: 1 | | |
| Descripción del proceso | | | | Método: nuevo | | |
| Empaquetado de prendas | | | | | | |
| No. | Descripción del elemento | TP (seg) | S (%) | N (seg) | TE (seg) | C (seg) |
| 1 | Inspección | 299.48952 | 21 | 247.512 | 299.4895 | 14.9745 |
| 2 | Enganchado | 183.9684 | 21 | 152.04 | 183.9684 | 9.19842 |
| 3 | Entallado | 76.83016 | 21 | 63.496 | 76.83016 | 3.84151 |
| Tiempo estándar total (seg) | | | | 0.46691 | | |

Nota: TP = tiempo promedio, S = suplemento, N = nivelado, TE = tiempo estándar y C = control
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. *Análisis de tiempos en empresa fabricante de relojes*

| Análisis de tiempos | | | | | | |
|------------------------------------|---|----------|----------------|---------------|----------|---------|
| Empresa: Fabricante de reloj | | | Estudio: 1 | | | |
| Descripción del producto | | | Método: actual | | | |
| Reloj decorativo de pared | | | | | | |
| No. | Descripción del elemento | TP (seg) | S (%) | N (seg) | TE (seg) | C (seg) |
| 1 | Colocación de maquinaria interna en la base del reloj | 9.65 | 24 | 7.79 | 9.65 | 9.65 |
| 2 | Colocación de estampa en base del reloj | 10.01 | 24 | 8.07 | 10.01 | 10.01 |
| 3 | Atornillar base del reloj | 13.59 | 24 | 10.96 | 13.59 | 13.59 |
| 4 | Colocación de manecillas | 27.07 | 24 | 21.83 | 27.07 | 27.07 |
| 5 | Inspección | 5.26 | 24 | 4.24 | 5.26 | 5.26 |
| 6 | Colocación de vidrio | 10.89 | 24 | 8.78 | 10.89 | 10.89 |
| 7 | Colocación de marco | 13.48 | 24 | 10.87 | 13.48 | 13.48 |
| 8 | Sellado | 7.20 | 24 | 5.81 | 7.20 | 7.20 |
| 9 | Empaquetado | 4.52 | 24 | 3.65 | 4.52 | 4.52 |
| 10 | Embalaje | 19.49 | 24 | 15.72 | 19.49 | 19.49 |
| Tiempo estándar total (seg) | | | | 121.17 | | |

Nota: TP = tiempo promedio, S = suplemento, N = nivelado, TE = tiempo estándar y C = control
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. *Análisis de tiempos en empresa de maquinados*

| Análisis de tiempos | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|----------|---------------|-----------------|-----------|-----------|
| Empresa: Maquinados industriales | | | Estudio: 1 | | | |
| Descripción del producto | | | Método: nuevo | | | |
| Manga de acero | | | | | | |
| No. | Descripción del elemento | TP (seg) | S (%) | N (seg) | TE (seg) | C (seg) |
| 1 | Preparación | 209.3 | 11 | 209.3 | 232.323 | 232.323 |
| 2 | Largo | 249.6 | 11 | 249.6 | 277.056 | 277.056 |
| 3 | Programación | 447.8 | 11 | 425.41 | 472.2051 | 472.2051 |
| 4 | Desbaste | 1650 | 11 | 1650 | 1831.5 | 1831.5 |
| 5 | Inspección y ajuste | 201.9 | 11 | 191.805 | 212.90355 | 212.90355 |
| 6 | Desbaste final | 480 | 11 | 480 | 532.8 | 532.8 |
| 7 | Inspección final | 153 | 11 | 145.35 | 161.3385 | 161.3385 |
| Tiempo estándar total (seg) | | | | 3720.126 | | |

Nota: TP = tiempo promedio, S = suplemento, N = nivelado, TE = tiempo estándar y C = control
Fuente: Elaboración propia.

En todos los casos de estudio es importante destacar que se carecía de estandarización de tiempos y conocimiento acerca de la importancia del estudio del trabajo y los beneficios obtenidos al realizar este tipo de prácticas. La falta de tiempos estándares en una empresa es reflejo de la falta de una administración que proporcione la información necesaria para la planeación de las operaciones. Por medio de este estudio se pudo determinar cuáles son las operaciones que generan retrasos en la producción conocidos comúnmente como cuellos de botella. De igual manera, se determinaron cuáles eran los colaboradores que realizaban de manera productiva sus actividades en el menor tiempo posible y brindando los resultados requeridos. Esto se puede utilizar para establecer estándares de tiempo a cada colaborador.

Resultados y discusión

Una vez realizada la estandarización de tiempos en cada una de las mipymes se dan a conocer los beneficios obtenidos. En la productora de pan, al determinar el tiempo estándar para la elaboración del pan, hubo una reducción de las actividades improductivas así como de 50% en las horas extras, lo cual también conlleva un beneficio económico, como lo afirma Montesdeoca (2015) quien, con el objetivo de mejorar la productividad de una empresa a través de un estudio de tiempos y movimientos, concluyó que este tipo de estudios permite establecer los costos que intervienen en la producción, así como aprovechar la mano de obra, reduciendo 0.33 seg/und del tiempo estándar de producción e incrementando la productividad 1.6%.

En cuanto a la empresa de lencería, el establecimiento del tiempo estándar en el proceso de empaquetado de prendas permitió un incremento en la productividad de 33%, resultado que concuerda con el trabajo realizado por Chacón y Rugel en (2018) y Andrade *et al.* (2019), quienes afirman que si el tiempo estándar se reduce, entonces se mejoran los procesos e incrementa la productividad. Por ende, la estandarización influye en mejoras a la calidad del producto.

En la empresa que fabrica relojes de forma artesanal, la obtención del tiempo estándar favoreció la disminución del tiempo ocioso en 15%, lo cual concuerda con lo establecido por Burgos, Villacrés y Cabrera (2022), quienes

afirman que los elementos del proceso entre los que se encuentra la mano de obra intervienen en la calidad del producto y, por ende, en el logro de la productividad planteada. También en la investigación realizada por Muñoz (2021) y Rodríguez et al. (2014), por lo que es posible afirmar que la estandarización de tiempos es un factor que incide de manera directa en la mejora de la productividad, el incremento en el desempeño de los colaboradores, así como en la reducción de actividades que no agregan valor, o son improductivas, y tiempos de ocio, tal como se comprueba en este trabajo con las mipymes objeto de este estudio (Tabla 7).

Tabla 7. *Resultados y beneficios obtenidos*

| Empresa | Resultados obtenidos | Beneficios |
|------------------------------------|--|---|
| Productora de pan | Determinación de tiempo estándar en la elaboración del pay con un tiempo de 11 689.81 segundos . | <ul style="list-style-type: none"> – Conocer el tiempo total para la elaboración del pay. – Reducción de las actividades improductivas. – Reducción en un 50% en utilización de horas extras |
| Lencería | Establecimiento de tiempo estándar 0.46691 segundos, correspondiente a la actividad de empaquetado de prendas. | – Incremento de la productividad en un 33% |
| Fabricación de relojes artesanales | Obtención de un tiempo estándar promedio para la fabricación de reloj decorativo de pared correspondiente a 121.17 segundos. | – Disminución de tiempo ocioso en un 15% |
| Maquinados | Obtención de un tiempo estándar promedio para la fabricación de la pieza manga: 3720.126 seg. | – Reducción de las actividades improductivas. |

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

En esta investigación se pudo observar que la estandarización de tiempos es un factor vital para las organizaciones, ya que repercute en la disminución del tiempo total de proceso, la eliminación de cuellos de botella, lo que incide de manera directa en la mejora del flujo del trabajo. Esto logra el incremento de la productividad, así como la calidad homogénea en los productos debido a que se mantienen condiciones de trabajo similares respecto a los materiales, maquinaria, equipos, métodos, procedimientos, conocimiento y habilidades del personal mientras que las operaciones son ejecutadas. Es relevante mencionar que en las intervenciones realizadas a las 4

mipymes se evidencia en todas la falta de estandarización como un problema recurrente, lo que demuestra, con base en los resultados obtenidos, la importancia de estandarizar los procesos como medida efectiva para disminuir los tiempos improductivos, incrementar la productividad, competitividad, así como mejorar los procesos en las organizaciones.

Referencias

- Andrade, A. M., Del Río, C. A., & Alvear, D. L. (2019). Estudio de Tiempos y Movimientos para Incrementar la Eficiencia en una Empresa de Producción de Calzado. *Información Tecnológica*, 30(3), 83-94.
- Burgos, C., Villacrés, P., y Cabrera, M.S.W. (2022). El calzado de seguridad en el Ecuador, factores que inciden en la calidad del producto y en la productividad de las organizaciones
- Chacón, J. y Rugel, S. (2018). Teorías, modelos y sistemas de gestión de calidad. *Revista ESPACIOS*, 39(50).
- García, R. (2005). *Estudio del trabajo Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. México: McGraw-Hill.
- INEGI. (2024). Estadísticas a propósito del día de las Micro, pequeñas y medianas empresas (MIPYMES). Comunicado de prensa, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.
- Instituto Mexicano de Ejecutivos de Finanzas, A.C. (2010). Obtenido de Publicaciones: <https://imef-org-mx.webnode.mx/boletines-tecnicos/a2010/>
- Izaguirre Villanueva, I. E., Villar Tiravanti, L. M., & Gutiérrez Ascón, J. E. (2016). Estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad en el proceso lavado de envases de agua de mesa en la empresa Q´SED, Chimbote-2016. *INGnosis*, 355-365.
- Kanawaty, G. (1996). *Introducción al Estudio de Trabajo*. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo en Ginebra .
- Niebel, B., & Freivalds, A. (2014). *INGENIERÍA INDUSTRIAL DE NIEBEL MÉTODOS, ESTÁNDARES Y DISEÑO DEL TRABAJO*. McGraw-Hill.
- Organización Internacional del Trabajo. (1998). *Introducción al Estudio del Trabajo*. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo, cuarta edición
- Osvalle-Castiblanco, A. M., & Cárdenas Aguirre, D. M. (2016). ¿Qué ha pasado con la aplicación del estudio de tiempos y movimientos en las últimas dos décadas?: Revisión de la literatura. *Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, 12-31.
- Secretaría de Economía. (2024). Mipymes Mexicanas motor de nuestra economía. México. Gobierno de México.
- Rodríguez Gordillo, N., Chaves Gómez, N., & Martínez Sánchez, P. (2014). Propuesta para la reducción de los tiempos improductivos en Dugotex S.A. *Lasallista de Investigación*, 43-50.

- Terrones Cordero, A. (2011). Las Micro, pequeñas y medianas empresas en el estado de Hidalgo. *Producción Científica de Profesorado UAEH*.
- Velber Castellar, A. J. (2007). Tiempo estandar controlado bajo la perspectiva de un análisis multivariado . *Prospectiva* .
- Bravo A. K.L., Menéndez D. E. y Peñaherrera-Larenas F. (2018): Importancia de los estudios de tiempos en el proceso de comercialización de las empresas”, *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*, (mayo 2018).

Sobre los autores

Mireya Clavel Maqueda

Doctora en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnologías por la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP), México. Obtuvo la Maestría en Administración, Especialidad en Docencia y Licenciatura en Computación en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), México.

Actualmente, es Profesor en el Área Académica de Computación y Electrónica del Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería en la UAEH. Es Miembro nivel I del Sistema Nacional de Investigadores y miembro activo de la Red Académica de Colaboración Académica de Posgraduados UPAEP en Hidalgo. Sus actividades de investigación están relacionadas con estrategias de innovación tecnológica, transformación digital y aplicación de la inteligencia artificial en diferentes sectores. Es coautor de los artículos indexados *Semantic Segmentation in Large-Size Orthomosaics to Detect the Vegetation Area in Opuntia spp. Crop* (J. Imaging, 2024), *An empirical hybrid strategy for NoSQL database distribution* (IJCOPI, 2024) y coautor del capítulo de libro *La Ciberseguridad en la Adopción de la Industria 4.0* (UAEH, 2024).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5487-9888>

SCIPROFILES: <https://sciprofiles.com/profile/3621608>

SCOPUS AUTHOR ID: 57218903235

RESEARCHERID: I-5062-2018

RESEARCHGATE: <https://www.researchgate.net/profile/Mireya-Clavel-Maqueda>

GOOGLE ACADEMIC: <https://scholar.google.com/citations?hl=es&user=K7nGDq8AAAAJ>

Eduardo Cornejo Velázquez

Doctor en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnologías por la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP), México. Obtuvo la Maestría en Ciencias Computacionales, Especialidad en Docencia y Licenciatura en Computación en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), México. Actualmente es Profesor Investigador en el Área Académica de Computación y Electrónica del Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería en la UAEH. Es Candidato al Sistema Nacional de Investigadores y presidente de la Red Académica de Colaboración Académica de Posgraduados UPAEP en Hidalgo. Sus actividades de investigación están relacionadas con estrategias de innovación tecnológica, transformación digital y aplicación de la inteligencia artificial en diferentes sectores. Es coautor de los artículos indexados *Semantic Segmentation in Large-Size Orthomosaics to Detect the Vegetation Area in Opuntia spp. Crop* (J. Imaging, 2024), *An empirical hybrid strategy for NoSQL database distribution* (IJCOPI, 2024) y coordinador del libro *La Ciberseguridad en el mundo contemporáneo* (UAEH, 2024).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0653-9459>

SCIPROFILES: <https://sciprofiles.com/profile/699541>

SCOPUS AUTHOR ID: 57218899683

RESEARCHGATE: <https://www.researchgate.net/profile/Eduardo-Cornejo-Velazquez>

GOOGLE ACADEMIC: <https://scholar.google.com/citations?user=1DpJylgAAAAJ&hl=es>

ACADEMIA: <https://independent.academia.edu/EduardoCornejoVel%C3%A1zquez>

Heriberto Niccolas Morales

Doctor en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnologías por la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP), México. Maestro en Ingeniería (Planeación) por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), cuenta con un Diplomado Universitario en Población y Desarrollo y un Diplomado en Cultura Organizacional, obtuvo el título de Licenciado en Computación por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), México. Se ha desempeñado como profesor investigador de tiempo completo del área académica de ingeniería y arquitectura del Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería en la UAEH. Es candi-

dato a investigador nacional del SNII y Líder del Grupo de Investigación Estudios Empresariales u Organizacionales Transdisciplinarios y Sistémicos. Ha sido miembro del Consejo Asesor Científico del Congreso INNODOCT organizado por la Universidad Politécnica de Valencia, España y revisor de revistas internacionales como INNOVA y European Journal of Family Business. Actualmente se desempeña como coordinador de planeación del Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería de la UAEH.

Sus áreas de investigación son estrategia y competitividad de organizaciones, prospectiva y estudios de futuro, innovación, sustentabilidad y creación de valor compartido, técnicas heurísticas para la planeación y desarrollo organizacional. Es coautor de capítulos de libro y artículos indexados: *Capítulo 1 “El diseño idealizado como metodología sistémica. Una alternativa para la pequeña y mediana empresa ante tiempos turbulentos y de crisis por pandemia COVID-19*, en *La investigación organizacional: Desafíos y perspectivas* (Editorial: Universidad Juárez del Estado de Durango, 2022); *Capítulo 6 Modelo de gestión viable para reducir la desigualdad de género en instituciones de educación superior*, en *La educación e investigación en estos tiempos. Algunas respuestas al año 2022*. (Editorial: Castellanos Editores, 2022); *Conferencia de Búsqueda como metodología de apoyo en acciones de tutoría grupal con estudiantes universitarios*. INNODOCT/22 *International Conference on Innovation, Documentation and Education* (Editorial Universitat Politècnica de València, 2023); *La imagen rica como herramienta de expresión de la desigualdad de género en las organizaciones: una aproximación a través de sistemas suaves* (Interdisciplina, 2024).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6402-121X>

ACADEMIA.edu: <https://uaeh.academia.edu/HeribertoNiccolas>

RESEARCHGATE: https://www.researchgate.net/profile/Heriberto_Niccolas_Morales

GOOGLE ACADEMIC: <https://scholar.google.es/citations?hl=es&user=apJ6kuIAAAAJ>

Jaime Garnica González

Doctor en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnologías por la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP), México. Maestro en ingeniería de planeación por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), cuenta

con una especialidad en sistemas y planeación, así como ser Ingeniero Industrial por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), México.

Se ha desempeñado como profesor investigador del área académica de ingeniería y arquitectura del Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería en la UAEH. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel 1. Es el responsable del capítulo de Administración de Operaciones e Ingeniería y Gestión de Sistemas de la Academia de Ciencias Administrativas A. C. así como el responsable del Comité de Finanzas. Sus actividades de investigación están relacionadas con las técnicas heurísticas para la planeación en organizaciones, análisis y optimización de sistemas sociotécnicos, enfocándose a la innovación y desarrollo tecnológico en productos, servicios y en sistemas en general. Es inventor del título de modelo de utilidad No. 4743, denominación: Arreglo Modular de Mobiliario de Oficina, ante el IMPI en el año 2021. coautor de los artículos indexados: La imagen rica como herramienta de expresión de la desigualdad de género en las organizaciones: una aproximación a través de sistemas suaves (Interdisciplina,2024). Los sitios donde se puede ver su producción científica son:

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2453-5144>

RESEARCHGATE: <https://www.researchgate.net/profile/Jaime-Gonzalez-25>,

GOOGLE ACADEMIC: <https://scholar.google.es/citations?user=zuScXPAAAA-J&hl=es>.

César Alfonso Arroyo Barranco

Doctor en Diseño y Desarrollo de Productos por la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), México. Maestro en Ingeniería Industrial por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo y Diseñador Industrial por la Universidad Cuauhtémoc plantel Puebla.

Se ha desempeñado como Jefa del Laboratorio de Manufactura del Área Académica de Ingeniería y Arquitectura y profesor investigador de tiempo completo en el Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería de la UAEH. Es candidato a Investigador Nacional del SNIH.

Actualmente pertenece a la Red de Investigadores en diseño de la Universidad de Palermo, Argentina y sus áreas de investigación se orientan al diseño y desarrollo de productos, diseño de experiencia y diseño emocional.

Entre algunas de sus publicaciones se encuentran los artículos “Evaluando

métodos de diseño con el modelo FAROUT”, DOI: <https://doi.org/10.46840/ec.2019.12.05>, y “Evaluando alternativas de solución desde el enfoque emocional: propuesta metodológica” doi.org/10.36677/legado.v17i31.15703

Rosa Leticia Muñoz-Chávez

Maestra en desarrollo regional por el Colegio de la Frontera Norte y Licenciada en administración pública por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Es estudiante de doctorado en ciencias administrativas de la Universidad Autónoma Metropolitana. Sus intereses de investigación están relacionados con la administración pública, políticas públicas, inteligencia artificial en las organizaciones y comportamiento organizacional. Ha participado en diversos congresos nacionales e internacionales y ha escrito diferentes artículos en revistas de investigación y capítulos de libros. Entre su producción se encuentran: *Is the Idea of Human Replacement too Far-Fetched?: Artificial Intelligence as a Partner for the Public Sector*, (IGI, Global, 2023), *Jóvenes construyendo el futuro: Análisis y recomendaciones sobre el diseño de la política pública* (RECAI Revista de Estudios en Contaduría, Administración e Informática, 2022), *Sustainability, (Work alienation, deviant workplace behavior and performance in public sector*, 2022).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1493-4376>

RESEARCHGATE: <https://www.researchgate.net/profile/Rosa-Leticia-Munoz-Chavez>

GOOGLE ACADÉMICO: <https://scholar.google.es/citations?user=orWYd20AAA&hl=es>

Juana Patricia Muñoz-Chávez

Doctora en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Tiene una maestría en gestión administrativa con énfasis en mercadotecnia por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Realizó una estancia de investigación en la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad de Málaga, España. Actualmente es profesora de tiempo completo del área de desarrollo de negocios de la Universidad Tecnológica de la Zona Metropolitana del Valle de México. Sus líneas de investigación incluyen organizaciones, comportamiento organizacional, estrategia, mercado-

tecnia y estudios de género. Tiene publicaciones en diversas revistas y editoriales nacionales e internacionales. Forma parte de Red Académica de Colaboración Multidisciplinaria de Posgraduados UPAEP en Hidalgo. Y es miembro del Sistema Nacional de Investigadores de México. Su producción científica se encuentra publicada en revistas como *International Public Management Journal (Telework and public value creation: Evidence from Mexican public officials, 2024)*, *Estudios Gerenciales (Percepción de la calidad en restaurantes: un análisis mixto con redes neuronales, 2022)*, *Telos, (Burnout y educación en línea: Adaptación y validación de escala durante la pandemia, 2022)*.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8485-8594>

RESEARCHGATE: <https://www.researchgate.net/profile/J-Patricia-Munoz-Chavez>

GOOGLE ACADÉMICO: <https://scholar.google.es/citations?user=DXjduoQAAA&hl=es>

Héctor Barrios-Quiroz

Doctor en Ciencias Administrativas en la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), Unidad Azcapotzalco, Maestro en estudios organizacionales y Licenciado en administración también por la UAM. Es profesor investigador de tiempo completo en la Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo y coordinador de la maestría en comercio y logística internacional en la misma institución. Ha participado en congresos nacionales e Internacionales. Ha sido director de tesis de licenciatura y maestría. Es miembro de la Red Mexicana de Investigadores en Estudios Organizacionales REMINEO. Sus líneas de investigación incluyen organizaciones, comportamiento organizacional, estrategia, mercadotecnia y educación superior. Entre sus publicaciones se encuentran: *Work alienation, deviant workplace behavior and performance in public sector, (Sustainability, 2022)*, *Hacia el liderazgo transformacional en la educación superior: competencias para responder a la crisis del COVID-19, (Ciencia y Sociedad, 2022)*, *Liderazgo en el sector público en tiempos de COVID-19 y más allá, (Lúmina, 2023)*.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8816-6918>

RESEARCHGATE: <https://www.researchgate.net/profile/Hector-Barrios-Quiroz>

GOOGLE ACADÉMICO: <https://scholar.google.es/citations?user=RTuEJ7sAAAA&hl=es>

Paul Misael Garza López

Doctor en Biotecnología, Maestro en Biotecnología Ingeniero Bioquímico Industrial por la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. Actualmente es Profesor Investigador del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel. Es miembro de la Sociedad Científica Internacional de Biotecnólogos (SOCIBI). Sus líneas de investigación están relacionadas con la biotecnología aplicada a las ciencias agropecuarias, así como al control biológico de plagas y enfermedades en sistemas agroforestales. Es coautor de los artículos indexados Use of Nutshells Wastes in the Production of Lignocellulolytic Enzymes by White-Rot Fungi (Brazilian Archives of Biology and Technology, 2023), Degradación microbológica y enzimática de forraje de alfalfa para consumo de ganado lechero y ruminantes (Mexican Journal of Technology and Engineering, 2024) y autor de correspondencia del artículo indexado Methods for determination of antioxidant capacity of traditional and emergent crops of interest in Mexico: An overview (Scientia Agropecuaria, 2024).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3151-8369>

SCOPUS AUTOR ID : 41761186700

RESEACHGATE: <https://www.researchgate.net/profile/Paul-Garza-Lopez>

GOOGLE ACADEMIC: <https://scholar.google.com/citations?user=twpKMR-QAAAAJ&hl=es&oi=ao>

ACADEMIA: <https://uaeh.academia.edu/PaulGarzaLopez>

Josefa Espitia López

Doctora en Biotecnología por la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa (UAM-I), México. Obtuvo la Maestría en Biotecnología y la Ingeniería Bioquímica Industrial en la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa (UAM-I), México. Actualmente es Profesora Investigadora en el área académica de ciencias agrícolas y forestales del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Es Nivel I del Sistema Nacional de Investigadores e Investigadoras de Conahcyt, es miembro de la Sociedad Científica Internacional de Biotecnólogos SOCIBI (2024). Sus actividades de investigación están relacionadas con plagas y enfermedades en sistemas agroforestales y biotecnología aplicada a las ciencias agrícolas y forestales. Es coautora de los artículos indexados Methods

for determination of antioxidant capacity of traditional and emergent crops of interest in Mexico: An overview (Flores-Chávez *et al.*, 2024), Microbiological and enzymatic degradation of alfalfa forage for consumption of dairy cattle and ruminants (Valdez-Muñoz *et al.*, 2024) y Review: Main fungi and mycotoxins present in barley (*Hordeum vulgare*) (Vega-Domínguez *et al.*, 2024).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0026-7624>

SCOPUS AUTHOR ID: 56155730800

RESEARCHGATE: <https://www.researchgate.net/scientific-contributions/Josefa-Espitia-Lopez-2151566177>

GOOGLE ACADEMIC: https://scholar.google.es/citations?hl=es&user=BoTmsgoAAAAJ&view_op=list_works&sortby=pubdate

ACADEMIA: <https://uah.academia.edu/JosefaEspitiaL%C3%B3pez>

Eduardo Cornejo Velázquez

Doctor en planeación estratégica y dirección de tecnologías por la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP), México. Obtuvo la Maestría en ciencias computacionales, especialidad en docencia y Licenciatura en Computación en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), México. Actualmente, es profesor investigador en el área académica de computación y electrónica del Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería en la UAEH. Es candidato al Sistema Nacional de Investigadores y presidente de la Red Académica de Colaboración Académica de Posgraduados UPAEP en Hidalgo. Sus actividades de investigación están relacionadas con estrategias de innovación tecnológica, transformación digital y aplicación de la inteligencia artificial en diferentes sectores. Es coautor de los artículos indexados *Semantic Segmentation in Large-Size Orthomosaics to Detect the Vegetation Area in Opuntia spp. Crop* (J. Imaging, 2024), *An empirical hybrid strategy for NoSQL database distribution (IJCOPI, 2024)* y coordinador del libro *La Ciberseguridad en el mundo contemporáneo* (UAEH, 2024).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0653-9459>

SCIPROFILES: <https://sciprofiles.com/profile/699541>

SCOPUS AUTHOR ID: 57218899683

RESEARCHGATE: <https://www.researchgate.net/profile/Eduardo-Cornejo-Velazquez>

GOOGLE ACADEMIC: <https://scholar.google.com/citations?user=1DpJylgAAAJ&hl=es>

ACADEMIA: <https://independent.academia.edu/EduardoCornejoVel%C3%A1zquez>

Otilio Arturo Acevedo Sandoval

Doctor en ciencias químicas por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH) y Doctor en ciencias biológicas por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Obtuvo su Maestría en ciencias edafología por la UNAM y la licenciatura en ingeniería agrícola (FES-C-UNAM). Actualmente es Profesor Investigador de Tiempo Completo en el área académica de química del Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, UAEH. Reconocido por el Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores del Conahcyt Nivel II, presidente de la Comisión Internacional de Química de Suelo de la Unión Internacional de Ciencias de Suelo (IUSS 2022-2024), fundador de la Red Nacional del Agua Conahcyt, presidente de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo (2021-2023). La línea de investigación que cultivo es “Impacto de la contaminación y del cambio climático y tecnologías y tratamientos ambientales”. Es autor y coautor de artículos indexados: i) Human rights and socio-environmental conflicts of mining in Mexico: a systematic review. Sustainability (2022); ii) Riesgo toxicológico por plomo, cadmio y manganeso en suelos del DR-028, Tulancingo, Hidalgo, México. IBn SINA (2023); iii) Ecosystem services in the milpa system: A systematic review. One Ecosystem (2024); iv) Chemical weathering in hardened volcanic horizons (tepetates) of the State of Mexico, Revista Mexicana de Ciencias Geológicas (2022).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0475-7003>

SCOPUS AUTHOR ID: 24921008800

GOOGLE ACADEMIC: https://scholar.google.com.ec/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=acevedo+sandoval+otilio+arturo&aq=

Oscar Arce Cervantes

Doctor en biotecnología por la Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa. Obtuvo la Maestría en ciencias agropecuarias en la Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco (UAM-X), México. Actualmente, es profesor investigador en

el área académica de ciencias agrícolas y forestales del Instituto de Ciencias Agropecuarias en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Es nivel I en el Sistema Nacional de Investigadores. Miembro del Grupo de Expertos de Producción Orgánica del Consejo Nacional de Producción orgánica, SENASICA. Sus actividades de investigación están relacionadas con estrategias de valorización de recursos biológicos. Es coautor de los artículos indexados como Diversidad de agaves utilizados para la producción de jarabe de aguamiel en el estado de Hidalgo, México. DOI: 10.18387/polibotanica.58.19, Use of Nutshells Wastes in the Production of Lignocellulolytic Enzymes by White-Rot Fungi, <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2023210654>, así como Fungal biosynthesis of lanthanide-based nanoparticles for healthcare applications: a Review. ISSN-e 2395-8405.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3388-2973>

RESEARCHGATE: <https://www.researchgate.net/profile/Oscar-Arce-Cervantes>

GOOGLE ACADEMIC: <https://scholar.google.com.mx/citations?user=OCBbJ-y0AAAAJ&hl=es>

Silvia Soledad Moreno Gutiérrez

Doctora en planeación estratégica y dirección de tecnologías por la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP), México. Obtuvo la Maestría en ciencias computacionales, especialidad en computación inteligente y Licenciatura en computación en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), México.

Se ha desempeñado como coordinadora de la licenciatura en sistemas computacionales e ingeniería de software, así como responsable del área de planeación de la escuela superior de Tlahuelilpan en la UAEH. Actualmente, es profesor investigador en esta escuela. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel I. Sus actividades de investigación están relacionadas con estrategias tecnológicas y análisis del futuro con técnicas de ciencia de datos y prospectiva. Es autora de diversos artículos en revistas indexadas en JCR, scopus, entre otras revistas de reconocido prestigio.

ORCID: (<https://orcid.org/0000-0002-8957-3707>),

RESEARCHGATE: <https://www.researchgate.net/profile/Silvia-Moreno-6>

GOOGLE ACADEMIC: <https://scholar.google.es/citations?hl=es&pli=1&user=i-14sp9kAAAAJ>

Yoali Trejo Ambrosio

Ingeniero de software egresada de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), México.

Se ha dedicado al trabajo de desarrollo de modelos neuronales para apoyar la prevención de problemas diversos. Su tesis es un modelo neuronal de aprendizaje automático en orientado a prevenir la proliferación de enfermedades crónica de mayor frecuencia en Tula, Hidalgo, México, derivadas de la contaminación ambiental.

Mariela Juana Alonso Calpeño

Doctora en planeación estratégica y dirección de tecnología por la Universidad Popular Autónoma del Estado del Puebla (UPAEP), México. Obtuvo la Maestría en administración en el Instituto de Estudios Universitarios Campus Puebla, y la Licenciatura en informática en el Instituto Tecnológico de Puebla. Actualmente se desempeña como profesora de tiempo completo en la división de ingeniería en sistemas computacionales y del posgrado en ingeniería del Instituto Tecnológico Superior de Atlixco. Es miembro del sistema de Investigadoras e Investigadores del Estado de Puebla (SIIEP) y cuenta con el reconocimiento al perfil deseable Prodep desde el año 2015 y hasta el año 2027. Es miembro profesional de la IEEE Computer Society, consejera del capítulo estudiantil IEEE Computer Society de la ingeniería en sistemas computacionales y vicepresidenta del capítulo profesional IEEE Computer Society, Sección Puebla. Es líder del cuerpo académico “Sistemas estratégicos de información” y secretaria del núcleo académico del posgrado en ingeniería. Su trabajo se centra en la línea de investigación, “Sistemas, Bases de datos y plataformas”. Entre sus publicaciones recientes se encuentran: a) Framework for addressing the challenges of digitalization in organizations, 2023, Ecorfan-Journal-Republic of Paraguay, Vol. 9, No. 17, p 15-57; b) Considerations for digital literacy in rural communities in the context of ITC4D implementation in emerging economie, 2023, Ecorfan-Journal Republic of Peru, Vol 9 No. 16, p 1-13; c) University research management models: a literature review, 2022, Journal University Management, Vol 6, No 15, p 25-39.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7276-1923>

SCIPROFILES: <https://sciprofiles.com/profile/marielaj-alonso-c>

RESEARCHGATE: <https://www.researchgate.net/profile/Mariela-Alonso-Calpeno>

GOOGLE ACADEMIC: <https://scholar.google.es/citations?hl=es&pli=1&user=fy3LYMYAAAAJ>

Mariana Natalia Ibarra Bonilla

Doctora y Maestra en Ciencias en la especialidad de Electrónica, ambos grados obtenidos en el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE). Es ingeniera en electrónica por el Instituto Tecnológico de Veracruz. Actualmente se desempeña como profesora de tiempo completo en la división de ingeniería mecatrónica del Instituto Tecnológico Superior de Atlixco, donde contribuye activamente en la formación de nuevos profesionistas y en la generación de conocimiento en áreas avanzadas de la tecnología. Además, es miembro del Sistema de Investigadoras e Investigadores del Estado de Puebla (SIIEP) y cuenta con el reconocimiento al perfil deseable Prodep para el periodo 2023-2026. Su trayectoria está respaldada por su membresía profesional en el IEEE y su participación en la iniciativa Women in Engineering (WIE) del IEEE. Es líder del cuerpo académico “Automatización e Instrumentación Aplicada”, reconocido por Prodep, y ha sido pieza clave en la promoción de la línea de investigación en automatización de procesos. Además, colabora en proyectos de investigación financiados por el TecNM y Prodep, y es miembro del núcleo académico del posgrado en ingeniería del ITSAtlxco, donde contribuye en la dirección y asesoría de proyectos de investigación. Su trabajo se centra en las líneas de investigación de inteligencia artificial, sistemas digitales embebidos y sistemas de control e instrumentación, áreas en las que ha hecho contribuciones significativas, tanto en el desarrollo de tecnologías como en la publicación de artículos. Entre sus publicaciones recientes destacan artículos: “Red Neuronal Convolutiva para la clasificación de piezas mecánicas usando un sistema de visión artificial”. Revista Ingeniantes, Ciudad de México, año 10, vol.2, no.2, México, 2023; “Protocolo MQTT para conectividad del sistema electrónico de un robot colaborativo”. Revista Ingeniantes, Ciudad de México, año 9, vol.2, no.2, México, 2022 y “Graphical user interface for a PLC programming implemented in an ARM Cortex-M4 microcontroller”, Journal Industrial.

Engineering, vol. 6, No. 16, pp. 28-35, 2022.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7123-9105>

SCIPROFILES: <https://sciprofiles.com/profile/marianaibarra>

RESEARCHGATE: <https://www.researchgate.net/profile/Mariana-Ibarra-2>

GOOGLE ACADEMIC: <https://scholar.google.es/citations?hl=es&pli=1&user=0Qbzg2QAAAAJ>

Guadalupe Gabriela Bárcena Vicuña

Maestra en tecnología avanzada por el Instituto Politécnico Nacional. Obtuvo la licenciatura en biología por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Se ha desempeñado como profesora de tiempo completo de la carrera de ingeniería bioquímica en el Instituto Tecnológico Superior de Atlixco. Es miembro de la Red Latinoamericana de Jóvenes Investigadores (LASIRC) y miembro de la red de colaboración académica: Nuevas tecnologías de conservación y desarrollo de alimentos, miembro del grupo de investigaciones en productos naturales de la Universidad de Sucre GIPNUS, Colombia. Sus actividades de investigación están relacionadas a la evaluación biológica de compuestos químicos y extractos de plantas, tratamiento de aguas residuales y a la evaluación de productos naturales y sintéticos con aplicaciones tecnológicas. Es autora de los artículos arbitrados: Evaluación Antimicrobiana del Extracto etanólico de Raíz de cornezuelo (*Acacia cornígera*) (Productos Naturales, Colombia 2022), Evaluación de la eficiencia antifúngica del extracto de *Justicia spicigera* en hongos productores de aflatoxinas (Ingeniantes 2020).

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0244-8421>

SCIPROFILES: <https://sciprofiles.com/profile/4014887>

RESEARCHGATE: <https://www.researchgate.net/profile/Gabriela-Barcena>

GOOGLE ACADEMIC: https://scholar.google.es/citations?view_op=list_works&hl=es&user=8zQOKUsAAAAJ

Ramiro Cadena Uribe

Maestro en estudios de población e ingeniero industrial por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH). Se desempeña como profesor investigador de tiempo completo del área académica de ingeniería y arquitectura del Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería en la UAEH. Es el responsable de dar seguimiento y operar el laboratorio de metrología del área académica de ingeniería y arquitectura, así como encargado de información y estadística y responsable del micro sitio del área. Sus áreas de interés en docencia e investigación están relacionadas con

las temáticas de: análisis económico y financiero, población, pobreza, marginación y desarrollo económico y social a nivel nacional e internacional. Cuenta con el reconocimiento al perfil deseable en el Programa para el Desarrollo Profesional Docente (Prodep), Tipo Superior.

Entre algunas de sus publicaciones se encuentran: *Capítulo 24 Una visión de la economía en México después de la pandemia de COVID 19*, en *Libro 43: Gestión del Conocimiento. Perspectiva Multidisciplinaria*, Colección Unión Global (Fondo Editorial de la Universidad Nacional Experimental Sur del Lago, Jesús María Semprum, 2022); *Capítulo 11 México y la sobreexplotación del capital natural: responsabilidad ecológica, social y económica*, en *Libro 56: Gestión del Conocimiento. Perspectiva Multidisciplinaria*, Colección Unión Global (Fondo Editorial de la Universidad Nacional Experimental Sur del Lago, Jesús María Semprum, 2023); *Capítulo 4 Las bases y fundamentos de la transformación, a rango constitucional*, en *Horizontes Sostenibles. Innovación y Responsabilidad Social en la Economía Contemporánea* (Editorial: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, México, 2024); *Capítulo 12 Influencia de la agricultura en el cambio climático*, en *Sostenibilidad y Educación: Un análisis del impacto y crecimiento* (Editorial ASMIIA, Mexico, 2024).

ORCID: (<https://orcid.org/0000-0003-4745-6198>)

Gabriel de las Nieves Sánchez Guerrero

Doctor en ingeniería (ingeniería de sistemas), Maestro en ingeniería (planeación) e ingeniero en minas y metalurgista por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México. Se ha desempeñado como profesor titular de carrera definitivo de tiempo completo, adscrito al Departamento de Ingeniería de Sistemas de la División de Ingeniería Mecánica e Industrial, Facultad de Ingeniería de la UNAM. Es miembro fundador de la Academia Mexicana de la Ciencia de Sistemas (AMCS) y de la Academia Mexicana de Tecnología (AMT). Ha sido miembro de la Academia de Ciencias Administrativas, A.C. (ACACIA), de la Fundación Iberoamericana de Gestión del Conocimiento, A.C. (FIGC) y de la Asociación Latino-Iberoamericana de Investigación Operativa (ALIO).

Sus intereses de docencia e investigación se orientan hacia el diseño y desarrollo de metodologías y técnicas de planeación participativa y la evaluación de programas y proyectos. Es autor y coautor de libros, capítulos de libro y artículos in-

dexados: *Técnicas Heurísticas Participativas para la Planeación* (Editorial Plaza y Valdés y UNAM-FES Aragón, México, 2016); *Problem Solving in Operation Management* (Springer: Switzerland, 2021); *El impacto de los programas sociales, una experiencia de meta-evaluación*, en Focalizando áreas del saber desde sus nuevas lecturas (Editorial: Gedisa, Madrid, 2019); *Caracterización de los escenarios como herramienta para la planeación pública del agua: el caso mexicano* (Gestión y Política Pública, 2017).

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-3471-2597>

Heriberto Nicolas Morales

Doctor en planeación estratégica y dirección de tecnologías por la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP), México. Maestro en ingeniería (planeación) por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Cuenta con un diplomado universitario en población y desarrollo y un diplomado en cultura organizacional. Obtuvo el título de Licenciado en computación por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), México. Se ha desempeñado como profesor investigador de tiempo completo del área académica de ingeniería y arquitectura del Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería en la UAEH. Es candidato a investigador nacional del SNII y líder del Grupo de Investigación Estudios Empresariales u Organizacionales Transdisciplinarios y Sistémicos. Ha sido miembro del Consejo Asesor Científico del Congreso INNODOCT organizado por la Universidad Politécnica de Valencia, España y revisor de revistas internacionales como INNOVA y European Journal of Family Business. Actualmente se desempeña como coordinador de planeación del Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería de la UAEH.

Sus áreas de investigación son estrategia y competitividad de organizaciones, prospectiva y estudios de futuro, Innovación, sustentabilidad y creación de valor compartido, técnicas heurísticas para la planeación y desarrollo organizacional. Es coautor de capítulos de libro y artículos indexados: *Capítulo 1 “El diseño idealizado como metodología sistémica. Una alternativa para la pequeña y mediana empresa ante tiempos turbulentos y de crisis por pandemia COVID-19*, en *La investigación organizacional: Desafíos y perspectivas* (Editorial: Universidad Juárez del Estado de Durango, 2022); *Capítulo 6 Modelo de gestión viable para reducir la desigualdad de género en instituciones de educación superior*, en *La educación e*

investigación en estos tiempos. Algunas respuestas al año 2022. (Editorial: Castellanos Editores, 2022); *Conferencia de Búsqueda como metodología de apoyo en acciones de tutoría grupal con estudiantes universitarios.* INNODOCT/22 International Conference on Innovation, Documentation and Education (Editorial Universitat Politècnica de València, 2023); *La imagen rica como herramienta de expresión de la desigualdad de género en las organizaciones: una aproximación a través de sistemas suaves* (Interdisciplina, 2024).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6402-121X>

Academia.edu: <https://uaeh.academia.edu/HeribertoNiccolas>

RESEARCHGATE: https://www.researchgate.net/profile/Heriberto_Niccolas_Morales

GOOGLE ACADEMIC: <https://scholar.google.es/citations?hl=es&user=apJ6kuIAAAJ>

Lourdes Pineda-Celaya

Doctora en planeación estratégica y dirección de tecnología de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, y en economía y empresas por la universidad de Málaga, España. Obtuvo la Maestría en tecnológica en agronegocios en el colegio de Posgraduados campus Montecillos y Licenciaturas en diseño Industrial en la Universidad Cuauhtémoc Puebla México e ingeniería industrial en el Tecnológico Nacional de México.

Actualmente, es profesora investigadora en el área académica de ingeniería petrolera y ciencias básicas de la Universidad Autónoma de Guadalajara campus Tabasco. Es integrante del Sistema Nacional de Investigadores SNI 1. Sus actividades de investigación están relacionadas con estrategias del desarrollo de la innovación, cultura organizacional y emprendurismo. Es autora de los artículos: *Detection of the lines of research followed in favor of the implementation and development of the organizational culture of innovation, through bibliometric analysis* (2022) en la revista INNOVAR y el artículo *Measuring the innovation orientation of organizational culture. An application to the service provider companies of the state-owned oil company Pemex in the Southeast of Mexico* (2022). Revista Sustainability. Así como coautora del artículo: *Social exchange approach and happiness at work: Exploring the mediating effect of organizational commitment.* OBETS Revista de Ciencias Sociales (2022).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8485-8594>

GOOGLE ACADÉMICO: <https://scholar.google.com/citations?user=6S3PO28AAA&hl=es>

Juana Patricia Muñoz-Chávez

Doctora en planeación estratégica y dirección de tecnología de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Tiene una maestría en gestión administrativa con énfasis en mercadotecnia por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Realizó una estancia de investigación en la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad de Málaga, España. Actualmente es profesora de tiempo completo del área de desarrollo de negocios de la Universidad Tecnológica de la Zona Metropolitana del Valle de México. Sus líneas de investigación incluyen organizaciones, comportamiento organizacional, estrategia, mercadotecnia y estudios de género. Tiene publicaciones en diversas revistas y editoriales nacionales e internacionales. Forma parte de Red Académica de Colaboración Multidisciplinaria de Posgraduados UPAEP en Hidalgo. Y es miembro del Sistema Nacional de Investigadores de México. Su producción científica se encuentra publicada en revistas como *International Public Management Journal (Telework and public value creation: Evidence from Mexican public officials, 2024)*, *Estudios Gerenciales (Percepción de la calidad en restaurantes: un análisis mixto con redes neuronales, 2022)*, *Telos, (Burnout y educación en línea: Adaptación y validación de escala durante la pandemia, 2022)*.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8485-8594>

RESEARCHGATE: <https://www.researchgate.net/profile/J-Patricia-Munoz-Chavez>

GOOGLE ACADÉMICO: <https://scholar.google.es/citations?user=DXjduoQAAAJ&hl=es>

Katia Lorena Avilés Coyoli

Doctora en planeación estratégica y dirección de tecnologías por la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP), México. Obtuvo la Maestría en ciencias en ingeniería industrial con especialidad en manufactura, y Licenciatura en ingeniería industrial en el Tecnológico Nacional de México, Campus Instituto

Tecnológico de Pachuca (ITP), México. Se ha desempeñado como Jefa del Departamento de Gestión Tecnológica y Vinculación en el ITP. Actualmente, es presidenta de academia y jefa de proyecto de investigación de la carrera de ingeniería industrial. Es líder del cuerpo académico en formación de mejora continua en las organizaciones ITPAC-CA-3. Pertenece a la Red Académica de Colaboración Académica de Posgraduados UPAEP en Hidalgo, a la Federación Global de Profesiones (F.G.D.P.). Sus actividades de investigación están relacionadas con la mejora continua, calidad, productividad y gestión en las organizaciones. Es coautor de los artículos MOOCs en el desarrollo de la sociedad del conocimiento (PADI, 2023), investigación en temas de género. Una experiencia en organizaciones hidalguenses (CIENCIA UANL, 2023). Propuestas con perspectiva de género aplicando la sistémica (PADI, 2022).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1619-4359>

Rosa Irene Rojas Rauda

Doctora en ingeniería de sistemas empresariales por el Instituto Tecnológico Latinoamericano, México. Obtuvo la Maestría en administración de recursos humanos por las IIESCA en la Universidad Veracruzana y Licenciatura en administración de empresas en el Tecnológico Nacional de México Campus Instituto Tecnológico de Minatitlán, México. Actualmente es jefa del proyecto de investigación en el área de ciencias económico administrativas. Es integrante del cuerpo académico en formación mejora continua en las organizaciones ITPAC-CA-3 y tiene el reconocimiento a perfil deseable otorgado por Prodep. Forma parte del Colegio de Ingenieros en Gestión Empresarial en el Estado de Hidalgo A.C. Sus actividades de investigación están relacionadas con la mejora continua, calidad y gestión en las organizaciones. Es autora del artículo Indicadores de Capital Humano y el impacto del COVID-19 en una empresa de telefonía líder en México.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2782-9279>

Jaime Garnica González

Doctor en planeación estratégica y dirección de tecnologías por la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP), México. Maestro en ingeniería de planeación por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Cuenta

con una especialidad en sistemas y planeación, y es ingeniero industrial por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), México.

Se ha desempeñado como profesor investigador del área académica de ingeniería y arquitectura del Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería en la UAEH. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel 1. Es el responsable del capítulo de administración de Operaciones e Ingeniería y Gestión de Sistemas de la Academia de Ciencias Administrativas A. C. así como el responsable del Comité de Finanzas. Sus actividades de investigación están relacionadas con las técnicas heurísticas para la planeación en organizaciones, análisis y optimización de sistemas sociotécnicos, enfocándose a la innovación y desarrollo tecnológico en productos, servicios y en sistemas en general. Es inventor del título de modelo de utilidad No. 4743, denominación: Arreglo Modular de Mobiliario de Oficina, ante el IMPI en el año 2021. Coautor de los artículos indexados: La imagen rica como herramienta de expresión de la desigualdad de género en las organizaciones: una aproximación a través de sistemas suaves (Interdisciplina, 2024). Los sitios donde se puede ver su producción científica son:

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2453-5144>,

RESEARCHGATE: <https://www.researchgate.net/profile/Jaime-Gonzalez-25>,

GOOGLE ACADEMIC: <https://scholar.google.es/citations?user=zuScXPpAAAA-J&hl=es>.

Edith Mendoza Ramírez

Doctora en Ciencias en ingeniería con énfasis en análisis y modelación de sistemas, Maestra en ciencias en ingeniería industrial, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. Profesor investigador de ingeniería en mecánica automotriz de la Universidad Politécnica de Pachuca.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3675-4758>

*Solución a problemas emergentes desde un
enfoque multidisciplinario* de Eduardo Cornejo
Velázquez, Mireya Clavel Maqueda, Heriberto Niccolas
Morales y Juana Patricia Muñoz Chávez (coords.) publicado
por Ediciones Comunicación Científica, S. A. de C. V., se terminó
de imprimir en marzo de 2025, en los talleres de Ultradigital Press, S. A.
de C. V., Centeno 195, Col. Valle del Sur, 09819, Ciudad de México. El tiraje
fue de 350 ejemplares impresos y en versión digital para acceso
abierto en los formatos PDF, EPUB y HTML.

Solución a problemas emergentes desde un enfoque multidisciplinario es una obra en la que el lector encuentra una perspectiva que integra conocimientos y métodos de diferentes disciplinas para abordar los desafíos y oportunidades que emergen de un entorno complejo, interconectado y dominado por los avances tecnológicos. Este libro reúne trabajos de destacados académicos, investigadores y expertos en diferentes campos del conocimiento. Cada capítulo refleja la experiencia y conocimientos de sus autores para proponer soluciones a diferentes problemas emergentes en nuestra sociedad. Ofrece un análisis estratégico que conecta las universidades, las empresas y las comunidades en un esfuerzo conjunto hacia la sostenibilidad, la innovación y el desarrollo humano. Es una invitación a construir puentes entre disciplinas, sectores y comunidades para promover un diálogo científico para lograr cambios transformadores. El libro está dirigido a estudiantes, profesionistas, investigadores y responsables de los procesos de elaboración de políticas y estrategias en los ámbitos públicos y privados para ser una fuente de consulta y reflexión sobre los temas abordados y las propuestas de solución presentadas en cada capítulo.



Eduardo Cornejo Velázquez es candidato a investigador nacional del SNII, profesor de tiempo completo en la Universidad Autónoma del Estado Hidalgo. Presidente de la Red Académica de Colaboración Multidisciplinaria de Posgraduados UPAEP en Hidalgo. Sus líneas de investigación son innovación tecnológica, agricultura digital y ciencia de datos.



Mireya Clavel Maqueda es investigadora nacional Nivel I del SNII, profesora en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Miembro de la Red Académica de Colaboración Multidisciplinaria de Posgraduados UPAEP en Hidalgo. Sus líneas de investigación son innovación tecnológica, adopción de tecnologías y análisis de datos.



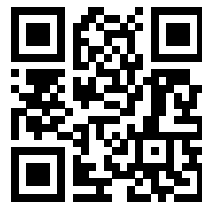
Heriberto Niccolas Morales es Doctor en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnologías por la UPAEP, Maestro en Ingeniería por la UNAM y Licenciado en Computación por la UAEH. Profesor investigador en la UAEH. Candidato a Investigador Nacional del SNII (Conahcyt), con Reconocimiento de Perfil Deseable por la SEP.



Juana Patricia Muñoz Chávez es profesora de Tiempo Completo de la Universidad Tecnológica de la Zona Metropolitana del Valle de México. Doctora en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología por UPAEP. Sus líneas de investigación incluyen comportamiento organizacional, mercadotecnia, IA en las organizaciones y estudios de género.



Dimensions



DOI.ORG/10.52501/CC.268



**COMUNICACIÓN
CIENTÍFICA** PUBLICACIONES
ARBITRADAS
HUMANIDADES, SOCIALES Y CIENCIAS
www.comunicacion-cientifica.com

ISBN: 978-607-2628-36-6



9 786072 628366