

Ciencia que se financia

*Arquitectura de protocolos de
investigación exitosos en México*

Catorce casos de diseño, evaluación y
financiamiento científico, 2018-2025

COORDINADO POR

Dra. Karla Verónica Rodríguez Lozano
Dra. María de los Ángeles Bárcenas Nava
Dra. Luz María Ramírez Sandoval

EDITORIAL
RAMÍREZ

COLECCIÓN DE PROTOCOLOS DE INVESTIGACIÓN

CIENCIA QUE SE FINANCIA

*Arquitectura de Protocolos de Investigación
exitosos en México*

Ciencia que se financia: arquitectura de protocolos de investigación exitosos en México

Primera edición, 2026

D.R. © 2026, Elena Tzetzángary Aguirre Mejía

Editorial Ramírez

Sello editorial de Elena Tzetzángary Aguirre Mejía

Torreón, Coahuila, México

Coordinadoras de la obra:

Dra. Karla Verónica Rodríguez Lozano

Dra. María de los Ángeles Bárcenas Nava

Dra. Luz María Ramírez Sandoval

Diseño de portada: Francisco Javier Ramírez Sandoval

Diseño y formación editorial: Dafne Pamela Ramírez Aguirre

Corrección de estilo: Dra. Luisa Fernanda Cueto Rojas

ISBN: 978-970-96859-2-3

DOI:

Depósito legal

Esta obra se distribuye bajo la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0), con la autorización expresa de la editora y de los autores de cada capítulo.

Se permite copiar, distribuir, exhibir y ejecutar la obra, así como generar obras derivadas a partir de ella, siempre que se otorgue el crédito correspondiente a los autores originales de cada capítulo y a las coordinadoras de la obra, no se le dé uso comercial, y cualquier obra derivada se distribuya bajo esta misma licencia.

Texto completo de la licencia disponible en: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

El contenido, los datos, los resultados y las interpretaciones presentados en cada capítulo son responsabilidad exclusiva de sus autores. La editorial y las coordinadoras de la obra no asumen responsabilidad alguna por el uso indebido de la información aquí contenida.

Las opiniones expresadas en los capítulos de esta obra son responsabilidad de sus autores y no representan necesariamente la postura oficial de las instituciones a las que se encuentran adscritos, ni de la editorial que la publica.

Hecho en México / Made in México

ÍNDICE GENERAL

Prólogo — Karla Verónica Rodríguez Lozano	7
Introducción — María de los Ángeles Bárcenas Nava	15
PARTE I. Investigación educativa, innovación y desarrollo de capacidades	
1. Modelo de intervención educativa transversal para la atención de factores psicosociales en la adquisición de habilidades profesionales <i>Elda Moreno Núñez, Karla Verónica Rodríguez Lozano, María Guadalupe Flores Luévanos, Juan Agustín Aragón Guardado</i>	25
2. Ciudadanía crítica desde la infancia: formación en investigación, programación y robótica inclusiva en escuelas públicas <i>Elena Tzetzángary Aguirre Mejía</i>	33
3. Diseño de un curso de educación financiera para estudiantes de primaria en situación vulnerable <i>Nancy Victoria Torres Ramos, Martha Liliana García Mares, Laura Georgina González Pérez</i>	43
PARTE II. Sustentabilidad ambiental, recursos naturales y desarrollo regional	
4. Microbioma fúngico y bacteriano en la rizosfera de fresa: claves ecológicas para la resistencia natural a enfermedades radicales en San Quintín, Baja California <i>Enrique Ignacio Sánchez-González, Ángel Manuel Suárez-Hernández, Juan Carlos Vázquez Angulo, Adriana Gutiérrez-Díez</i>	54
5. Sistema de monitoreo mediante Internet de las Cosas (IoT) para la conversión de agua a materia seca en diferentes genotipos de soya <i>Sindya Yadira Castillo Ortiz, Anastacio Carrillo Quiroz, Julio César Flores Cabrera</i>	64
6. Análisis de sustentabilidad en microempresas acuícolas y su impacto potencial en el desarrollo regional <i>Gerardo Edmundo Huicochea Santana, Jorge Hernández Santana, Javier Alfonso Rodríguez Teliz, Marco Antonio Rodríguez Mejía</i>	73
7. Divulgación de geociencias y conservación ambiental en una escuela primaria rural: vocaciones científicas con perspectiva de género en el Ejido Santa María, Región Carbonífera <i>Lisbett Susana Materano-Escalona, Guadalupe Abigail Salazar Celaya, Diego de Jesús Martínez Hernández, Juan Josué Enciso-Cárdenas</i>	83
8. Transversalidad de género para la gobernanza del agua en el Área de Protección de los Recursos Naturales Ríos y Montañas de la Comarca Lagunera <i>Ilse Estefanía Segura Zarzosa, Perla Patricia Ochoa García, Lydia Enith Nava Rivera, Alicia Solís Hernández, Karla Gisel Carreón Anguiano</i>	92

PARTE III. Salud, bienestar y calidad de vida

- | | |
|--|-----|
| 9. Modelo de detección temprana de ansiedad y depresión en estudiantes universitarios a partir de datos digitales en plataformas educativas
<i>Karla Verónica Rodríguez Lozano, Elda Moreno Núñez, María Guadalupe Flores Luévanos, Tonatzin Isabel Campino Aguirre</i> | 104 |
| 10. Implementación de la NOM-035-STPS-2018 para la detección de riesgos psicosociales y su impacto en el clima laboral en microempresas de Campeche
<i>Ligia Marina Pech Canul, Tury Ysabel Mier Mex, Elda Inés Sarmiento Villarino</i> | 117 |
| 11. Factores que desencadenan el embarazo precoz y acciones preventivas mediante tecnología en adolescentes del municipio de Lerdo, Durango
<i>Lilia Parada Morado, Elena Tzetzángary Aguirre Mejía, Erika Alejandra Meraz Salazar, Rocío Lorena Rodríguez Chacón</i> | 128 |

PARTE IV. Ingeniería, innovación tecnológica y transferencia del conocimiento

- | | |
|--|-----|
| 12. Recuperación de plata y oro a partir de lixiviados mediante electrodeposición en celda electrolítica
<i>Agustín Acevedo Figueroa, Julio César Flores Cabrera</i> | 141 |
| 13. Puesta en marcha de un sistema de extracción y neutralización de gases para disminuir las emisiones en la determinación de metales comunes en metalurgia
<i>Karla Victoria Guevara Amatón, Juana María Nájera Ibarra, Simón Alberto Pedroza Figueroa, Susana Margarita García Delgado</i> | 149 |
| 14. Desarrollo y aplicación de un prototipo de Programa Interno de Protección Civil para el Tecnológico Nacional de México
<i>Julio César Flores Cabrera, Agustín Acevedo Figueroa, Sindya Yadira Castillo Ortiz</i> | 159 |
| Conclusiones generales – Luz María Ramírez Sandoval | 168 |
| Índice analítico | 173 |

COMITÉ DE REVISORS PAR

Colección de protocolos de investigación

PRELIMINARES

protocolos de investigación financiados en México

Prólogo

"La ciencia en México no nace únicamente en los grandes centros metropolitanos [...]. Se construye, también, desde los territorios."

Karla Verónica Rodríguez Lozano

Coordinadora

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Lerdo

Protocolos de investigación financiados en México

La ciencia en México no nace únicamente en los grandes centros metropolitanos ni se mide por publicaciones en revistas de alto impacto. Se construye, también, desde los territorios: en comunidades rurales de Coahuila y Guerrero, en laboratorios de institutos tecnológicos de Durango y Campeche, en aulas de escuelas primarias del norte del país y en invernaderos donde investigadores aplican tecnología de vanguardia para resolver problemas cotidianos. Esta convicción es, precisamente, el origen y el sustento de este libro que hoy tienes en tus manos.

Este libro reúne catorce protocolos de investigación financiados a través de convocatorias nacionales, revisados, dictaminados y seleccionados por su rigor metodológico, su pertinencia social y su aportación al conocimiento científico y tecnológico de México, con la particularidad de que en todos los casos, el financiamiento fue ganado, no asignado. Cuando revisé por primera vez los protocolos, me detuve en una frase de uno de ellos: «Todas las infancias tienen derecho a imaginarse como científicas y científicos». Esta frase fue escrita por un equipo de investigadoras de Coahuila que trabaja con niños de escuelas rurales, y no la escribieron solo para impresionar a un comité evaluador; es la declaración de principios de personas que llevan su ciencia a donde hace falta. Eso resume bien lo que este volumen representa.

Cada protocolo incluido en este volumen representa un compromiso institucional con la producción de conocimiento aplicado. Todos contemplan la generación de artículos científicos, tesis de grado, manuales técnicos o ponencias en congresos nacionales e internacionales que configuran un panorama amplio y esperanzador de la ciencia aplicada, el desarrollo tecnológico y la innovación social que se produce en las instituciones públicas de educación superior de nuestro país.

Este libro no es una compilación de resultados finales; es la evidencia de cómo se construye una propuesta de investigación que obtiene respaldo, lo cual resulta especialmente útil para quien empieza en este mundo de la investigación. Por ello, esta publicación tiene un doble destinatario: el investigador que quiere conocer los hallazgos y el estudiante o colega que necesita aprender a formular proyectos que sean aprobados y financiados.

La existencia de este libro no sería posible sin el compromiso sostenido de las instituciones que han apostado por financiar la investigación científica en México. Es indispensable reconocer, de manera explícita, el papel que desempeñan los organismos que han hecho posibles estas catorce investigaciones. El Sistema de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), a través de su modalidad de Ciencia Básica y de Frontera 2025, ha respaldado investigaciones de alto grado de complejidad metodológica con alcance multidisciplinario. El Tecnológico Nacional de México (TecNM), a través de sus convocatorias de investigación de los años 2018, 2023, 2024 y 2025, ha financiado de manera constante proyectos orientados a resolver problemáticas concretas de las comunidades que rodean a sus instituciones, cumpliendo con su política institucional de vincular la formación de ingenieros y tecnólogos con la generación de soluciones pertinentes para el desarrollo nacional. Asimismo, el Fondo Coahuila para la Ciencia y Tecnología (FONCYT) 2025 ha apoyado proyectos con arraigo territorial en la región noreste del país, mientras que el Fondo de Agua de La Laguna A.C. 2025 ha financiado trabajos orientados a la gestión sostenible del recurso hídrico en la Comarca Lagunera, una zona con desafíos ambientales estructurales de enorme relevancia. Estos organismos representan una apuesta institucional por la ciencia que se hace desde las regiones, no desde los centros metropolitanos. Citarlos no es un trámite; es reconocer que, sin ese respaldo, estas investigaciones no existirían.

Los catorce capítulos que se presentan están organizados en cuatro partes temáticas, unidas por patrones metodológicos y conceptuales que atraviesan el conjunto de las investigaciones: el uso de metodologías mixtas, la perspectiva de género, el trabajo con poblaciones vulnerables, la integración de tecnologías como herramienta de intervención y el compromiso con la generación de productos académicos.

La **Parte I, Investigación educativa, innovación y desarrollo de capacidades**, reúne investigaciones que abordan los retos más urgentes del sistema educativo mexicano desde perspectivas innovadoras. Destaca, en particular, el protocolo que propone un modelo de intervención educativa transversal para atender los factores psicosociales que inciden en la adquisición de habilidades profesionales en estudiantes de ingeniería en Durango, donde el abandono escolar en educación superior alcanzó 10.5 % en el ciclo 2020-2021 y 10.3 % en 2021-2022, cifras que superan la media nacional de 8.5 %, y que reconoce que el rendimiento académico no se explica únicamente por variables cognitivas. Esta parte incluye también el protocolo de robótica inclusiva y ciudadanía crítica desde la infancia, y el diseño de un curso de educación financiera para niñas y niños de primaria en situación vulnerable.

La **Parte II, Sustentabilidad ambiental, recursos naturales y desarrollo regional**, reúne investigaciones que articulan la ciencia básica con la gestión territorial y la educación ambiental. Una de las investigaciones más representativas es la que se realiza en la Región Carbonífera de Coahuila, un proyecto coordinado desde el Centro de Investigación en Geociencias Aplicadas de la Universidad Autónoma de Coahuila que trabaja con niños de primaria y busca impulsar las vocaciones científicas con perspectiva de género y enfoque de infancias en contextos rurales. El protocolo sobre el sistema de monitoreo de conversión de agua a materia seca para distintos genotipos de soya mediante Internet de las Cosas (IoT)

es otro referente de esta parte, ya que muestra cómo la tecnología puede ponerse al servicio de la agricultura sustentable y la seguridad alimentaria, integrando sensores de humedad, aplicaciones web progresivas y análisis de biomasa en condiciones de invernadero. También se incluyen investigaciones sobre microempresas acuícolas en la costa de Guerrero, sobre la gobernanza del agua con perspectiva de género en la Comarca Lagunera, y sobre el microbioma fúngico y bacteriano en la rizosfera de cultivos de fresa en San Quintín, Baja California, donde, mediante secuenciación Illumina y validación en invernadero, el equipo busca identificar claves ecológicas para la resistencia natural a enfermedades radiculares, con potencial directo para reducir el uso de agroquímicos. Estos proyectos tienen en común que ninguno propone soluciones desde un escritorio; todos implican trabajo de campo, medición en contexto real, y vinculación con comunidades o procesos productivos concretos.

La **Parte III, Salud, bienestar y calidad de vida**, incluye investigaciones que trabajan con algunas de las problemáticas más difíciles de abordar por su carga social. El protocolo que diseña un modelo predictivo para la detección temprana de ansiedad y depresión en estudiantes universitarios mediante el análisis de datos digitales generados en plataformas educativas parte de la evidencia de que hasta 64.4 % de las estudiantes de ciencias naturales y exactas de una universidad pública presentan síntomas de ansiedad, lo que justifica el desarrollo de herramientas basadas en Big Data, *clustering* y procesamiento de lenguaje natural para la intervención temprana. El protocolo centrado en la identificación de factores que desencadenan el embarazo precoz en adolescentes de escuelas secundarias públicas de Durango, y el diseño de acciones preventivas apoyadas en TIC, es un ejemplo de investigación comprometida con la equidad, alineado con cuatro Objetivos de Desarrollo Sostenible: salud y bienestar (ODS 3), educación de calidad (ODS 4), igualdad de género (ODS 5) y reducción de desigualdades (ODS 10). Completa esta parte el protocolo sobre la implementación de la NOM-035-STPS-2018 para la identificación de riesgos psicosociales y su impacto en el clima laboral de microempresas de Campeche.

Finalmente, la **Parte IV, Ingeniería, innovación tecnológica y transferencia del conocimiento**, reúne tres proyectos donde la innovación tecnológica ocupa el centro de la propuesta. Uno de ellos aborda la recuperación de plata y oro a partir de lixiviados mineros mediante el diseño y construcción de una celda electrolítica propia. Otro atiende la exposición a gases ácidos en laboratorios de ingeniería química donde se determinan metales comunes en metalurgia, con una solución diseñada e instalada en el laboratorio del Instituto Tecnológico de la Laguna, con impacto directo en la seguridad de quienes trabajan en esta institución. Cierra la parte un prototipo de Programa Interno de Protección Civil para los planteles del TecNM, piloteado en cuatro tecnológicos de Guerrero, considerada una zona de alta actividad sísmica, que atiende con metodología, datos y voluntad de transferencia la falta de un protocolo unificado de protección civil. Todos estos protocolos demuestran que la ingeniería aplicada puede generar soluciones de transferencia tecnológica con impacto inmediato en procesos reales.

Estas cuatro partes permiten identificar patrones que dan coherencia a la obra: buena parte de los protocolos combinan metodologías cuantitativas y cualitativas, como encuestas con entrevistas, análisis estadístico con grupos focales, que reflejan una comprensión de que los problemas sociales y tecnológicos rara vez se responden con un solo tipo de dato. La perspectiva de género está presente de manera explícita en investigaciones sobre geociencias, gestión del agua, embarazo precoz y robótica inclusiva.

El trabajo con poblaciones vulnerables (infancias rurales, adolescentes, microempresarios, estudiantes de ingeniería en riesgo psicosocial) es hilo conductor del compromiso ético de los equipos investigadores. La tecnología digital aparece como herramienta de intervención en prácticamente todas las partes: IoT, Big Data, procesamiento de lenguaje natural, robótica, aplicaciones web y sensores al servicio de problemáticas humanas concretas. Y, en

todos los casos, los productos académicos comprometidos como: artículos, tesis, manuales, ponencias, garantizan la circulación del conocimiento generado.

La coordinación de este libro no habría sido posible sin el respaldo de las instituciones que lo hicieron realidad: el Instituto Tecnológico de la Laguna, el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo y el Instituto Tecnológico de Iguala, todos ellos pertenecientes al Tecnológico Nacional de México, así como el Centro de Investigación en Geociencias Aplicadas de la Universidad Autónoma de Coahuila, la Universidad Juárez del Estado de Durango y todas las demás instituciones de educación superior y centros de investigación cuyos equipos aportaron las condiciones institucionales, administrativas, logísticas y académicas sin las cuales ninguna investigación llega a publicarse.

Agradecemos de forma especial a los directivos, coordinadores de investigación y responsables de vinculación de cada plantel, quienes facilitaron los procesos administrativos e institucionales que hacen posible la investigación financiada. Su gestión es parte constitutiva del éxito de cada uno de los proyectos aquí reunidos. De igual manera, reconocemos el trabajo de los comités dictaminadores y revisores externos, cuyas observaciones enriquecieron la calidad de los protocolos seleccionados.

Invitamos a los lectores, investigadores en formación y con trayectoria, docentes, gestores de convocatorias, tomadores de decisiones en política científica y, en general, a todos quienes se interesen por la producción de conocimiento en las instituciones públicas mexicanas, a leer los protocolos no solo como resultados de investigación, sino como ejemplos de buena práctica en la escritura de propuestas exitosas.

Cada uno de los catorce protocolos que conforman este libro muestra una estrategia de articulación entre problema, objetivo, marco teórico y viabilidad institucional que puede orientar a quienes estén elaborando sus primeras propuestas de investigación o buscando mejorar sus tasas de aprobación en convocatorias competitivas. En un contexto en que los recursos para la ciencia son siempre escasos y la competencia por el financiamiento es creciente, la difusión de protocolos exitosos constituye un fortalecimiento del ecosistema científico nacional.

La ciencia que se hace en las instituciones públicas mexicanas tiene más calidad de la que los rankings internacionales suelen medir, porque atiende problemas que los rankings no capturan. Que esta obra contribuya a fortalecer la ciencia que se hace desde el territorio, para el territorio y con las comunidades que la necesitan.

Dra. Karla Verónica Rodríguez Lozano

Coordinadora

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Lerdo

Colección de protocolos de investigación

PRELIMINARES

protocolos de investigación financiados en México

Introducción

"Hacer visible la arquitectura interna de la ciencia [...] es una forma tan legítima y necesaria de contribuir al conocimiento como publicar sus resultados."

Dra. Ma. de los Ángeles Bárcenas Nava

Coordinadora

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Iguala

Protocolos de investigación financiados en México

Existe una paradoja poco comentada en la cultura académica: mientras las universidades y los centros de investigación invierten enormes recursos en enseñar a sus estudiantes cómo reportar los resultados de una investigación, dedican comparativamente poca atención a mostrarles cómo se diseña y justifica una investigación antes de que comience. Los manuales de metodología abundan; los ejemplos reales de propuestas que superaron la evaluación de pares y obtuvieron financiamiento público son, en cambio, notablemente escasos en la literatura científica, sobre todo de habla hispana.

Esta compilación nace precisamente para atender esa ausencia. Lo que aquí se presenta no son artículos científicos, ni reportes de avance, ni síntesis de hallazgos: son protocolos de investigación. Documentos de planeación científica que fueron sometidos a dictaminación por pares especializados, superaron procesos de evaluación competitiva y recibieron financiamiento en convocatorias nacionales a lo largo de un período de siete años, entre 2018 y 2025. En total, catorce protocolos que representan diferentes disciplinas, regiones geográficas y modalidades de investigación diversas, pero que comparten un rasgo fundamental: todos fueron considerados, por evaluadores independientes, como propuestas científicamente sólidas, socialmente pertinentes y viables en términos de ejecución.

Entender qué hace que una propuesta de investigación sea reconocida como ganadora no es un ejercicio de curiosidad académica cualquiera. En un entorno en que los recursos para la ciencia son limitados, las convocatorias cada vez más selectivas y los criterios de evaluación más exigentes y transparentes, la capacidad de construir una propuesta convincente es una competencia central del investigador contemporáneo. Sin embargo, esa competencia se adquiere principalmente por ensayo y error, por imitación implícita de modelos nunca del todo explicitados o por la suerte de contar con un tutor o colega que comparta sus propios documentos. Este libro propone una alternativa más sistemática y accesible: poner sobre la mesa, sin intermediaciones, los protocolos mismos.

La construcción del corpus que da vida a esta obra implicó un proceso de selección riguroso en sus criterios y honesto en sus limitaciones. Se partió de un universo amplio de protocolos financiados en el período de referencia, provenientes de distintas instituciones de educación superior e investigación del país. De ese universo se extrajeron los catorce que aquí se presentan, aplicando de manera consistente cuatro criterios de inclusión.

El primero fue la originalidad y la pertinencia social de la propuesta. Interesaron especialmente aquellos protocolos que no se limitaban a extender o replicar líneas de investigación ya consolidadas, sino que identificaban con precisión un vacío real en el conocimiento disponible y demostraban su relevancia para actores, comunidades o problemáticas concretas. La pertinencia social se evaluó en relación con el contexto territorial e institucional en que cada propuesta se anclaba: un protocolo puede ser original en términos disciplinares y, al mismo tiempo, irrelevante para el entorno en que se produce; los seleccionados para esta obra evitan esa disociación.

El segundo criterio fue el rigor metodológico. Este fue, quizás, el más exigente de todos, no porque se privilegiara algún paradigma o diseño particular, sino porque se requirió que cada protocolo demostrara coherencia interna entre sus componentes: que el diseño de investigación fuera el adecuado para responder las preguntas formuladas, que los instrumentos de recolección de datos tuvieran respaldo en evidencia de validez y confiabilidad, que los procedimientos de análisis fueran apropiados para el tipo de datos producidos y que el plan de trabajo fuera realizable. En otras palabras, se buscaron propuestas donde ningún elemento clave hubiera quedado librado a la improvisación.

El tercer criterio fue la alineación con agendas de política científica y prioridades nacionales e internacionales. Los protocolos seleccionados dialogan de manera explícita con marcos de referencia vigentes en el momento de su formulación: los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030, los planes estatales de desarrollo, las prioridades sectoriales definidas por las convocatorias en que participaron y las demandas específicas de los territorios y

sectores involucrados. Esta alineación importa porque los sistemas de evaluación científica contemporáneos no juzgan las propuestas únicamente por su solidez técnica, sino también por su capacidad de contribuir a metas colectivas más amplias. Los protocolos incluidos en esta obra demuestran que es posible articular excelencia científica y responsabilidad social sin sacrificar ninguna de las dos.

El cuarto criterio fue la acreditación documentada del financiamiento. Todos los protocolos reunidos aquí cuentan con evidencia verificable de haber sido aprobados y financiados en convocatorias nacionales competitivas. Esta condición no fue establecida como un requisito de prestigio, sino como una garantía de que los documentos presentados al lector han pasado efectivamente por evaluación especializada. El financiamiento comprobable es, en ese sentido, el indicador más confiable disponible de que una propuesta fue reconocida como competitiva por quienes tienen la responsabilidad institucional de juzgarla.

Los catorce protocolos han sido agrupados en cuatro partes temáticas. La lógica de agrupamiento privilegia la afinidad de los campos problemáticos sobre la adscripción disciplinar estricta, lo que permite al lector identificar con mayor facilidad contextos de aplicación similares.

La **Parte I** lleva por título "Investigación educativa, innovación y desarrollo de capacidades" y reúne tres protocolos que interrogan las condiciones bajo las cuales es posible transformar los procesos educativos en un país marcado por profundas desigualdades territoriales e institucionales: el bienestar psicosocial del estudiantado de ingeniería, la formación en robótica pedagógica e inclusiva desde la infancia, y la alfabetización financiera de niñas y niños en contextos de vulnerabilidad económica. Lo que los articula es una pregunta compartida: ¿qué tipo de institución educativa, qué tipo de docente y qué tipo de herramienta pedagógica se requieren para ofrecer una educación que sea simultáneamente de calidad, equitativa e innovadora?

Dentro de esta parte destaca particularmente el Capítulo 2, "Ciudadanía crítica desde la infancia", cuyo protocolo diseña un programa de formación universitaria orientado a preparar a estudiantes de licenciatura como facilitadores de robótica inclusiva en escuelas de educación básica. La apuesta de esta propuesta es doble: formar en la universidad a quienes formarán a niñas y niños, construyendo así una cadena de capacidades que trasciende el ciclo escolar inmediato y siembra, desde la infancia, habilidades de pensamiento crítico, colaboración y resolución de problemas que el siglo XXI demanda con urgencia.

La **Parte II**, titulada "Sustentabilidad ambiental, recursos naturales y desarrollo regional", agrupa cinco propuestas que comparten el reconocimiento de que los recursos naturales de México enfrentan presiones crecientes y que la ciencia tiene la responsabilidad de ofrecer respuestas situadas, técnicamente sólidas y culturalmente pertinentes a esa crisis. Los capítulos de esta parte recorren un espectro temático amplio: el análisis del microbioma de cultivos de fresa y su relación con la resistencia natural a enfermedades radiculares, la aplicación de sensores IoT para optimizar el uso del agua en cultivos de soya, el diseño de sistemas de acuicultura evaluados con el marco MESMIS, el diagnóstico participativo del territorio desde las geociencias en una comunidad minera rural, y la gobernanza comunitaria del agua desde una perspectiva de género.

La diversidad de objetos de estudio no disuelve la coherencia de la parte. Todos sus capítulos parten de la premisa de que el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no es únicamente un problema técnico, sino también un problema político, social y cultural que exige articular el conocimiento científico con los saberes, las prácticas y los intereses de las comunidades que habitan y dependen de esos recursos. En ese sentido, la parte puede leerse como una propuesta colectiva de lo que significa hacer ciencia ambiental comprometida con el territorio.

La **Parte III**, "Salud, bienestar y calidad de vida", reúne tres protocolos que abordan dimensiones del bienestar humano que raramente se analizan de manera integrada en la literatura científica especializada: la detección temprana de ansiedad y depresión en estudiantes universitarios mediante analítica de datos, los factores de riesgo psicosocial en el entorno laboral según los lineamientos de la NOM-035-STPS-2018, y la prevención del embarazo en adolescentes mediante tecnología. Aunque no todos incorporan explícitamente la perspectiva de género, comparten una convicción común: que el bienestar no es un estado individual que cada persona alcanza o pierde por mérito o descuido propios, sino una condición colectiva cuya distribución está determinada por estructuras sociales que pueden y deben ser transformadas. Investigar el bienestar desde esa perspectiva no es hacer ideología; es hacer ciencia con conciencia de sus implicaciones.

La **Parte IV**, "Ingeniería, innovación tecnológica y transferencia del conocimiento", cierra la obra con tres protocolos que representan el polo más aplicado del ámbito de investigación incluido. Estos capítulos tienen en común que sus resultados esperados van más allá de la producción de conocimiento publicable: incluyen prototipos funcionales, sistemas operativos y registros de propiedad intelectual que vinculan la investigación universitaria con problemas concretos de la industria y la gestión institucional. Los desarrollos presentados comprenden una celda electrolítica para la recuperación de plata y oro a partir de lixiviados mineros, un sistema de extracción y neutralización de gases ácidos en un laboratorio de metalurgia, y un prototipo de Programa Interno de Protección Civil diseñado para instalaciones de educación superior.

La presencia de esta parte en la obra responde a una decisión deliberada: la investigación científica no termina en el artículo publicado. En un país con necesidades de desarrollo tecnológico como México, la transferencia del conocimiento científico hacia aplicaciones concretas que resuelvan problemas reales de la industria, el sector público y la sociedad es una responsabilidad que la universidad no puede eludir. Los protocolos de esta parte demuestran que esa transferencia puede hacerse con el mismo rigor, la misma creatividad y la misma ambición intelectual que cualquier investigación básica.

Una mirada de conjunto sobre los catorce protocolos revela patrones metodológicos que vale la pena explicar con mayor detalle, porque informan al lector sobre las tendencias actuales en el diseño de investigación científica financiada en México.

El rasgo más notable es la predominancia de los diseños mixtos. Buena parte de los protocolos incluidos integran, de manera articulada y justificada, componentes cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio. Esta integración responde al reconocimiento creciente de que los problemas complejos requieren aproximaciones capaces de capturar tanto la dimensión cuantificable de los fenómenos como su significado vivido, contextual e interpretativo.

Las formas concretas que adopta esa integración son variadas y creativas. El protocolo de acuicultura sustentable combina indicadores cuantitativos de productividad y sostenibilidad con valoraciones cualitativas de los actores locales, articulados bajo el marco MESMIS y organizados mediante análisis multicriterio. El protocolo de salud mental universitaria construye un sistema de detección temprana que conjuga técnicas de agrupamiento estadístico, procesamiento automatizado de lenguaje natural y dashboards interactivos en Power BI, integrando así la estadística multivariada con el análisis de texto y la visualización de datos en tiempo real.

El protocolo de geociencias, por su parte, combina el levantamiento de datos técnicos del territorio con procesos de diagnóstico participativo y talleres lúdicos de apropiación comunitaria, reconociendo que el conocimiento científico del suelo es más útil cuando se construye en diálogo con quienes lo habitan.

Estos ejemplos no agotan la diversidad metodológica de la obra, pero ilustran con claridad que el rigor y la creatividad no son incompatibles: las propuestas más sólidas son precisamente aquellas que innovan metodológicamente dentro de los límites que la coherencia epistemológica impone.

Toda obra está dirigida a ciertos lectores, lo que influye en la manera en que se escribe, el nivel de explicación que se utiliza y la información que se decide incluir o dejar fuera. Esta compilación tiene tres, y conviene nombrarlos con precisión.

El primero es el investigador en proceso de postulación a una convocatoria de financiamiento, ya sea el joven doctor que formula su primera propuesta independiente o el investigador consolidado que busca renovar su línea de investigación. Este lector encontrará en la obra un conjunto de referentes reales que le permiten calibrar sus propias decisiones de diseño, argumentación y presentación. Leer protocolos financiados no sustituye al pensamiento propio, pero lo alimenta con ejemplos concretos de cómo otros investigadores han resuelto los mismos dilemas que cualquier propuesta enfrenta.

El segundo destinatario es el estudiante de posgrado que diseña su proyecto de tesis. Para este lector, la distancia entre comprender los componentes de un protocolo en abstracto y ser capaz de integrarlos en un documento propio, coherente y convincente, suele ser frustrante y difícil de salvar. Los catorce protocolos de esta obra ofrecen un puente entre esas dos orillas: no fórmulas que imitar, sino ejemplos que estimulan la reflexión sobre las propias decisiones metodológicas y argumentativas.

El tercer destinatario es el gestor de ciencia y tecnología: el funcionario público, el directivo universitario o el coordinador de programas de investigación que necesita comprender qué se está investigando, con qué enfoques y con qué alcances en las regiones e instituciones que frecuentemente no aparecen en los grandes rankings ni en los circuitos más visibles de la divulgación científica nacional. Para este lector, la obra funciona como un mapa temático y metodológico de la investigación financiada en México durante un período reciente, y ofrece insumos concretos para decisiones de política científica, asignación de recursos y diseño de nuevas convocatorias.

A los tres va dirigido este libro, con la convicción de que hacer visible la arquitectura interna de la ciencia —sus protocolos, sus debates de diseño, sus apuestas metodológicas— es una forma tan legítima y necesaria de contribuir al conocimiento como publicar sus resultados.

Dra. Ma. de los Ángeles Bárcenas Nava

Coordinadora

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Iguala

Investigación educativa, innovación y desarrollo de capacidades

INTRODUCCIÓN DE PARTE

Esta primera parte reúne tres protocolos que abordan la transformación de los procesos educativos desde ángulos complementarios: el bienestar psicosocial de los estudiantes de ingeniería como condición para el desarrollo de habilidades profesionales, la formación de una ciudadanía crítica desde la infancia mediante la robótica inclusiva, y la construcción de capacidades financieras en niñas y niños de contextos vulnerables. Los tres capítulos comparten la convicción de que la calidad educativa no se agota en el dominio disciplinar, sino que exige atender las condiciones psicosociales, tecnológicas y económicas que determinan el aprendizaje.

CAPÍTULOS DE ESTA PARTE

- 01** Modelo de intervención educativa transversal para la atención de factores psicosociales en la adquisición de habilidades profesionales
- 02** Ciudadanía crítica desde la infancia: formación en investigación, programación y robótica inclusiva en escuelas públicas
- 03** Diseño de un curso de educación financiera para estudiantes de primaria en situación vulnerable

Modelo de intervención educativa transversal para la atención de factores psicosociales en la adquisición de habilidades profesionales

Elda Moreno Núñez, Karla Verónica Rodríguez Lozano,
María Guadalupe Flores Luévanos, Juan Agustín Aragón Guardado
Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Lerdo

Modelo de intervención educativa transversal para la atención de factores psicosociales en la adquisición de habilidades profesionales: el caso del Tecnológico Nacional de México, campus Lerdo

Elda Moreno Núñez¹, Karla Verónica Rodríguez Lozano¹, María Guadalupe Flores

Luévanos¹, Juan Agustín Aragón Guardado¹

¹ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Lerdo

Resumen

El abandono escolar en la educación superior de Durango alcanzó 10.3 % durante el ciclo 2021-2022, cifra superior a la media nacional de 8.5 %, en un contexto donde la literatura reporta un incremento de trastornos psicológicos y sociales entre jóvenes en el periodo pospandémico. Este capítulo presenta el diseño de un estudio cuantitativo dirigido a identificar los factores psicosociales presentes en los estudiantes del Tecnológico Nacional de México, campus Lerdo, y a determinar su relación con la adquisición de habilidades profesionales y sociales requeridas para el empleo y el emprendimiento. A partir de este diagnóstico se propone un modelo de intervención educativa, apoyado en tecnologías de la información y la comunicación, aplicable de manera transversal a los distintos programas de ingeniería de la institución. El estudio se sustenta en un enfoque secuencial y probatorio, con recolección de datos mediante instrumentos psicométricos y análisis estadístico correlacional. Se espera que los resultados aporten evidencia empírica sobre la relación entre bienestar psicosocial y desarrollo de competencias profesionales, y que el modelo resultante constituya una herramienta replicable para la atención oportuna de estudiantes de ingeniería en instituciones de educación superior tecnológica.

Palabras clave: desarrollo integral del estudiante; educación superior tecnológica; factores psicosociales; habilidades profesionales; intervención educativa.

Introducción

El Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, campus del Tecnológico Nacional de México ubicado en Durango, forma parte de un sistema educativo que ha enfrentado un deterioro sostenido en sus indicadores de permanencia escolar. Durante los ciclos 2020-2021 y 2021-2022, la deserción en educación superior en el estado alcanzó 10.5 % y 10.3 %, respectivamente, por encima de la media nacional de 8.5 % (Plan Estatal de Desarrollo de Durango [PED], 2023). Este fenómeno se agrava por el efecto acumulado de la pandemia, que la literatura reciente asocia con un incremento en trastornos psicológicos y sociales, particularmente entre adolescentes y jóvenes (Barón Chacón, 2022).

El contexto socioeconómico regional agudiza el problema: la fuerza laboral ocupada de Durango asciende a 799,362 personas, con un salario promedio mensual de \$6,570 pesos y una tasa de desempleo de 3.09 % (Secretaría de Economía, 2023). En este escenario, el Gobierno del Estado se ha propuesto incrementar la empleabilidad de los egresados mediante el fortalecimiento de los procesos de prevención y atención socioemocional, en línea con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 4 de la Agenda 2030, orientado a dotar a jóvenes y adultos de las competencias técnicas y profesionales necesarias para el empleo, el trabajo decente y el emprendimiento.

El Instituto Tecnológico Superior de Lerdo aplica de manera sistemática instrumentos psicométricos a los estudiantes de nuevo ingreso en sus ocho programas de ingeniería: el EXANI-II, que evalúa habilidades socioemocionales (perseverancia académica, gusto por la escuela, metacognición, cooperación y compromiso académico); el CIBAIN, que mide rasgos de personalidad y clasifica a los estudiantes en niveles de riesgo; y el CIESMAN, que determina el cociente intelectual mediante diez capacidades cognitivas (Psicotest, s.f.).

Estos instrumentos han permitido identificar perfiles de riesgo en la población de nuevo ingreso, pero la institución carece de un estudio que correlacione sistemáticamente los factores psicosociales así detectados con la adquisición efectiva de las competencias profesionales que el mercado laboral demanda.

Esta ausencia de evidencia limita la capacidad institucional para diseñar intervenciones oportunas. El presente capítulo aborda esta brecha mediante una pregunta de investigación central: ¿cuáles son los factores psicológicos y sociales que influyen en mayor grado en el logro de habilidades profesionales en estudiantes de ingeniería? La hipótesis que orienta el estudio sostiene que existen aspectos psicosociales del estudiantado del Tecnológico Nacional de México que inciden directamente en el logro de dichas habilidades y en sus posibilidades de acceso al empleo o al autoempleo.

La justificación del estudio radica en su doble aporte: por un lado, generará conocimiento empírico sobre la relación entre variables psicosociales y empleabilidad en un contexto institucional específico; por otro, se traducirá en un modelo de intervención educativa replicable, alineado con el compromiso de responsabilidad social del Tecnológico Nacional de México hacia la salud psicosocial de su población estudiantil.

Objetivos

Objetivo general. Elaborar un modelo de intervención educativa, basado en el uso de tecnologías de la información y la comunicación, para la atención de los factores psicosociales que favorezca la adquisición de habilidades profesionales y sociales necesarias para el empleo y el emprendimiento en los estudiantes del Tecnológico Nacional de México, campus Lerdo.

Objetivos específicos.

1. Identificar los factores psicosociales presentes en los estudiantes inscritos en la modalidad escolarizada.
2. Determinar la influencia de dichos factores en la adquisición de habilidades profesionales y sociales.
3. Diseñar un modelo integral de intervención educativa que atienda los factores psicosociales identificados, integrando actividades y recursos orientados al desarrollo de dichas habilidades.

Marco teórico

Los problemas psicosociales emergen de la interacción entre condiciones internas y externas del individuo, capaces de alterar sus valores y su desempeño cotidiano. En el ámbito de la educación superior, estas alteraciones pueden derivar en afectaciones psíquicas y sociales que comprometen la salud del estudiante (Barón Chacón, 2022). En el contexto educativo, los factores psicosociales se definen como el conjunto de condiciones presentes en los ambientes de aprendizaje que facilitan u obstaculizan la adquisición de conocimientos, habilidades y destrezas, con repercusiones posteriores en la trayectoria laboral del estudiante (Godínez Alarcón et al., 2016).

Frente a estas condiciones, la intervención educativa se concibe como el conjunto de acciones planificadas para alcanzar, en un contexto institucional determinado, los objetivos educativos socialmente definidos (Gómez Mendoza et al., 2005).

Barraza Macías (2010) propone un modelo de cuatro fases para el diseño de este tipo de intervenciones:

(a) planeación, que comprende la delimitación del problema y el diseño de la solución; (b) implementación, correspondiente a la aplicación de las actividades y su ajuste cuando sea

necesario; (c) evaluación, referida al seguimiento y valoración general del proyecto; y (d) socialización-difusión, que abarca la adopción y recreación de los resultados en el entorno institucional.

Este marco conceptual, que incluye factores psicosociales, habilidades profesionales e intervención educativa como fases articuladas, constituye la base sobre la cual se construye el diseño metodológico del presente estudio.

Metodología

El estudio adopta un enfoque cuantitativo, de carácter secuencial y probatorio: parte de una idea delimitada, de la cual se derivan objetivos y preguntas de investigación; se construye un marco teórico; se formulan hipótesis y se identifican variables; se diseña un plan para probarlas; se miden las variables en el contexto institucional; se analizan los datos mediante métodos estadísticos, y se establecen conclusiones respecto de las hipótesis planteadas (Hernández Sampieri et al., 2014).

El procedimiento se estructura en las siguientes fases:

- (a) desarrollo de la perspectiva teórica;
- (b) selección y diseño de los instrumentos de investigación;
- (c) selección de la muestra;
- (d) aplicación de los instrumentos;
- (e) recolección de datos cuantitativos;
- (f) análisis descriptivo y correlacional;
- (g) diseño del modelo de intervención educativa;
- (h) aplicación del modelo
- (i) socialización de resultados mediante artículos científicos.

El diseño del modelo de intervención sigue las cuatro fases propuestas por Barraza Macías (2010), planeación, implementación, evaluación y socialización-difusión, lo que garantiza congruencia directa entre el marco teórico adoptado y el procedimiento metodológico aplicado.

Resultados esperados e impacto esperado

El desarrollo del proyecto se organiza en siete fases articuladas entre febrero y diciembre de 2024: desarrollo del marco teórico; selección y diseño de instrumentos y muestra; aplicación de instrumentos; análisis descriptivo y correlacional; diseño del modelo de intervención; elaboración, prueba y ajuste de la propuesta, y evaluación, socialización y difusión de resultados. Como parte de este proceso se prevé la incorporación de estudiantes de licenciatura mediante servicio social o créditos complementarios.

Se espera obtener, como productos científicos, un artículo enviado a revista indizada, un artículo de divulgación y un reporte técnico de investigación.

El principal beneficio esperado es la atención oportuna de los factores psicosociales de los estudiantes de ingeniería del Tecnológico Nacional de México, con énfasis en las habilidades socioemocionales y las competencias profesionales identificadas como prioritarias por estudios nacionales (Encuesta Nacional de Egresados, CENEVAL, INEGI). Los beneficiarios directos son los estudiantes de cualquier programa académico, así como los tutores y departamentos académicos, quienes podrán disponer de información psicosocial actualizada para el acompañamiento estudiantil. El modelo resultante será replicable en cualquier semestre y carrera de ingeniería del Tecnológico Nacional de México, y su diseño transversal lo hace compatible con las estrategias institucionales de acreditación y mejora continua, así como con el compromiso de responsabilidad social de la institución hacia la salud psicosocial de su comunidad estudiantil.

Referencias

- Barón Chacón, F. J. (2022). *Factores de riesgo psicosocial en estudiantes universitarios* [Tesis de maestría, Universidad Piloto de Colombia]. Repositorio Institucional UNIPILOTO. <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/11688>
- Barraza Macías, A. (2010). *Elaboración de propuestas de intervención educativa*. Universidad Pedagógica de Durango.
- Godínez Alarcón, G., Reyes Añorve, J., García Sánchez, M. del R., & Antúnez Salgado, T. (2016). Los factores psicosociales como impacto en el bajo rendimiento escolar de los estudiantes de la Universidad Autónoma de Guerrero. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 7(13), 107–125. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-74672016000200107&lng=es&nrm=iso
- Gómez Mendoza, M. Á., Alzate Piedrahíta, M. V., Arbeláez Gómez, M. C., Romero Loaiza, F., & Gallón, H. (2005). Intervención y mediación pedagógica: los usos del texto escolar. *Revista Colombiana de Educación*, (49), 83–102. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=413635243005>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill.
- Plan Estatal de Desarrollo de Durango. (2023). *Indicadores educativos del estado de Durango*. Gobierno del Estado de Durango.
- Psicotest. (s.f.). *Pruebas psicométricas*. Recuperado en 2024, de <https://www.psicotest.mx/>
- Secretaría de Economía. (2023). *Data México: Perfil económico de Durango*. <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/durango-dg>
- Universidad del Valle de México. (2022). *Encuesta Nacional de Egresados 2022*.

Ciudadanía crítica desde la infancia: formación en investigación, programación y robótica inclusiva en escuelas públicas

Elena Tzetzángary Aguirre Mejía

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de la Laguna

Ciudadanía crítica desde la infancia: formación en investigación, programación y robótica inclusiva en escuelas públicas

Elena Tzetzángary Aguirre Mejía

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de la Laguna

Resumen

Este capítulo presenta un modelo formativo dirigido a fortalecer el pensamiento crítico y científico de niñas, niños y adolescentes de educación básica, mediante talleres interdisciplinarios de investigación, programación y robótica bajo un enfoque STEAM. El proyecto se implementa en tres fases escalonadas: una primera etapa de validación de un modelo piloto en escuelas públicas locales; una segunda etapa de expansión a distintos municipios del estado; y una tercera etapa de adaptación intercultural del modelo a comunidades rurales e indígenas, mediante una intervención intensiva de dos semanas. El modelo incorpora un enfoque intergeneracional, en el que estudiantes universitarios son formados como facilitadores educativos, y genera productos de acceso abierto, como los cuadernos pedagógicos, materiales audiovisuales y artículos científicos, orientados a garantizar su replicabilidad. Se espera atender a más de 1,200 estudiantes de educación básica y dejar capacidad instalada en las escuelas participantes, articulando innovación educativa, equidad de género y pertinencia cultural como ejes transversales de la intervención.

Palabras clave: pensamiento crítico; pensamiento científico; programación inclusiva; robótica educativa; ciudadanía crítica; habilidades tecnológicas.

Introducción

Existe una brecha crítica entre el acceso a herramientas tecnológicas y la capacidad de comprenderlas y aplicarlas desde una perspectiva crítica y social, particularmente en zonas marginadas donde el conocimiento tecnológico suele impartirse sin un enfoque reflexivo ni inclusivo (Lecumberry et al., 2017). La formación de una ciudadanía crítica desde edades tempranas ha sido reconocida como un eje fundamental para transformar la educación en América Latina (Mármol et al., 2025), en la medida en que promueve que niñas y niños no solo reciban información, sino que construyan sentido, cuestionen su entorno y participen como sujetos transformadores de su realidad (Hernández-Sosa, 2024).

La alfabetización científica, entendida como la capacidad de comprender, aplicar y valorar el conocimiento científico en la vida cotidiana, constituye una competencia clave en este proceso. Alegre Jara et al. (2024) documentan que, incluso entre estudiantes universitarios de pedagogía, el nivel de alfabetización científica es predominantemente básico, lo que evidencia la necesidad de trabajar estas habilidades desde la infancia. La metodología STEAM, que integra ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas, ha ganado terreno como estrategia para fomentar aprendizajes significativos e interdisciplinarios; su aplicación en educación infantil es todavía incipiente, pero sus beneficios en el desarrollo del pensamiento crítico, creatividad y resolución de problemas, han sido documentados (Ortiz-Carranza et al., 2024).

La experiencia comparada respalda la pertinencia de esta propuesta. El programa "Programadores del Futuro" en Paraguay registró un incremento del 20 % en la participación estudiantil, alcanzando 1,200 niñas y niños en zonas rurales, con una tasa de aprobación del 88 % y un aumento del 40 % en clubes de robótica entre 2022 y 2023 (Zaracho Mármol et al., 2025). En Ecuador, un estudio con 58 docentes rurales encontró que, aunque solo el 14 % tenía experiencia previa con STEAM, el 86 % mostró disposición para

implementarlo (Ortiz-Carranza et al., 2024).

A nivel teórico, se ha demostrado que el pensamiento computacional fortalece competencias transversales como la lógica, la creatividad y la autonomía desde la educación infantil (Sánchez-Vera & González-Martínez, 2019). La CEPAL, por su parte, advierte que la desigualdad digital en América Latina está marcada por brechas de género, territorio y edad, y propone la educación digital inclusiva como vía estratégica para cerrarlas (Martínez et al., 2020).

En este contexto, el proyecto responde a una necesidad social, educativa y científica: integrar la alfabetización científica con herramientas tecnológicas como robótica y programación e implementación de metodologías activas de investigación, mediante un enfoque intergeneracional en el que estudiantes universitarios actúan como formadores. El diseño combina innovación educativa con justicia social, equidad de género y pertinencia cultural, y se orienta a establecer un modelo replicable, con productos de acceso abierto y materiales educativos adaptables a distintos contextos.

Objetivos

Objetivo general. Fortalecer el pensamiento crítico y científico de niñas, niños y adolescentes de educación básica mediante un modelo formativo interdisciplinario de investigación, programación y robótica inclusiva, implementado de manera escalonada en escuelas públicas locales, estatales y en comunidades rurales e indígenas.

Objetivos específicos.

Primera fase. Diseñar talleres piloto de alfabetización científica, pensamiento crítico, programación y robótica; capacitar a estudiantes universitarios en pedagogía crítica y tecnologías educativas; aplicar los talleres en escuelas públicas vulnerables con

participación activa de universitarios, y evaluar la efectividad pedagógica del modelo piloto. *Segunda fase.* Fortalecer la formación de los universitarios e incorporar a docentes como co-facilitadores; implementar los talleres en escuelas públicas de distintos municipios en zonas marginadas; crear redes escolares de intercambio colaborativo, y sistematizar las experiencias para su mejora continua.

Tercera fase. Adaptar los contenidos y dinámicas del modelo a contextos culturales y lingüísticos de comunidades rurales e indígenas; implementar talleres intensivos mediante una gira educativa; aplicar estrategias de evaluación participativa e intercultural, y generar productos de sistematización y difusión.

Marco teórico

El presente proyecto se sustenta en tres cuerpos teóricos complementarios: la alfabetización científica, el pensamiento computacional y la educación inclusiva con pertinencia cultural. Ortiz-Carranza et al. (2024), en su revisión sistemática sobre la metodología STEAM en educación básica, documentan que su implementación, fomenta de manera consistente el pensamiento crítico, la creatividad y la conexión con el entorno inmediato del estudiante. Casos aplicados refuerzan esta evidencia: una secundaria pública mexicana que adoptó el enfoque STEAM obtuvo el tercer lugar nacional en un concurso de robótica, con un aprendizaje interdisciplinario vinculado a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Hernández-Sosa, 2024).

Sánchez-Vera y González-Martínez (2019) sostienen que el pensamiento computacional trasciende el desarrollo de habilidades técnicas: fortalece competencias transversales, como la lógica, creatividad y autonomía, aplicables desde la educación infantil. Esta perspectiva es congruente con el enfoque de Hernández-Sosa (2024), quien vincula los procesos de actualización digital con la capacidad de las infancias para ejercer una ciudadanía informada y crítica frente a su entorno tecnológico.

Finalmente, la dimensión de inclusión y pertinencia cultural se sostiene en la evidencia aportada por Martínez et al. (2020), quienes señalan que la desigualdad digital en América Latina está atravesada por brechas de género, territorio y edad, y en la experiencia documentada del programa "Programadores del Futuro" en Paraguay (Zaracho Mármol et al., 2025), que demuestra que la enseñanza de programación y robótica puede cerrar brechas tecnológicas siempre que se acompañe de formación docente y adaptación contextual. La convergencia de estos tres cuerpos teóricos: alfabetización científica, pensamiento computacional e inclusión intercultural, constituye el marco conceptual desde el cual se diseña el modelo formativo escalonado que se describe a continuación.

Metodología

El proyecto adopta un diseño de investigación aplicada con enfoque mixto, estructurado en tres fases secuenciales desarrolladas entre 2025 y 2027, cada una con un propósito metodológico específico y estrategias diferenciadas.

La primera fase tiene como propósito diseñar y validar un modelo educativo inicial mediante talleres piloto en escuelas públicas locales. Se conforma un equipo académico-técnico que codiseña los talleres en tres ejes: investigación científica, pensamiento crítico y robótica/programación básica, capacita intensivamente a los universitarios formadores en pedagogía crítica y herramientas como Scratch y Arduino, y aplica los talleres en escuelas de contextos diversos. La evaluación formativa combina instrumentos cualitativos (observación, entrevistas) y cuantitativos (rúbricas de competencias, encuestas de satisfacción).

La segunda fase busca escalar el modelo a escuelas públicas de distintos municipios del estado, fortaleciendo la colaboración entre universidad y escuelas. Las estrategias incluyen la formación avanzada de universitarios y la capacitación de docentes locales como co-

facilitadores, la aplicación ampliada del modelo con ajustes según infraestructura y perfil docente, la creación de redes Inter escolares mediante encuentros virtuales o presenciales, y la sistematización de resultados a través de bitácoras de campo y estudios de caso.

La tercera fase adapta el modelo a contextos rurales e indígenas mediante una intervención intensiva de dos semanas. Se realiza un diagnóstico participativo previo con autoridades educativas y líderes comunitarios; se diseñan los talleres con pertinencia intercultural, incluyendo la traducción de conceptos clave a lenguas originarias cuando es necesario; se implementan los talleres mediante una gira educativa con universitarios como facilitadores itinerantes, y se evalúa el impacto mediante retroalimentación comunitaria y registro etnográfico.

Entre los factores de riesgo identificados se encuentran la eventual baja participación o deserción de los universitarios formadores, las limitaciones de infraestructura o conectividad en las escuelas, las dificultades para adaptar el modelo a contextos culturales diversos, y los desafíos logísticos propios de la implementación en territorios dispersos. Estos riesgos se atienden mediante la capacitación redundante de formadores, la flexibilidad en el diseño de los talleres y la coordinación previa con autoridades locales.

Resultados esperados e impacto esperado

En su primera fase, el proyecto prevé la capacitación de 10 universitarios con una evaluación satisfactoria igual o superior al 80 %, el diseño y aplicación de 6 talleres en al menos 5 escuelas públicas locales, la participación de 180 estudiantes de educación básica y la producción de un informe de evaluación del modelo piloto. En la segunda fase se espera capacitar a 10 universitarios y 2 docentes, implementar el modelo en 5 a 7 escuelas de distintos municipios, beneficiar a al menos 500 estudiantes y realizar 2 encuentros Inter

escolares. En la tercera fase, la meta es aplicar el modelo en 10 a 12 escuelas de comunidades rurales e indígenas, alcanzar a 600 estudiantes de educación básica, movilizar a 60 universitarios formadores, producir 3 videos documentales y un informe de sistematización, con una aceptación comunitaria esperada igual o superior al 85 %.

El proyecto generará, de manera acumulativa, talleres piloto estructurados con guías y materiales, un módulo de capacitación para universitarios, rúbricas de evaluación, un repositorio digital de recursos educativos abiertos, y tres artículos científicos, uno por fase publicados en revistas mexicanas de prestigio, además de materiales de divulgación (carteles, infografías, cápsulas audiovisuales) orientados a distintos públicos.

El impacto esperado se despliega en tres niveles. En el nivel educativo, beneficia directamente a más de 1,200 estudiantes de educación básica en contextos públicos, rurales e indígenas, al brindarles acceso temprano a herramientas de pensamiento crítico y tecnología. En el nivel de formación de capital humano, fortalece la trayectoria de los estudiantes universitarios que participan como agentes educativos, consolidando una nueva generación de formadores comprometidos con la equidad. En el nivel de política pública, el modelo replicable y culturalmente adaptado, junto con sus productos de acceso abierto, constituye un insumo utilizable por instituciones educativas y comunidades para sostener el cambio educativo en territorios históricamente excluidos del acceso a la ciencia y la tecnología.

Referencias

- Alegre Jara, M. E., Hernández Falla, J. V., Marcelo Gómez, G. F., Calderón Reyes, E., Rojas Castro-Zubizarreta, A., García-Lastra, M., & Meng González del Río, O. (2024). Enfoque STEAM y educación infantil: una revisión sistemática de la literatura. *Ensayos. Revista de la Facultad de Educación de Albacete*, 39(1), 16–34. <http://www.revista.uclm.es/index.php/ensayos>
- Cordero, E. M., & Julca Castillo, B. L. (2025). Scientific literacy in university students. *European Public and Social Innovation Review*, 10, 1–17. <https://doi.org/10.31637/epsir-2025-1561>
- Hernández-Sosa, F. (2024). Los procesos de actualización digital en el uso de las tecnologías de la información, comunicación, conocimiento y aprendizajes. *Revista Estudios de la Información*, 2(1), 27–35. <https://doi.org/10.54167/rei.v2i1.1394>
- Lecumberry, G., Orlando, S., Alcoba, M., Amieva, R., & Clerici, J. (2017). La inclusión en la enseñanza universitaria para la formación científica y tecnológica: investigación en la Universidad Nacional del Río Cuarto. En *Educación científica e inclusión social* (Vol. 2). <https://www.researchgate.net/publication/325766174>
- Martínez, R., Palma, A., & Velásquez, A. (2020). *Revolución tecnológica e inclusión social: reflexiones sobre desafíos y oportunidades para la política social en América Latina*. CEPAL. <https://hdl.handle.net/11362/45288>
- Moronta Díaz, S. (2024). STEAM en República Dominicana: retos presentes y oportunidades para el futuro. *Pedagogical Constellations*, 3(2), 197–216. <https://doi.org/10.69821/constellations.v3i2.57>
- Ortiz-Carranza, G., Ortiz-Barre, J., Trejo-Márquez, G., & Martínez-Satizabal, E. (2024). Metodología STEAM. Aplicaciones en la educación básica. 593 *Digital Publisher CEIT*, 9(3), 1154–1166. <https://doi.org/10.33386/593dp.2024.3.2501>
- Sánchez-Vera, M. M., & González-Martínez, J. (2019). Pensamiento computacional,

robótica y programación en educación. *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, 7, 8–11. <http://dx.doi.org/10.6018/riite.407731>

Zaracho Mármol, G. S., Ozuna Ruiz Díaz, Á. J., & Guerschanik, P. (2025). Innovación educativa y reducción de la brecha digital: estudio de casos del programa "Programadores del Futuro" en Paraguay durante el período 2023. *South Florida Journal of Development*, 6(2), 1–11. <https://doi.org/10.46932/sfjdv6n2-019>

Diseño de un curso de educación financiera para estudiantes de primaria en situación vulnerable

Nancy Victoria Torres Ramos, Martha Liliana García Mares,

Laura Georgina González Pérez

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Lerdo

Diseño de un curso de educación financiera para estudiantes de primaria en situación vulnerable

Nancy Victoria Torres Ramos, Martha Liliana García Mares, Laura Georgina González Pérez

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Lerdo

Resumen

La falta de educación financiera desde edades tempranas limita la capacidad de los niños para desarrollar habilidades y conocimientos esenciales para gestionar sus recursos, perpetuando ciclos de pobreza y exclusión financiera en contextos de bajos recursos. Este capítulo presenta el diseño de un curso de alfabetización financiera dirigido a niños de una escuela pública vulnerable, fundamentado en los principios del instrumento de medición de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y adaptado a las capacidades cognitivas y al contexto sociocultural de la infancia. El curso se estructura en torno a tres ejes temáticos: ahorro, presupuesto y consumo responsable, mediante actividades prácticas y lúdicas que traducen conceptos financieros abstractos en experiencias concretas. El resultado principal es el "Curso de alfabetización financiera para niños de una escuela pública con el enfoque del instrumento de la OCDE en una zona de bajos recursos", concebido como una herramienta educativa replicable en contextos similares, con el propósito de sentar las bases de una mayor inclusión y estabilidad financiera en la infancia.

Palabras clave: alfabetización financiera infantil; educación financiera; inclusión financiera; instrumento OCDE; pobreza infantil; ahorro infantil.

Introducción

La alfabetización financiera es una competencia esencial para la vida moderna: permite a los individuos tomar decisiones informadas sobre el manejo de sus recursos económicos y construir un futuro más estable. En México, esta habilidad permanece insuficientemente desarrollada, particularmente entre las poblaciones más vulnerables. La Encuesta Nacional de Inclusión Financiera (ENIF) señala que menos del 30 % de la población mexicana cuenta con conocimientos financieros básicos, proporción que se reduce aún más entre las familias en condiciones de vulnerabilidad económica (INEGI, 2022). Los niños que crecen en estos contextos enfrentan desafíos económicos significativos en sus hogares, lo que refuerza la necesidad de proporcionarles herramientas educativas que les permitan comprender y manejar conceptos financieros desde edades tempranas.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) ha liderado, desde 2018, esfuerzos globales para medir y mejorar la alfabetización financiera mediante instrumentos estandarizados (OCDE, 2022).

Diversos estudios respaldan la pertinencia de intervenir desde la infancia: Cruz Barba (2018) documenta que los niños que reciben educación financiera temprana son más propensos a desarrollar hábitos responsables, como el ahorro regular y el uso racional del crédito, con un impacto particularmente significativo en contextos de bajos recursos. Arcos-Medina, Hernández-Romero y Zapata-Martelo (2015) subrayan, además, que la enseñanza de conceptos financieros a la infancia requiere enfoques pedagógicos prácticos y participativos, como juegos de simulación, dinámicas de grupo, herramientas visuales, que traduzcan conceptos abstractos en experiencias concretas y comprensibles.

En México, instituciones como la Comisión Nacional para la Protección y Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros (CONDUSEF) han desarrollado programas educativos dirigidos a la infancia; sin embargo, estas iniciativas suelen ser limitadas en alcance y no siempre se adaptan a las necesidades de comunidades de bajos recursos, al depender de materiales físicos o conectividad a internet. La experiencia internacional ofrece un contraste útil: en Canadá se han implementado cursos de educación financiera infantil basados en el instrumento de la OCDE, con mejoras documentadas en el conocimiento financiero y la confianza de los niños para manejar conceptos como el ahorro y el presupuesto (Financial Consumer Agency of Canada, 2018).

La existencia de este instrumento validado internacionalmente ofrece un punto de partida sólido para el desarrollo de iniciativas educativas contextualizadas en México.

Este proyecto responde a esta problemática mediante el diseño de un curso de educación financiera para niños de una escuela pública del norte de México en contexto de bajos recursos, adaptado a su limitada experiencia previa con conceptos financieros y a las realidades socioeconómicas que enfrentan.

El proyecto se enmarca en los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2025), particularmente el objetivo 4 de educación inclusiva, equitativa y de calidad, y el objetivo 8 de crecimiento económico inclusivo y sostenible, en tanto la educación financiera temprana no solo empodera a los niños para gestionar mejor sus recursos futuros, sino que contribuye al desarrollo de comunidades más equitativas y resilientes.

Objetivos

Objetivo general. Diseñar un curso de alfabetización financiera dirigido a niños de una escuela pública en contexto de bajos recursos, basado en los principios del instrumento de la OCDE, que fomente los conocimientos, habilidades y actitudes necesarios para manejar de manera responsable los recursos financieros desde edades tempranas.

Objetivos específicos.

1. Desarrollar un marco teórico y metodológico mediante el análisis de los principios del instrumento de la OCDE y de las estrategias pedagógicas aplicadas a la educación financiera infantil, adaptándolos a las características de los niños en el contexto vulnerable de la región.
2. Diseñar un curso práctico, interactivo y accesible que aborde el ahorro, el presupuesto y el consumo responsable, asegurando su relevancia y aplicabilidad en el entorno de los estudiantes.
3. Validar el curso mediante la consulta a especialistas en educación infantil y educación financiera, con el fin de garantizar su calidad y viabilidad antes de su implementación.

Marco teórico

La alfabetización financiera y la educación financiera constituyen pilares fundamentales para promover la inclusión económica y la estabilidad financiera desde edades tempranas. La OCDE (2022) define la alfabetización financiera como la combinación de conocimientos, habilidades, actitudes y comportamientos necesarios para tomar decisiones financieras informadas y lograr el bienestar económico individual.

En la infancia, este concepto debe adaptarse a las capacidades cognitivas y al contexto sociocultural de los niños, enfatizando el aprendizaje de conceptos básicos, como ahorro, consumo responsable, planificación financiera, cuya adquisición temprana influye significativamente en las decisiones económicas a lo largo de la vida.

La educación financiera, entendida como el proceso de enseñanza-aprendizaje que dota a las personas de herramientas para entender, evaluar y manejar responsablemente sus recursos, debe integrarse en los sistemas educativos formales, especialmente en contextos de bajos recursos donde los niños están más expuestos a la exclusión financiera (OCDE, 2022). Para la infancia, esta integración requiere actividades dinámicas, como juegos y simulaciones, que traducen conceptos abstractos en experiencias concretas.

La inclusión financiera, componente esencial de este marco, garantiza el acceso equitativo a productos y servicios financieros formales. La ENIF ha documentado que las poblaciones en zonas de bajos recursos enfrentan barreras significativas para acceder a estos productos, barrera que se agrava en la infancia, dependiente de la educación para desarrollar las habilidades que le permitirán participar en la economía formal en el futuro (INEGI, 2022). Las habilidades financieras básicas que el curso busca desarrollar en los niños son tres: el ahorro, entendido como la comprensión de la importancia de reservar dinero para metas futuras; el presupuesto, como la planificación de ingresos y gastos incluso en niveles elementales; y el consumo responsable, como la capacidad de evaluar necesidades y deseos al tomar decisiones de compra.

El instrumento de la OCDE para medir la alfabetización financiera, aunque diseñado originalmente para adultos, admite una adaptación pedagógica hacia la infancia mediante la simplificación del lenguaje y el uso de ejemplos cercanos a su realidad cotidiana. La

experiencia canadiense, que aplicó este instrumento adaptado en programas con actividades interactivas y presupuestos ficticios, documenta mejoras significativas en el conocimiento financiero infantil y en la confianza de los niños para aplicar lo aprendido en un entorno seguro y controlado (Financial Consumer Agency of Canada, 2018).

En México, el desarrollo de programas de este tipo ha sido limitado: las iniciativas de la CONDUSEF se han centrado en talleres y campañas de sensibilización sin consolidarse en el sistema educativo formal, lo que representa una oportunidad para diseñar cursos específicos que atiendan a las comunidades de bajos recursos y generen, potencialmente, un efecto multiplicador en la medida en que los niños comparten lo aprendido con sus familias.

Metodología

El diseño metodológico se organiza en tres fases secuenciales, congruentes con los objetivos específicos planteados.

La primera fase corresponde al desarrollo del marco teórico y al diagnóstico del contexto. Mediante una revisión exhaustiva de literatura académica e informes de organismos internacionales (OCDE, ENIF), se identifican los conceptos, principios y enfoques pedagógicos más relevantes para la educación financiera infantil en contextos vulnerables.

Esta fase incluye el estudio y la adaptación del instrumento de la OCDE, con el propósito de garantizar que su contenido sea adecuado a las capacidades cognitivas y a las experiencias financieras previas de los niños participantes.

La segunda fase corresponde al diseño del curso de alfabetización financiera. El curso se estructura en módulos temáticos: ahorro, presupuesto, consumo responsable y planificación, desarrollados mediante actividades prácticas e interactivas, e incorpora la creación de materiales didácticos accesibles: fichas, juegos interactivos y dinámicas grupales, diseñados para que al menos el 80 % del contenido resulte relevante y aplicable al contexto socioeconómico de los niños.

La tercera fase corresponde a la validación y los ajustes finales del curso, mediante la consulta a especialistas en educación infantil y educación financiera, con el propósito de obtener retroalimentación sobre el diseño, alcanzar consenso sobre las mejoras del contenido y las estrategias pedagógicas, e integrar las observaciones recibidas en la versión final del curso.

Resultados esperados e impacto esperado

El proyecto se propone como meta central la elaboración de un curso educativo validado, cuyo contenido: ahorro, presupuesto y consumo responsable, sea relevante y aplicable en al menos el 80 % de sus actividades al contexto socioeconómico de los niños participantes, y cuya calidad y viabilidad queden respaldadas por la retroalimentación de especialistas en educación infantil y financiera.

Entre los productos comprometidos se encuentran una guía del curso con módulos temáticos y materiales didácticos, un informe con los resultados de la implementación piloto, un informe final del proyecto, la incorporación de estudiantes de licenciatura mediante servicio social o créditos complementarios, y un artículo científico sometido a revista arbitrada.

El impacto esperado del proyecto responde a un problema crítico: la falta de alfabetización financiera en la infancia en contextos vulnerables, que perpetúa ciclos de pobreza y exclusión económica.

Al diseñar un curso adaptado a las capacidades cognitivas de los niños, el proyecto sienta las bases para el desarrollo de habilidades que les permitirán tomar decisiones económicas informadas a lo largo de su vida. La factibilidad de la propuesta se sustenta en la existencia de un marco internacional validado del instrumento de la OCDE y en un enfoque pedagógico compatible con los recursos limitados de las escuelas públicas, lo que refuerza su potencial de replicabilidad en otras comunidades de bajos recursos del país.

Referencias

- Arcos-Medina, G., Hernández-Romero, O., & Zapata-Martelo, E. (2015). Ahorro infantil, un acercamiento a la inclusión financiera. *Chispitas de la Fundación Ayú*.
<https://www.redalyc.org/journal/3605/360547924008/html/>
- Cruz Barba, E. (2018). Educación financiera en los niños: una evidencia empírica. *Sinéctica*.
[https://doi.org/10.31391/s2007-7033\(2018\)0051-012](https://doi.org/10.31391/s2007-7033(2018)0051-012)
- Financial Consumer Agency of Canada. (2018). *Financial literacy Canada*. Government of Canada.
<https://www.canada.ca/content/dam/canada/financial-consumer-agency/migration/eng/financialliteracy/financialliteracycanada/strategy/documents/nationalstrategyforfinancialliteracycountmeincanada.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2022). *Encuesta Nacional de Inclusión Financiera (ENIF) 2021*. <https://www.inegi.org.mx/programas/enif/2021/>
- Organización de las Naciones Unidas. (2025). *Objetivos de desarrollo sostenible*.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/education/>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2022). *Recomendación del Consejo sobre principios de alto nivel para la protección del consumidor financiero*.
[https://legalinstruments.oecd.org/api/download/?uri=/public/4be54896-f24b-46ad-b7df-a42c20d83032.pdf&name=OECD-LEGAL-0461%20-%20Spanish%20\(as%20adopted%20on%2029102020\).pdf](https://legalinstruments.oecd.org/api/download/?uri=/public/4be54896-f24b-46ad-b7df-a42c20d83032.pdf&name=OECD-LEGAL-0461%20-%20Spanish%20(as%20adopted%20on%2029102020).pdf)

Sustentabilidad ambiental, recursos naturales y desarrollo regional

INTRODUCCIÓN DE PARTE

La segunda parte, la más extensa de la obra, agrupa cinco investigaciones que examinan el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales de México desde perspectivas técnicas y sociales complementarias: el microbioma de la rizosfera como recurso biotecnológico, el monitoreo tecnológico del agua en la agricultura, la evaluación multicriterio de la acuicultura, la divulgación científica en comunidades mineras rurales, y la gobernanza hídrica con perspectiva de género. En conjunto, estos capítulos sostienen que la sustentabilidad ambiental es, ante todo, un ejercicio de articulación entre el conocimiento científico y los territorios que lo necesitan.

CAPÍTULOS DE ESTA PARTE

- 04** Microbioma fúngico y bacteriano en la rizosfera de fresa: claves ecológicas para la resistencia natural a enfermedades radicales en San Quintín, Baja California
- 05** Sistema de monitoreo mediante Internet de las Cosas (IoT) para la conversión de agua a materia seca en diferentes genotipos de soya
- 06** Análisis de sustentabilidad en microempresas acuícolas y su impacto potencial en el desarrollo regional
- 07** Divulgación de geociencias y conservación ambiental en una escuela primaria rural: vocaciones científicas con perspectiva de género en el Ejido Santa María, Región Carbonífera
- 08** Transversalidad de género para la gobernanza del agua en el Área de Protección de los Recursos Naturales Ríos y Montañas de la Comarca Lagunera

Microbioma fúngico y bacteriano en la rizosfera de fresa: claves ecológicas para la resistencia natural a enfermedades radiculares en San Quintín, Baja California

Enrique Ignacio Sánchez-González, Ángel Manuel Suárez-Hernández,
Juan Carlos Vázquez Angulo
Universidad Autónoma de Baja California
Adriana Gutiérrez-Díez · Universidad Autónoma de Nuevo León

Microbioma fúngico y bacteriano en la rizosfera de fresa: claves ecológicas para la resistencia natural a enfermedades radiculares en San Quintín, Baja California

Enrique Ignacio Sánchez-González¹, Ángel Manuel Suárez-Hernández¹, Juan Carlos Vázquez Angulo¹, Adriana Gutiérrez-Díez²

¹ Universidad Autónoma de Baja California

² Universidad Autónoma de Nuevo León

Resumen

Este capítulo caracteriza el microbioma fúngico y bacteriano de la rizosfera de plantas de fresa (*Fragaria × ananassa*) cultivadas en San Quintín, Baja California, y su relación con la resistencia natural frente a enfermedades radiculares causadas por *Fusarium* spp. y *Phytophthora* spp. Mediante un enfoque de ciencia de frontera que integra metagenómica, aislamiento microbiano y validación funcional, el estudio se desarrolla en tres etapas: en la primera se realiza el muestreo en campo de rizosferas de plantas sanas y enfermas, con extracción de ADN y secuenciación masiva de comunidades bacterianas y fúngicas; en la segunda, el análisis bioinformático permite comparar la diversidad microbiana y detectar taxones clave asociados a la supresión de enfermedades, complementado con el aislamiento e identificación molecular de microorganismos y ensayos in vitro de su capacidad antagonista y promotora del crecimiento vegetal; en la tercera, se validan bajo condiciones de invernadero el efecto protector de las cepas seleccionadas sobre plántulas de fresa. Se prevé como entregables un artículo científico en revista mexicana de acceso abierto, una ponencia en congreso nacional, material de divulgación dirigido a productores y técnicos locales, y la formación de estudiantes de licenciatura mediante becas y prácticas de campo, laboratorio e invernadero. La propuesta contribuye a la soberanía alimentaria y fitosanitaria del país desde una región agrícola estratégica.

Palabras clave: fitopatología; control biológico de enfermedades; microbioma; rizosfera; *Fragaria × ananassa*.

Introducción

En la rizosfera es la zona del suelo influenciada por las raíces de las plantas, donde se establecen interacciones estrechas entre raíces y comunidades microbianas que cumplen un papel determinante en la nutrición vegetal, la modulación de respuestas fisiológicas y la protección frente a patógenos del suelo (Berendsen et al., 2012). Investigaciones recientes en fitobiomas han demostrado que los componentes del microbioma rizosférico no solo reflejan la salud de la planta, sino que la determinan activamente (Mendes et al., 2013; Bakker et al., 2020).

En cultivos de alto valor como la fresa, esta relación resulta particularmente relevante dada su susceptibilidad a enfermedades radiculares causadas por *Fusarium* spp. y *Phytophthora* spp., patógenos responsables de pérdidas significativas en productividad. En el valle agrícola de San Quintín, Baja California, estas enfermedades se reportan de forma recurrente, afectando el rendimiento y la calidad comercial del fruto. El uso intensivo de control químico ha generado, a su vez, problemas de resistencia, contaminación y desequilibrio edáfico, lo que hace urgente la búsqueda de alternativas sostenibles.

El aprovechamiento del microbioma del suelo como recurso biológico constituye una de estas alternativas. Diversos estudios han identificado comunidades microbianas específicas en suelos supresivos, capaces de inhibir el desarrollo de patógenos mediante competencia, antibiosis, inducción de defensas en la planta o modulación de rutas hormonales (Raaijmakers & Mazzola, 2016; Carrión et al., 2019). No obstante, persisten interrogantes centrales: qué taxones microbianos son responsables de esta supresión, qué factores determinan su establecimiento y funcionalidad en campo, y cómo se integran estas comunidades a la fisiología vegetal en un contexto agronómico real.

Un antecedente directo en el país es el trabajo de Serret-López et al. (2016), quienes documentaron que plantas de fresa preinoculadas con *Rhizophagus intraradices* e inoculadas con rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal mostraron mayor tolerancia a *Phytophthora capsici*, evidencia que respalda la viabilidad de estrategias biológicas de manejo en este cultivo bajo condiciones mexicanas.

En México, y particularmente en Baja California, los estudios metagenómicos en rizosferas de cultivos comerciales son escasos. A la fecha no existen perfiles detallados del microbioma rizosférico de fresa en San Quintín que permitan identificar asociaciones beneficiosas con potencial biotecnológico, lo que limita el diseño de estrategias de manejo integrado basadas en principios ecológicos. Este capítulo responde a ese vacío mediante un enfoque integrador que combina secuenciación masiva, aislamiento microbiano y validación funcional bajo condiciones controladas, alineado con los principios de la ciencia de frontera y con la generación de conocimiento aplicable al fortalecimiento de la soberanía alimentaria y fitosanitaria en una región agrícola estratégica del país.

Hipótesis. La composición y funcionalidad de las comunidades microbianas de la rizosfera en plantas de fresa sanas difiere de aquella presente en plantas infectadas, y ciertos taxones fúngicos y bacterianos actúan como agentes protectores frente a enfermedades radiculares.

Objetivos

Objetivo general. Identificar y caracterizar los microorganismos clave en la rizosfera de plantas de fresa sanas en San Quintín que contribuyen a la resistencia natural frente a enfermedades radiculares causadas por *Fusarium* spp. y *Phytophthora* spp.

Objetivos específicos.

1. Caracterizar la diversidad fúngica y bacteriana en rizosferas de plantas sanas y enfermas mediante secuenciación metagenómica.
2. Aislar e identificar molecularmente microorganismos benéficos, fúngicos y bacterianos, asociados con plantas sanas.
3. Evaluar la capacidad antagonista y promotora del crecimiento vegetal de los microorganismos aislados.
4. Validar en condiciones controladas de invernadero el efecto protector de los microorganismos seleccionados.

Marco teórico

El concepto de microbioma rizosférico se sustenta en la evidencia de que las comunidades microbianas asociadas a la raíz constituyen una extensión funcional del sistema inmune vegetal (Berendsen et al., 2012; Pieterse et al., 2012).

Bakker et al. (2020) enmarcan esta relación dentro de la denominada "identidad edáfica", según la cual el microbiota del suelo condiciona de manera activa la salud de la planta y ofrece una vía biotecnológica para la agricultura asistida por microbioma. Sobre esta base, la investigación en suelos supresivos ha identificado tres mecanismos principales mediante los cuales los microorganismos rizosféricos protegen a la planta frente a patógenos: la competencia directa por nutrientes y espacio, la antibiosis mediada por metabolitos secundarios y enzimas líticas, y la inducción de resistencia sistémica en el hospedero (Compant et al., 2005; Maciag et al., 2023).

La eficacia de estos mecanismos ha sido documentada en sistemas modelo relevantes para este estudio. Khan et al. (2018) demuestran que especies del género *Bacillus* ejercen actividad antifúngica directa contra *Fusarium* mediante múltiples mecanismos de biocontrol,

mientras que Carrión et al. (2019) evidencian que la activación de funciones supresoras de enfermedad en el microbioma radicular endofítico puede inducirse por la presencia misma del patógeno, lo que sugiere una respuesta dinámica y adaptativa de la comunidad microbiana. En el contexto mexicano, Gamboa-Mendoza et al. (2019) han caracterizado la respuesta de comunidades microbianas rizosféricas de *Fragaria mexicana* frente a variaciones ambientales, aportando un marco comparativo directo para interpretar los patrones observados en fresa cultivada.

La convergencia de estos cuerpos de evidencia —identidad edáfica, mecanismos de biocontrol y precedentes en especies del género *Fragaria*— constituye el fundamento conceptual sobre el cual se diseña la estrategia metodológica de caracterización, aislamiento y validación funcional que se describe a continuación.

Metodología

La investigación se desarrolla en tres etapas secuenciales a lo largo de tres años, cada una directamente correspondiente a un conjunto de objetivos específicos.

En la primera etapa (2025) se caracteriza el microbioma rizosférico de fresa mediante muestreo en diez campos agrícolas del valle de San Quintín, con extracción de ADN de suelo rizosférico y amplificación de las regiones génicas 16S rRNA (comunidades bacterianas) e ITS (comunidades fúngicas), siguiendo los procedimientos descritos por Afridi et al. (2024).

En la segunda etapa (2026) se realiza la secuenciación masiva mediante la plataforma Illumina y el análisis de diversidad microbiana y redes de co-ocurrencia utilizando los programas QIIME2 (Bolyen et al., 2019) y NetCoMi. De manera paralela, se aíslan microorganismos fúngicos y bacterianos en medios selectivos a partir de rizosferas de plantas sanas, se identifican molecularmente mediante secuenciación Sanger, y se evalúa

su actividad funcional mediante ensayos in vitro de antagonismo por cultivo dual, producción de sideróforos y enzimas líticas, así como bioensayos de promoción del crecimiento en plántula. La meta de esta etapa es el aislamiento de al menos 15 cepas fúngicas y 15 bacterianas, con evaluación funcional de al menos 10 cepas de cada grupo.

En la tercera etapa (2027) se valida el efecto protector de al menos cinco cepas seleccionadas mediante ensayos en condiciones controladas de invernadero, con diseño de tratamientos inoculados frente a control, y medición de parámetros fisiológicos y fitosanitarios: biomasa, altura, índice de clorofila, severidad de síntomas y expresión de genes relacionados con la patogenicidad (genes PR).

La gestión de riesgos metodológicos contempla la selección de sitios de muestreo alternativos ante variabilidad climática, el uso de protocolos validados para el aislamiento microbiano, el establecimiento de convenios de colaboración interlaboratorio y la capacitación previa de los estudiantes participantes, con el fin de asegurar la ejecución eficiente de cada etapa.

Resultados esperados e impacto esperado

Se espera obtener un perfil comparativo de las comunidades microbianas rizosféricas en plantas sanas y enfermas de fresa, así como un banco de cepas benéficas con potencial biocontrolador, respaldado por evidencia experimental de su capacidad protectora frente a patógenos radiculares.

A partir de estos hallazgos se propondrá un modelo preliminar de red microbiana asociada a la supresión de enfermedades, que contribuirá al entendimiento ecológico de la rizosfera y al desarrollo de estrategias sostenibles de manejo fitosanitario basadas en la biodiversidad microbiana local.

Como productos del proyecto se prevén una infografía de divulgación al cierre de la primera etapa; un póster en congreso nacional, una segunda infografía y la titulación de un estudiante de licenciatura al cierre de la segunda etapa; y, al cierre de la tercera etapa, un artículo científico sometido a revista mexicana de acceso abierto, talleres de divulgación dirigidos a productores y técnicos, y la titulación de dos estudiantes adicionales de licenciatura.

El impacto esperado beneficia directamente al sector agrícola de San Quintín, al generar conocimiento aplicable para el manejo sostenible de enfermedades radicales en fresa, con la consecuente reducción en el uso de agroquímicos y la mejora de la productividad. El proyecto promueve, además, prácticas agroecológicas basadas en microorganismos locales, contribuyendo a la salud del suelo y al desarrollo rural de la región.

En el plano social, fortalece la formación de recursos humanos especializados y la transferencia de conocimiento hacia productores y técnicos, en favor de la soberanía alimentaria y fitosanitaria de una región agrícola estratégica para el país.

Referencias

- Afridi, M. S., Schulman, P., Teixeira, W. D., Guimaraes, R. A., Lacerda, V. N. C., Teixeira, S. J. C., & de Medeiros, F. H. V. (2024). Biocontrol agent amendments shape the soybean rhizosphere in a cyst nematode (*Heterodera glycines*) conducive soil over a two-year field trial. *European Journal of Soil Biology*, 122, 103638. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2024.103638>
- Bakker, P. A., Berendsen, R. L., Van Pelt, J. A., Vismans, G., Yu, K., Li, E., Van Bentum, S., Poppeliers, S. W. M., Sanchez Gil, J. J., Zhang, H., Goossens, P., Stringlis, I. A., Song, Y., de Jonge, R., & Pieterse, C. M. (2020). The soil-borne identity and microbiome-assisted agriculture: looking back to the future. *Molecular Plant*, 13(10), 1394–1401. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2020.09.017>
- Berendsen, R. L., Pieterse, C. M., & Bakker, P. A. (2012). The rhizosphere microbiome and plant health. *Trends in Plant Science*, 17(8), 478–486. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2012.04.001>
- Bolyen, E., Rideout, J. R., Dillon, M. R., Bokulich, N. A., Abnet, C. C., Al-Ghalith, G. A., Alexander, H., Alm, E. J., Arumugam, M., Asnicar, F., Bai, Y., Bisanz, J. E., Bittinger, K., Brejnrod, A., Brislawn, C. J., Brown, C. T., Callahan, B. J., Caraballo-Rodríguez, A. M., Chase, J., ... Caporaso, J. G. (2019). Reproducible, interactive, scalable and extensible microbiome data science using QIIME 2. *Nature Biotechnology*, 37(8), 852–857. <https://doi.org/10.1038/s41587-019-0209-9>
- Carrión, V. J., Perez-Jaramillo, J., Cordovez, V., Tracanna, V., De Hollander, M., Ruiz-Buck, D., Mendes, L. W., Van Ijcken, W. F. J., Gomez-Exposito, R., Elsayed, S. S., Mohanraju, P., Arifah, A., van der Oost, J., Paulson, J. N., Mendes, R., van Wezel, G. P., Medema, M. H., & Raaijmakers, J. M. (2019). Pathogen-induced activation of disease-suppressive functions in the endophytic root microbiome. *Science*, 366(6465), 606–612. <https://doi.org/10.1126/science.aaw9285>

- Compant, S., Duffy, B., Nowak, J., Clément, C., & Barka, E. A. (2005). Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of action, and future prospects. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(9), 4951–4959. <https://doi.org/10.1128/AEM.71.9.4951-4959.2005>
- Gamboa-Mendoza, A. P., Delgadillo-Martínez, J., Almaraz-Suárez, J. J., Robledo-Paz, A., & Alarcón, A. (2019). Response of *Fragaria mexicana* and rhizosphere microbial communities to temperature increase. *Revista de Biología Tropical*, 67(1), 94–106. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v67i1.33040>
- Khan, N., Martínez-Hidalgo, P., Ice, T. A., Maymon, M., Humm, E. A., Nejat, N., Sanders, E. R., Kaplan, D., & Hirsch, A. M. (2018). Antifungal activity of *Bacillus* species against *Fusarium* and analysis of the potential mechanisms used in biocontrol. *Frontiers in Microbiology*, 9, 2363. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02363>
- Maciag, T., Kozieł, E., Rusin, P., Otulak-Kozieł, K., Jafra, S., & Czajkowski, R. (2023). Microbial consortia for plant protection against diseases: more than the sum of its parts. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(15), 12227. <https://doi.org/10.3390/ijms241512227>
- Mendes, R., Garbeva, P., & Raaijmakers, J. M. (2013). The rhizosphere microbiome: significance of plant beneficial, plant pathogenic, and human pathogenic microorganisms. *FEMS Microbiology Reviews*, 37(5), 634–663. <https://doi.org/10.1111/1574-6976.12028>
- Pieterse, C. M., Van der Does, D., Zamioudis, C., Leon-Reyes, A., & Van Wees, S. C. (2012). Hormonal modulation of plant immunity. *Annual Review of Cell and Developmental Biology*, 28(1), 489–521. <https://doi.org/10.1146/annurev-cellbio-092910-154055>
- Raaijmakers, J. M., & Mazzola, M. (2016). Soil immune responses. *Science*, 352(6292), 1392–1393. <https://doi.org/10.1126/science.aaf3252>
- Serret-López, M., Espinosa-Victoria, D., Gómez-Rodríguez, O., & Delgadillo-Martínez, J. (2016). Tolerance of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) plants pre-mycorrhized with *Rhizophagus intraradices* and inoculated with PGPR's to *Phytophthora capsici*. *Agrociencia*, 50(8), 1107–1121.

Sistema de monitoreo mediante Internet de las Cosas (IoT) para la conversión de agua a materia seca en diferentes genotipos de soya

Sindya Yadira Castillo Ortiz, Anastacio Carrillo Quiroz,

Julio César Flores Cabrera

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Iguala

Sistema de monitoreo mediante Internet de las Cosas (IoT) para la conversión de agua a materia seca en diferentes genotipos de soya

Sindya Yadira Castillo Ortiz, Anastacio Carrillo Quiroz, Julio César Flores Cabrera
Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Iguala

Resumen

Este capítulo presenta el desarrollo de un sistema de monitoreo automatizado, basado en Internet de las Cosas (IoT), para evaluar la eficiencia de conversión de agua a materia seca en cuatro genotipos de soya. El proyecto responde a la ausencia de herramientas tecnológicas precisas para medir en tiempo real el volumen de agua consumido por unidad de rendimiento, una limitante que impide emitir recomendaciones agrícolas basadas en evidencia. Mediante sensores de humedad conectados de forma inalámbrica y una aplicación web progresiva desarrollada en Angular con respaldo en Firebase, se registra el riego aplicado a cada planta y se determina, al final de un ciclo mínimo de 75 días, la relación entre el volumen de agua suministrado y la biomasa seca producida. El sistema permitirá identificar el genotipo de soya más eficiente en el uso del agua, aportando evidencia científica para una agricultura de precisión orientada al aprovechamiento sustentable de los recursos hídricos.

Palabras clave: soya (genotipos); Internet de las Cosas (IoT); conversión de agua a materia seca; monitoreo automatizado; agricultura de precisión.

Introducción

El sector agrícola enfrenta el reto de optimizar el uso de los recursos hídricos frente a un contexto de escasez creciente. La agricultura constituye el mayor consumidor de agua dulce a nivel mundial, al absorber más del 70 % de las extracciones globales, y su gestión sostenible es determinante para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados con el hambre cero y el estrés hídrico. Frente a este panorama, resulta prioritario incentivar prácticas que aumenten la productividad del agua en el riego, incluyendo la adopción de tecnologías innovadoras de monitoreo.

Actualmente existe una falta de herramientas tecnológicas precisas para medir la conversión de agua a materia seca en tiempo real, lo que dificulta determinar la eficiencia de distintos genotipos de soya frente al riego. Sin un sistema de monitoreo en línea basado en Internet de las Cosas (IoT), resulta complejo registrar el volumen de agua por unidad de rendimiento y analizar los requerimientos hídricos específicos de cada variante del cultivo, lo que limita la posibilidad de emitir recomendaciones agrícolas fundamentadas en datos.

La soya (*Glycine max*) constituye una alternativa particularmente relevante frente a esta problemática: su forraje alcanza entre 18 y 20 % de proteína cruda, y su grano entre 40 y 41 %, con un sabor agradable al paladar, lo que la posiciona como un alimento de alto valor nutricional y bajo costo relativo, capaz de contribuir tanto a la nutrición humana como a la producción pecuaria (Tobía & Villalobos, 2004). Adicionalmente, su cultivo favorece la recuperación de la fertilidad del suelo mediante la fijación biológica de nitrógeno, características que la sitúan como un cultivo estratégico para una agricultura sostenible. Determinar con precisión científica cuáles genotipos de soya presentan un mejor rendimiento en la conversión de agua a materia seca permite, en este sentido, orientar decisiones productivas hacia un menor gasto hídrico frente a otros cultivos alimentarios.

La implementación de un sistema basado en Internet de las Cosas permite transitar de métodos de cultivo tradicionales hacia una agricultura de precisión. El uso de sensores de humedad y monitoreo en línea elimina el margen de error asociado a la medición manual y genera una base de datos robusta para el análisis de los requerimientos hídricos por genotipo, fortaleciendo al mismo tiempo la formación de estudiantes que participan en el desarrollo del sistema.

Objetivos

Objetivo general. Implementar un sistema de monitoreo en línea de la conversión de agua a materia seca en diferentes genotipos de soya, mediante Internet de las Cosas (IoT).

Objetivos específicos.

1. Planear, instalar y configurar el equipo de sensores de humedad.
2. Registrar el volumen de agua por unidad de rendimiento de materia seca en cada genotipo de soya.
3. Diseñar una aplicación web progresiva para el sistema de recopilación de información.
4. Analizar los requerimientos de agua para la conversión a materia seca de cada genotipo.
5. Emitir recomendaciones respecto a los genotipos de soya en un marco de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

Marco teórico

La escasez hídrica constituye una de las principales restricciones para la agricultura contemporánea: la disponibilidad de agua dulce por persona ha disminuido más del 20 % en las dos últimas décadas, con condiciones particularmente severas en regiones donde el volumen anual per cápita se aproxima al umbral convencional de escasez grave (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2022).

Frente a esta situación, garantizar la gestión sostenible del agua en la agricultura de regadío requiere priorizar la adopción de tecnologías innovadoras de monitoreo y la modernización de la infraestructura de riego existente, sin descuidar los caudales ambientales necesarios para la conservación de los ecosistemas hídricos (FAO, 2013).

En este contexto, la soya se posiciona como un cultivo de particular relevancia: además de su alto valor proteico y su contribución a la fertilidad del suelo, representa una alternativa de menor huella hídrica frente a otras fuentes alimentarias de calidad nutricional comparable (Tobía & Villalobos, 2004).

La respuesta fisiológica de los cultivos ante condiciones de humedad edáfica variable, documentada en estudios sobre fertilización y manejo hídrico en gramíneas, confirma además la sensibilidad de estos sistemas productivos al exceso o déficit de agua, lo que refuerza la necesidad de un monitoreo preciso y continuo (Meléndez et al., 2006).

La tecnología IoT ofrece una respuesta directa a esta necesidad. El protocolo MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*), basado en la pila TCP/IP, permite mantener conexiones persistentes y ligeras entre dispositivos mediante un esquema de publicación-suscripción gestionado por un *broker*, lo que lo hace especialmente adecuado para dispositivos de bajo

consumo energético y ancho de banda limitado, características idóneas para el monitoreo agrícola en campo (Anaya-Isaza et al., s.f.). Complementariamente, las aplicaciones web progresivas (PWA) permiten ofrecer una experiencia similar a la de una aplicación nativa a través del navegador, mediante tres requisitos técnicos: un contexto seguro (HTTPS), uno o más *service workers* que gestionan las solicitudes de red y el almacenamiento en caché, y un archivo de manifiesto que define la identidad de la aplicación.

Finalmente, la automatización del riego mediante autómatas programables capaces de gestionar circuitos de forma inteligente a partir de señales de múltiples variables físicas, constituye el componente que traduce la información recabada por los sensores en acciones de riego controladas, sustituyendo los métodos manuales tradicionales, que no permiten una medición precisa de la cantidad de agua requerida por el suelo y suelen generar desperdicio por exceso de aplicación.

Metodología

El estudio se desarrolla en las instalaciones del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, plantel del Centro de Estudios Profesionales, ubicado en el municipio de Cocula, Guerrero, en un área de 200 m² con malla sombra. Se evalúan cuatro genotipos de soya, cada uno con ocho repeticiones ($n = 8$), manejándose diez macetas por genotipo (40 macetas en total) para prever pérdida de material vegetal. Cada maceta se siembra con dos semillas del genotipo correspondiente; a los diez días de la emergencia se elimina la plántula menos desarrollada, dejando una sola planta saludable por unidad experimental, con una separación de un metro entre macetas.

Previo a la instalación, se validan los espacios destinados a los sensores para garantizar condiciones óptimas de control del riego, y se calibran los dispositivos para asegurar la homogeneidad y confiabilidad de los registros. El sistema de monitoreo se estructura sobre plataformas Raspberry Pi y Arduino, conectadas a sensores de humedad con conectividad wifi de alcance inalámbrico de hasta 3.2 km (42 km con antena de alto alcance), alta precisión y consumo energético ultrabajo, complementados con el circuito de mangueras y conexiones necesario para la irrigación de las muestras.

La aplicación web se desarrolla mediante el framework Angular, que provee una arquitectura de código estructurada, con Firebase como servicio de base de datos en la nube (Firestore) y de autenticación de usuarios. El sistema está diseñado para operar en dispositivos móviles de gama media (2 GB de RAM, Android 4.4 en adelante, 150 MB de almacenamiento) con conexión a internet, y correlaciona automáticamente cada lectura de sensor con la fecha de reporte, el nivel de humedad registrado y el volumen de agua suministrado.

Una vez en operación conjunta el sistema de sensores y la aplicación, se monitorea en tiempo real el volumen de agua aplicado en cada evento de riego, ajustado a la capacidad de campo del suelo, durante un ciclo mínimo de 75 días. A los 75 días de la siembra —coincidiendo con el inicio de la floración, etapa de mejor equilibrio entre rendimiento y calidad nutricional— se cosecha la biomasa aérea de cada planta, la cual se deshidrata en estufa de aire forzado hasta obtener su peso en base de materia seca. Las variables de respuesta registradas son: volumen de agua aplicado hasta el corte por planta y genotipo; peso de biomasa aérea total, de hojas y de tallos (en gramos de materia seca); relación hojas:tallos; y relación de volumen de agua por kilogramo de materia seca producida, indicador central para determinar la eficiencia hídrica de cada genotipo.

Resultados esperados e impacto esperado

El proyecto se desarrolla en cinco etapas secuenciales: recolección y análisis de requerimientos (marzo-abril), diseño del sistema e implementación de la base de datos (abril-julio), configuración y programación de los dispositivos electrónicos (julio-noviembre), instalación del sistema de riego automatizado (noviembre-enero) y pruebas de funcionalidad del sistema completo (enero-febrero).

Como productos comprometidos se prevé la incorporación de cuatro estudiantes de licenciatura mediante servicio social o créditos complementarios, el envío de dos artículos científicos a revistas indizadas, el registro de un derecho de autor ante el Instituto Nacional del Derecho de Autor (INDAUTOR), y el establecimiento de una vinculación tecnológica verificable mediante proyectos de innovación derivados.

Al concluir el periodo de monitoreo, el análisis comparativo del volumen de agua suministrado frente a la materia seca generada por genotipo permitirá identificar cuál o cuáles genotipos de soya son más eficientes en la conversión de agua a materia alimenticia, en comparación con otros cultivos de mayor demanda hídrica.

El impacto esperado se proyecta en tres dimensiones: en lo económico, al ofrecer una alternativa nutricional de menor costo frente a productos que aportan nutrientes comparables, con beneficio potencial para la economía local, regional y nacional; en lo ambiental, al generar ahorros sustanciales de agua mediante la identificación de los genotipos más eficientes; y en lo tecnológico, al consolidar un sistema de monitoreo replicable y de menor costo que las alternativas comerciales disponibles. Se proyecta, como continuidad del proyecto, extender la evaluación de las variables de respuesta hasta la etapa fenológica de grano maduro, en función de los resultados obtenidos en esta primera fase.

Referencias

- Anaya-Isaza, A., Peluffo-Ordóñez, D., Isaza-Ruget, J., Castro-Silva, A., Ruiz, D., & Llanos, L. (s.f.). *Internet of Things for irrigation system (IoT)*.
https://www.diegopeluffo.com/publicaciones/2016_JornadasFica_IOT.pdf
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2018). *Plan de mediano plazo 2018-2022*. <http://repositorio.iica.int/bitstream/11324/7191/1/BVE18040249e.pdf>
- Meléndez, L., Hernández, A., & Fernández, S. (2006). Efecto de la fertilización foliar y edáfica sobre el crecimiento de plantas de maíz sometidas a exceso de humedad en el suelo. *Bioagro*, 18(2), 107–114.
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612006000200005&lng=es&tlng=es
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2013). *Afrontar la escasez de agua: un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria*.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2015). *Los suelos sanos son la base para la producción de alimentos saludables*. <http://www.fao.org/soils-2015/news/news-detail/es/c/277721/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019). *Agricultura climáticamente inteligente*. <http://www.fao.org/climate-smart-agriculture/es/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2022). *Hacer que cada gota cuente*.
- Tobía, C., & Villalobos, E. (2004). Producción y valor nutricional del forraje de soya en condiciones tropicales adversas. *Agronomía Costarricense*, 28(1), 17–25.

Análisis de sustentabilidad en microempresas acuícolas y su impacto potencial en el desarrollo regional

Gerardo Edmundo Huicochea Santana, Jorge Hernández Santana,
Javier Alfonso Rodríguez Teliz, Marco Antonio Rodríguez Mejía

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Iguala

Análisis de sustentabilidad en microempresas acuícolas y su impacto potencial en el desarrollo regional

Gerardo Edmundo Huicochea Santana, Jorge Hernández Santana, Javier Alfonso

Rodríguez Teliz, Marco Antonio Rodríguez Mejía
Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Iguala

Resumen

Este capítulo forma parte de una línea de investigación sobre gestión empresarial, innovación y sustentabilidad en el sector rural, y examina el nivel de sustentabilidad de las microempresas acuícolas en la región costera del estado de Guerrero, así como su contribución potencial al desarrollo económico, social y ambiental regional. Evaluaciones de este tipo no se han reportado previamente para la entidad, aunque existen antecedentes nacionales en Sonora (camarón) y en la región central del país (trucha). El estudio parte de un inventario georreferenciado de microempresas acuícolas en las regiones de Costa Chica y Costa Grande, estratificado por tamaño y nivel de producción, sobre el cual se aplican encuestas, entrevistas y reuniones participativas con productores, especialistas y funcionarios estatales. La información recabada se clasifica e interpreta mediante el método MESMIS, desarrollado originalmente para contextos agroecológicos, con el propósito de construir un diagnóstico de gestión y sustentabilidad que se vincule con las estrategias del Plan Nacional de Desarrollo. Como producto complementario, el capítulo incluye una propuesta de desarrollo de turismo acuícola en la región, y concluye con una valoración sobre el aporte potencial de estas microempresas al desarrollo regional bajo un esquema de sustentabilidad.

Palabras clave: sustentabilidad; microempresas acuícolas; actividades turísticas; desarrollo regional.

Introducción

Ante la insostenibilidad actual de las pesquerías, la acuicultura resulta promisoría para satisfacer la demanda de proteína, dadas las condiciones climáticas favorables del territorio mexicano y las técnicas de producción relativamente bien establecidas para diversas especies. Sin embargo, numerosos proyectos acuícolas se han visto obligados a abandonar la actividad por causas diversas. Un estudio realizado en la región Occidente de México (Colima, Jalisco, Michoacán y Nayarit), con 600 empresas acuícolas, documentó relaciones heterogéneas en la articulación productiva de las granjas: solo algunas incorporan innovaciones en su gestión, condicionadas a los intereses particulares de sus propietarios, mientras que la mayoría carece de planes de negocio o estudios de impacto ambiental, lo que dificulta valorar la dimensión sustentable de su desarrollo (Huerta, 2011).

Cuando un microempresario invierte, la sustentabilidad de los recursos naturales utilizados en la producción suele comprometerse en favor de la maximización de utilidades. Es habitual, en el sector rural, evaluar los costos de producción sin considerar el componente ambiental, lo que resulta en valoraciones de rentabilidad engañosas (Borja-Bravo et al., 2015; Hernández, 2016; González et al., 2018). Esta imprecisión erosiona primero los recursos naturales y compromete después los beneficios socioeconómicos, con el consecuente abandono de la actividad. La globalización, el avance tecnológico y la ausencia de redes o cadenas de valor son, igualmente, causantes del cierre de microempresas incipientes y en proceso de consolidación.

La alta tasa de abandono de proyectos acuícolas obedece, entre otras causas, a la regulación ambiental existente, que en ocasiones desalienta el registro de los emprendimientos ante la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (Conapesca), privando a los productores de los apoyos disponibles para el sector (SAGARPA-FAO, 2014). A ello se suma la falta de

orientación técnica en los procesos de gestión empresarial, considerada capacitación productiva-administrativa, organización, innovación tecnológica y de mercados (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial [ONUDI], 2003; Fonseca & Vega, 2019). Las acciones de sustentabilidad, en este sentido, no se limitan al manejo del recurso de interés comercial, sino que involucran otros recursos bióticos y abióticos presentes en los aprovechamientos acuícolas, cuyo equilibrio determina la longevidad de los proyectos y los beneficios que estos generan (Calvente, 2007).

Este capítulo responde a esta problemática mediante un diagnóstico dirigido a microempresas del sector acuícola en el estado de Guerrero, por el potencial histórico de esta actividad a nivel nacional, con un enfoque en especies dulceacuícolas (tilapia, langostino) y salobres (camarón blanco), en las regiones de Costa Chica y Costa Grande, con la inclusión de proyectos localizados en otras regiones de la entidad.

Objetivos

Objetivo general. Determinar el manejo de gestión y el nivel de sustentabilidad de las microempresas acuícolas en la región costera del estado de Guerrero y su contribución al desarrollo económico, social y ambiental de la región.

Objetivos específicos.

1. Elaborar un listado actualizado de microempresas acuícolas en la región costera de Guerrero.
2. Construir un diagnóstico del manejo empresarial y el nivel de sustentabilidad de las microempresas acuícolas de la región costera de Guerrero.
3. Vincular y analizar el diagnóstico con las estrategias del Plan Nacional de Desarrollo, para determinar su papel potencial en el desarrollo regional.
4. Formular recomendaciones para el manejo y la conservación adecuados de los recursos acuícolas en términos económicos, sociales y ambientales.

Marco teórico

Desde un punto de vista práctico, una microempresa es aquella operada por menos de diez trabajadores fijos (Diario Oficial de la Federación [DOF], 2018); en el medio rural, la Ley de Desarrollo Rural Sustentable reconoce distintas formas de organización: económicas, gremiales, de sociedad civil y sistemas producto, orientadas a un desarrollo colectivo que no siempre persigue fines de lucro (SAGARPA-FAO, 2014).

El concepto de sustentabilidad, derivado del desarrollo sustentable, se remonta a la reunión de Estocolmo de 1972 y se consolida oficialmente a finales de la década de 1980; la Cumbre de Río de Janeiro de 1992 y su Agenda 21 constituyen un hito posterior en la construcción de instrumentos evaluatorios de metas ambientales.

Distintos enfoques abordan la sustentabilidad: desde el manejo de los recursos naturales (Olmos & González, 2013; Rangel et al., 2017), como sistema sociológico (Calvente, 2007), o desde la economía ecológica (Falconí, 2002). Calvente (2007) la define como la capacidad del sistema humano para satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer los recursos y oportunidades de las generaciones futuras, lo que implica que la dimensión ambiental es, en sí misma, un constructo de la actividad humana.

Para el sector rural, esto se traduce en una visión de sustentabilidad fuerte o débil según la intensidad del manejo de los recursos (Olmos & González, 2013), evaluada mediante variables, características medibles que permiten emitir juicios sobre el estado del sistema (Bolívar, 2011), que deben ser sensibles al cambio, reflejar el uso social de los recursos, evaluar tendencias frente a un estado estacionario, tener capacidad de producción y ser específicas y fáciles de recolectar (Barrantes, 2006).

La captura de esta información se realiza mediante encuestas y entrevistas estructuradas, semiestructuradas y no estructuradas, cada una con distinto grado de rigidez y confiabilidad, aplicadas a productores, investigadores y funcionarios (Moreno & Gallardo, 1999; López-Poblete et al., 2020).

La gestión empresarial, entendida como las actividades de una organización orientadas a la satisfacción de una necesidad de mercado mediante la oferta de productos a cambio de una contraprestación económica (Hernández, 2011), debe incorporar la sustentabilidad como parte constitutiva de sus procesos.

Entre los métodos operativos desarrollados para esta evaluación destaca el MESMIS, ampliamente utilizado en México y América Latina, que valora siete atributos: productividad, estabilidad, resiliencia, confiabilidad, equidad, autogestión y adaptabilidad (Astier et al., 2008; Olmos & González, 2013).

Otros métodos incluyen el IDEA, de origen francés, que trabaja con 42 indicadores distribuidos en las tres dimensiones de la sustentabilidad y ha sido aplicado en el sector pecuario mexicano (Zahm & Vilain, 2008; Vences et al., 2015), y el Análisis Jerárquico de Procesos, que construye sus criterios a partir de la interacción con expertos (Azamar & Matus, 2019; López-Poblete et al., 2020).

Finalmente, el turismo acuícola se define como la actividad desarrollada por productores acuícolas, mediante contraprestación económica, orientada a la valorización y difusión de su actividad y de los productos del medio acuícola en su región, una forma reciente de diversificación productiva.

Metodología

El estudio se desarrolla en las regiones de Costa Grande (8 municipios) y Costa Chica (16 municipios) del estado de Guerrero, que en conjunto cubren aproximadamente 500 km de litoral sobre el Océano Pacífico, con clima cálido subhúmedo tropical y temperatura promedio superior a 26 °C, condiciones favorables para el desarrollo de la acuicultura.

La primera fase consiste en la actualización del inventario de aprovechamientos acuícolas mediante fuentes directas e indirectas, el INEGI, la Secretaría de Economía estatal, la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, la Comisión de Acuicultura y Pesca estatal y la Delegación de la SADER, entre otras; registrando para cada microempresa su antigüedad, tamaño, localización, representante, especie cultivada y estado de funcionamiento, con georreferenciación de las unidades ubicadas en la región de estudio.

En la segunda fase se diseñan y aplican encuestas y entrevistas, con asesoría de un experto, para captar información sobre forma de producción, tecnología aplicada, administración, organización, capacitación, competitividad, manejo de recursos, comercialización y mercado. Las entrevistas se aplican de forma semiestructurada a productores y no estructurada a investigadores y funcionarios, con registro audiovisual para su posterior interpretación.

Cuando el número de microempresas activas lo amerita, se aplica un muestreo estratificado aleatorio simple, clasificando las unidades como grandes (más de 20 toneladas anuales), medianas (10 a 19 toneladas) o pequeñas (menos de 10 toneladas), criterio adoptado ante la ausencia de una clasificación consensuada en la literatura.

La tercera fase corresponde al análisis y diagnóstico de sustentabilidad, mediante la metodología MESMIS, complementada, según la información disponible, con un análisis multicriterio. Los resultados se vinculan con el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 para valorar el potencial impacto económico regional de las microempresas evaluadas, y se traducen en recomendaciones socializadas en reuniones con los productores, que incluyen una propuesta de turismo acuícola sustentada en observaciones sobre el paisaje, la flora y fauna nativas, y los aspectos gastronómicos de la región.

Resultados esperados e impacto esperado

El proyecto se desarrolla en cinco etapas entre febrero y diciembre: actualización del inventario georreferenciado de microempresas acuícolas de la costa de Guerrero (febrero-marzo); diseño, validación y aplicación de encuestas y entrevistas de forma directa y virtual (abril-junio); manejo, interpretación y captura de la información, con un diagnóstico preliminar (junio-agosto); análisis formal de resultados, formulación de recomendaciones sobre turismo acuícola y difusión con los productores (septiembre-octubre); y redacción y envío de un artículo científico a revista indizada (noviembre-diciembre).

Como productos se prevén una tesis de licenciatura concluida, la incorporación de dos estudiantes mediante servicio social, la participación de alumnos residentes, un artículo científico enviado a revista indizada y una memoria en congreso nacional de prestigio en el área.

Los resultados se entregarán a las microempresas acuícolas junto con recomendaciones, estrategias y políticas de manejo sustentable, en el entendido de que la etiqueta de sustentabilidad otorga beneficios adicionales en los mercados locales y regionales.

El impacto de estos resultados sobre la operación de las microempresas dependerá de su vinculación con los programas de fomento productivo estatales, en particular con la Secretaría de Economía del estado, hacia quien también se dirige el diagnóstico como insumo para el diseño de estrategias y políticas ambientales que impulsen el desarrollo regional.

Referencias

- Astier, M., Masera, O., & Galván-Miyoshi, Y. (2008). *Evaluación de la sustentabilidad: un enfoque dinámico y multidimensional*. IMAG Impressions.
- Azamar, A. A., & Matus, J. P. (2019). *Tendiendo puentes para una sustentabilidad integral*. UAM-Xochimilco.
- Barrantes, M. G. (2006). *Identificación y uso de variables e indicadores: conceptos básicos y ejemplos*. Instituto de Políticas para la Sostenibilidad.
- Bolívar, H. (2011). Metodologías e indicadores de evaluación de sistemas agrícolas hacia el desarrollo sostenible. *Redalyc*, 8(1), 1–18.
- Borja-Bravo, M., García-Salazar, J. A., Reyes-Muro, L., & Arellano-Arciniega, S. (2015). Rentabilidad de los sistemas de producción de uva (*Vitis vinifera*) para mesa e industria en Aguascalientes, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 13, 151–168.
- Calvente, A. M. (2007). *El concepto moderno de sustentabilidad: sociología y desarrollo sustentable*. Universal Abierta Interamericana.
- Diario Oficial de la Federación. (2018). *Programa Nacional de Pesca y Acuacultura 2020-2024*.
- Falconí, F. (2002). *Economía y desarrollo sostenible: ¿matrimonio feliz o divorcio anunciado? El caso de Ecuador*. FLACSO Ecuador.
- Fonseca, C. N. E., & Vega, B. Z. Y. (2019). Sostenibilidad como estrategia de competitividad empresarial en sistemas de producción agropecuaria. *Revista Estrategia Organizacional*, 8(1), 9–26.
- González, F. S., Guajardo, L. H., Almeraya-Quintero, S. X., Pérez-Hernández, L. M., & Sangerman-Jarquín, D. M. (2018). Tipología de productores de maíz en los municipios de Villaflores y La Trinitaria, Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(8), 1763–1766.
- Hernández, H. G. P. (2011). La gestión empresarial, un enfoque del siglo XX, desde las teorías administrativas científica, funcional, burocrática y de relaciones humanas.

Escenarios, 9(1), 38–51.

Hernández, R. L. (2016). *Análisis de la rentabilidad económica del sector vitivinícola*: D.O.C. Rioja [Tesis de licenciatura, Universidad de la Rioja].

Huerta, M. J. J. (2011). Articulación productiva para la innovación en las pequeñas empresas acuícolas de la región Occidente de México. *El Ágora USB*, 11(2), 232–489.

López-Poblete, I., Godínez-Domínguez, E., Mendoza, M. E., & Tintos-Gómez, A. (2020). Criterios de manejo acuícola para la región Pacífico Central mexicano mediante análisis multicriterio. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 28(79), 14–23.

Moreno, G. A., & Gallardo, Y. (1999). *Recolección de la información* (Serie Aprender a Investigar, Módulo 3). ICFES.

Olmos, M. A., & González, S. W. (2013). El valor de la sustentabilidad. *Ciencia y Agricultura*, 10(1), 91–100.

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. (2003). *Una vía para salir de la pobreza: desarrollo de la capacidad empresarial de la población rural y de las mujeres*.

Rangel, D. J., Arredondo, M. C. G., & Espejel, I. (2017). ¿Estamos investigando la efectividad de las certificaciones ambientales para lograr la sustentabilidad acuícola? *Sociedad y Ambiente*, 15, 7–37.

SAGARPA-FAO. (2014). *Estudio sobre el desarrollo institucional de las organizaciones rurales en México*.

Vences, P. J., Nájera, G. A. L., Albarrán, B. P., Arriaga, C. M. J., Rebollar-Rebollar, S., & García, A. M. (2015). Utilización del método IDEA para evaluar la sustentabilidad de la ganadería del Estado de México. En D. P. Iglesias, F. M. Carreño, & A. Carrillo (Eds.), *Sustentabilidad productiva sectorial: algunas evidencias de aplicación*. UAEM.

Zahm, F., & Vilain, L. (2008). *La méthode IDEA: indicateurs de durabilité des exploitations agricoles: guide d'utilisation*. Educagri Éditions.

Divulgación de geociencias y conservación ambiental en una escuela primaria rural: vocaciones científicas con perspectiva de género en el Ejido Santa María, Región Carbonífera

Lisbett Susana Materano-Escalona, Guadalupe Abigail Salazar Celaya,
Diego de Jesús Martínez Hernández, Juan Josué Enciso-Cárdenas
Universidad Autónoma de Coahuila

Divulgación de geociencias y conservación ambiental en una escuela primaria rural: vocaciones científicas con perspectiva de género en el Ejido Santa María, Región Carbonífera

Lisbett Susana Materano-Escalona¹, Guadalupe Abigail Salazar Celaya², Diego de Jesús Martínez Hernández¹, Juan Josué Enciso-Cárdenas¹

¹ Centro de Investigación en Geociencias Aplicadas, Universidad Autónoma de Coahuila

² Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Universidad Autónoma de Coahuila

Resumen

Este capítulo presenta una iniciativa educativa orientada a impulsar vocaciones científicas desde la infancia en el Ejido Santa María, comunidad rural minera de la Región Carbonífera de Coahuila, mediante estrategias de divulgación de las geociencias y la conservación ambiental con enfoque participativo, lúdico y situado en el territorio. El proyecto parte de la premisa de que todas las infancias tienen derecho a imaginarse como científicas y científicos, en particular aquellas que crecen lejos de los centros urbanos donde históricamente se ha concentrado el acceso al conocimiento. Se propone la visibilización activa de mujeres científicas como referentes locales y globales, frente a los estereotipos que han limitado el acceso de las niñas a las ciencias, y se reconoce el territorio como fuente de saberes explorable mediante caminatas, mapeos comunitarios, experimentos prácticos y encuentros intergeneracionales, con una lectura de género sobre la gestión histórica de los recursos naturales en la comunidad. El proyecto se alinea con los principios del Programa Especial de Innovación, Ciencia y Tecnología de Coahuila, y posiciona al Ejido Santa María como un caso de estrategias prácticas de divulgación de las geociencias centradas en la infancia, con perspectiva de género y compromiso ambiental.

Palabras clave: estrategias de divulgación; geociencias; infancias; perspectiva de género; educación ambiental; contextos rurales.

Introducción

Las geociencias constituyen un campo multidisciplinario que integra geología, minería, geografía, geoquímica, biología y educación ambiental. Es en los primeros años de la vida escolar donde se arraigan la conciencia social y la solidaridad, y donde niñas y niños comienzan a construir los valores y conductas que los definirán como ciudadanos; de ahí la importancia de divulgar las geociencias y de destacar la relevancia de los recursos naturales renovables y no renovables desde la infancia (Sil, 2023; UNESCO, 2017). La participación infantil es, además, un derecho consagrado en la Convención sobre los Derechos del Niño de 1989, el tratado internacional más ratificado de la historia (UNICEF, 2003), y su ejercicio efectivo requiere que los niños sean nombrados y hechos visibles como actores sociopolíticos, en diálogo con temas de educación, género y equidad (UNICEF Colombia, 2017).

El Centro de Investigación en Geociencias Aplicadas (CIGA) de la Universidad Autónoma de Coahuila sostiene que promover la ciencia desde las primeras etapas escolares puede generar cambios sociales duraderos en la comprensión y el uso racional de los recursos naturales. Esta convicción se sustenta en experiencias previas del equipo de trabajo: entre 2015 y 2023, la profesora Salazar desarrolló proyectos de intervención con infancias en contextos de riesgo en el municipio de Torreón, incluyendo el rescate de la tradición oral mediante radio comunitaria y producción documental. Entre 2023 y 2024, la profesora Materano-Escalona coordinó actividades lúdico-científicas con estudiantes de primaria del Ejido Santa María, acercándolos a las geociencias mediante dinámicas, charlas y observación directa de rocas y minerales, complementadas con una encuesta diagnóstica que permitió identificar desigualdades de género y barreras socioculturales en el acceso a contenidos científicos (Materano-Escalona et al., 2024).

El Ejido Santa María, localizado en una zona minera del municipio de San Juan de Sabinas, Coahuila, carece de programas educativos enfocados en las ciencias de la Tierra, lo que limita el acceso de niñas y niños a conocimientos sobre su entorno geológico, ambiental y económico, y dificulta el desarrollo de una conciencia crítica sobre el impacto de la minería en su comunidad y su salud, una carencia que, conforme a los datos más recientes sobre la situación de la infancia en México, afecta de manera desproporcionada a las comunidades rurales alejadas de los centros de producción de conocimiento (UNICEF México, 2023). Esta propuesta ejecuta de forma concreta y contextualizada los principios rectores del Programa Especial de Innovación, Ciencia y Tecnología de Coahuila (PEICT), en su Objetivo 3.1, y del eje de Desarrollo Humano del Plan Estatal de Desarrollo Coahuila 2023-2029, posicionando al Ejido Santa María como un caso de divulgación de las geociencias centrado en la infancia, con perspectiva de género y compromiso ambiental.

Objetivos

Objetivo general. Promover la divulgación de las geociencias y la conservación ambiental en el Ejido Santa María mediante estrategias educativas con perspectiva de género y centradas en la infancia, con el fin de fomentar vocaciones científicas y fortalecer la conciencia ambiental en contextos comunitarios.

Objetivos específicos.

1. Diseñar e implementar jornadas educativas participativas centradas en las geociencias y la conservación ambiental, adaptadas a las características culturales, sociales y territoriales del Ejido Santa María.
2. Reconocer y revalorar el territorio rural como espacio legítimo de producción de saberes científicos, integrando conocimientos locales y experiencias del entorno desde la perspectiva de género.

3. Fortalecer el vínculo entre la comunidad, la infancia y la ciencia mediante acciones de divulgación accesibles y abiertas al público.
4. Promover la equidad de género en el acceso al conocimiento científico, visibilizando referentes femeninos en las ciencias y garantizando una participación inclusiva de niñas y niños.
5. Generar materiales didácticos y de divulgación accesibles, reutilizables por docentes y actores comunitarios en futuras iniciativas.

Marco teórico

La comunicación pública de la ciencia ha encontrado, en años recientes, nuevas vías de acercamiento a públicos no especializados; experiencias como el uso de redes sociales para acercar la geología a audiencias amplias demuestran el potencial de estas herramientas para transformar el vínculo entre la ciencia y la sociedad (Dorado & Hopfenblatt, 2021).

Este potencial adquiere una dimensión particular cuando se articula con la perspectiva de género: la sistematización de la trayectoria histórica de las mujeres en la geología evidencia tanto su contribución sostenida a la disciplina como la persistencia de barreras estructurales para su reconocimiento y visibilidad (Guereschi et al., 2021), lo que respalda la pertinencia de estrategias de divulgación que visibilicen activamente a referentes científicas.

Desde la perspectiva de la niñez, trabajar los enfoques de género y ciencia de manera transversal implica reconocer que las infancias, particularmente las de contextos rurales, han estado históricamente al margen de las oportunidades de acercamiento a la educación STEAM. La literatura sobre educación ambiental sostiene que las estrategias de enseñanza basadas en el juego, el contacto con materiales geológicos reales y el uso de lenguaje

accesible resultan eficaces para despertar el interés científico en la infancia, particularmente cuando se generan espacios comunitarios de encuentro entre científicos y población infantil en formatos adaptados a su contexto local. Esta convergencia entre divulgación científica, educación ambiental y perspectiva de género, aplicada a una población infantil en un contexto rural-minero, constituye una experiencia poco documentada en la región, lo que otorga al proyecto un carácter exploratorio y pionero en la sistematización de la percepción infantil sobre las geociencias.

Metodología

La estrategia metodológica se coordina desde el CIGA-UAdeC, en colaboración con la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Distrito de Cuencas Presa Don Martín, y la Asociación de Mineros Metalúrgicos y Geólogos de México, Región Carbonífera (AIMMGM). El cumplimiento de los objetivos específicos se materializa en cuatro ejes de trabajo articulados en jornadas educativas y un evento comunitario de socialización, organizados en torno a cuatro ejes transversales: perspectiva de género e infancias, interculturalidad, reconocimiento del contexto rural, y aprendizaje vivencial y lúdico.

El primer eje corresponde a la implementación de jornadas educativas participativas, que inician con una reunión de presentación del proyecto a autoridades escolares y representantes comunitarios, seguida de un diagnóstico educativo-ambiental participativo, el diseño de contenidos lúdicos adaptados a las edades de los estudiantes, un plan de talleres, salidas de campo y sesiones prácticas, y la aplicación de instrumentos de evaluación antes y después de las jornadas.

El segundo eje integra los saberes locales mediante encuentros con madres, padres, docentes y personas mayores de la comunidad, caminatas de reconocimiento territorial, un taller geológico sobre recursos naturales y cartografía, y un ejercicio de mapeo comunitario

de saberes relacionados con geociencias y conservación. El tercer eje despliega acciones de divulgación abiertas a la comunidad, charlas temáticas con especialistas invitadas, priorizando mujeres en la ciencia, y un conversatorio intergeneracional sobre la actividad minera. El cuarto eje incorpora estrategias específicas de equidad de género: representaciones teatrales que personifican a científicas mexicanas, uso de lenguaje inclusivo y búsqueda deliberada de paridad en la participación de niñas, niños e investigadores. El quinto eje, transversal a los anteriores, genera materiales didácticos reutilizables, cápsulas informativas, murales científicos, carteles y memorias audiovisuales, socializados en una jornada final de cierre.

El proyecto se dirige de manera directa a las niñas y niños de la Escuela Primaria "Benito Juárez" del Ejido Santa María, con aproximadamente 59 estudiantes de entre 7 y 12 años, de primero a sexto grado, e indirectamente a docentes, personal administrativo, madres, padres y miembros de la comunidad que participan en las actividades abiertas.

Resultados esperados e impacto esperado

El proyecto se articula con tres líneas de acción del Programa Especial de Innovación, Ciencia y Tecnología de Coahuila: la implementación de programas educativos interactivos mediante talleres y experimentos prácticos de exploración geológica y cartografía; la organización de un evento de comunicación de la ciencia abierto a la comunidad, en el que los participantes presentan sus aprendizajes; y el establecimiento de un club de interés científico de seguimiento, la Academia Infantil de Científicas y Científicos de Santa María, concebida como espacio comunitario para la continuidad del proyecto más allá de su periodo de ejecución.

El impacto esperado se despliega en cuatro dimensiones. En la atención a grupos vulnerables social y geográficamente, el proyecto reduce las limitaciones estructurales de acceso a recursos didácticos en una comunidad rural de menos de 1,000 habitantes, revalorizando el entorno rural como espacio legítimo para la ciencia.

En la promoción de la inclusión de niñas y mujeres en la ciencia, visibiliza a científicas y promueve la participación equitativa en todas las actividades. En la promoción de vocaciones científicas, garantiza el acceso a experiencias científicas a infancias tradicionalmente al margen de la educación STEAM, fomentando el pensamiento crítico desde edades tempranas.

En el fomento de grupos multidisciplinarios e interinstitucionales, articula la colaboración entre el CIGA-UAdeC, la CONANP, la AIMMGM y la Unión Americana de Geofísica, a través de su iniciativa Thriving Earth Exchange.

En términos cuantitativos, se prevé la participación directa de aproximadamente 59 niñas y niños, un equipo de al menos 12 personas entre docentes y colaboradores en actividades de formación y acompañamiento, y un alcance indirecto estimado en 100 personas entre madres, padres y miembros de la comunidad.

Referencias

- Dorado, O., & Hopfenblatt, J. (2021). Oh Magma Mía: acercando la geología a través de las redes sociales. En *Geo-Temas* (Vol. 18, p. 657). X Congreso Geológico de España, Sociedad Geológica de España.
- Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza. (2024a). *Plan Estatal de Desarrollo Coahuila 2023-2029*.
- Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza. (2024b). *Programa Especial de Innovación, Ciencia y Tecnología*.
- Guereschi, A. B., Martino, R. D., & Ramos, V. A. (2021). *La mujer en la geología*. Asociación Geológica Argentina.
- Materano-Escalona, L., Bueno, Y., Martínez, D., De la Rosa, G., & Enciso, J. (2024). *Divulgación de las geociencias con perspectiva de género e infancias* [Presentación]. Tercera Jornada de Conferencias y Talleres: Mujeres Científicas Mexicanas, OWSD México.
- Sil. (2023). *Iniciativa que reforma los artículos 76 de la Ley General de Educación y 38 de la Ley General de Educación Superior*. Sistema de Información Legislativa.
- UNESCO. (2017). *Desglosar el Objetivo de Desarrollo Sostenible 4: educación 2030* (Guía ED-16/ESC-PCR/GD/1 Rev.).
- UNICEF. (2003). *Guía práctica: también es cosa de niños, guía didáctica para el profesorado*. Comité Comunidad Valenciana.
- UNICEF Colombia. (2017). *Súmate por mí: herramientas y referencias conceptuales*. Gobierno de Colombia.
- UNICEF México. (2023). *Informe anual México*. Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia.

Transversalidad de género para la gobernanza del agua en el Área de Protección de los Recursos Naturales Ríos y Montañas de la Comarca Lagunera

Ilse Estefanía Segura Zarzosa¹, Perla Patricia Ochoa García¹,
Lydia Enith Nava Rivera², Alicia Solís Hernández³,
Karla Gisel Carreón Anguiano⁴

¹ Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Durango

² Universidad Autónoma de Durango

³ Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara

⁴ Universidad Politécnica de Gómez Palacio

En colaboración con Mujeres en la Ciencia de La Laguna A.C. y Fondo de Agua de La Laguna A.C.

Transversalidad de género para la gobernanza del agua en el Área de Protección de los Recursos Naturales Ríos y Montañas de la Comarca Lagunera

Ilse Estefanía Segura Zarzosa¹, Perla Patricia Ochoa García¹, Lydia Enith Nava Rivera², Alicia Solís Hernández³, Karla Gisel Carreón Anguiano⁴

¹ *Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Durango*

² *Universidad Autónoma de Durango*

³ *Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara*

⁴ *Universidad Politécnica de Gómez Palacio*

En colaboración con Mujeres en la Ciencia de La Laguna A.C. y Fondo de Agua de La Laguna A.C.

Resumen

Este capítulo presenta la primera evaluación sistemática de la transversalidad de género orientada a la gobernanza del agua en un área natural protegida de reciente creación en México: el Área de Protección de los Recursos Naturales (APRN) Ríos y Montañas de la Comarca Lagunera, Durango. El estudio se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible 5 (igualdad de género) y 6 (agua limpia y saneamiento), y atiende un vacío identificado en la literatura sobre género y educación ambiental hídrica. Mediante un diseño de métodos mixtos, la investigación involucra a actores gubernamentales, organizaciones civiles, sector privado y comunidades organizadas en las localidades de Sapioris, Nuevo Graseros, El Refugio y Santa Anita, donde se documenta una marcada predominancia de jefatura de hogar masculina, hasta 98 % en Santa Anita, y grados variables de marginación, evidencia de una desigualdad estructural en la toma de decisiones hídricas. Estructurado en dos semestres (octubre de 2025 a septiembre de 2026), el proyecto trasciende el diagnóstico para generar un marco de indicadores replicable que integre la perspectiva de género como criterio transversal en la educación ambiental hídrica, ofreciendo un modelo aplicable a otras áreas naturales protegidas del país.

Palabras clave: transversalidad de género; gobernanza del agua; áreas naturales protegidas; equidad de género; educación ambiental hídrica.

Introducción

La gestión equitativa de los recursos hídricos constituye uno de los desafíos más urgentes de la agenda global de desarrollo sostenible. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible 5 y 6 reconocen que la equidad de género no es un principio accesorio, sino una condición estructural para la seguridad hídrica: a nivel mundial, menos del 27 % de los países reportan una participación equitativa de mujeres en la toma de decisiones sobre el agua, aun cuando la evidencia demuestra sistemáticamente que su participación produce servicios más equitativos, eficaces y sostenibles. En México, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales ha reconocido la necesidad de fortalecer la participación social con enfoque de género en el manejo del agua, como lo establece el Programa Nacional Hídrico 2024-2030 (SEMARNAT, 2024).

Este capítulo constituye la primera investigación sistemática centrada en la transversalización de la perspectiva de género orientada a la gobernanza del agua en un área natural protegida de reciente creación en el país, y busca atender un vacío señalado en la literatura especializada respecto a la limitada producción académica sobre esta temática y su desvinculación del campo de la investigación educativa (Cisneros Ricardo, 2019). Los resultados ofrecerán herramientas metodológicas para la evaluación, implementación y seguimiento de enfoques de género en programas de educación ambiental hídrica, generando evidencia empírica sobre la eficacia de metodologías participativas con enfoque de género en las actividades económicas y educativas de la región, en respuesta directa a la necesidad señalada por la SEMARNAT (2024) de fortalecer la participación social en el manejo del agua.

Objetivos

Objetivo general. Evaluar la aplicación de la transversalidad de género para la gobernanza del agua en el Área de Protección de los Recursos Naturales Ríos y Montañas de la Comarca Lagunera, con el fin de identificar oportunidades de mejora y promover una gestión más equitativa y sostenible de los recursos hídricos.

Objetivos específicos.

1. Realizar un diagnóstico mixto (cualitativo-cuantitativo) que identifique el papel de la mujer en las actividades económicas locales de las comunidades de Sapioris, Nuevo Graseros, El Refugio y Santa Anita, con indicadores que permitan cuantificar la participación diferenciada por género.
2. Analizar las políticas y programas de educación ambiental incidentes en el área protegida mediante indicadores específicos, como lenguaje inclusivo, participación proporcional por género, acciones afirmativas y presupuesto con enfoque de género, considerando su impacto en las actividades económicas locales y las percepciones de implementadores y beneficiarios.
3. Desarrollar un marco de indicadores con perspectiva de género para evaluar la integración de la transversalidad de género en los programas de educación ambiental hídrica y en las iniciativas económicas comunitarias, asegurando su aplicabilidad en contextos similares.

Marco teórico

La literatura especializada subraya que las dinámicas de poder y los roles de género influyen significativamente en el acceso, uso y control del agua (Requelme, 2006; Sehring et al., 2022), y que, a pesar del reconocimiento jurídico del derecho humano al agua, su garantía está lejos de ser una realidad para las mujeres en entornos rurales, particularmente en México (Meza, 2017). Los hogares encabezados por mujeres enfrentan con frecuencia

mayores desventajas en el acceso al abastecimiento hídrico (Rivera et al., 2017), mientras que la gestión del agua, en especial en contextos transfronterizos, ha sido históricamente un ámbito masculinizado, donde las consideraciones geopolíticas prevalecen sobre un enfoque inclusivo (Basumatary, 2024; Earle & Bazilli, 2013). El reconocimiento y la corrección de estas desigualdades conduce, en cambio, a modelos de gestión más democráticos y a un mayor bienestar comunitario (García, 2018).

La evidencia comparada muestra que la sola presencia de mujeres en espacios de decisión no garantiza que sus voces tengan un impacto real (Moscoso & Ortiz, 2020), y que su participación efectiva disminuye conforme aumenta la escala de gobernanza: es más frecuente en el ámbito comunitario que en los niveles provincial, nacional o internacional (Greco, 2025; Silva et al., 2017). Esta disparidad exige estrategias que promuevan la participación equitativa no solo en roles de implementación, sino en posiciones de liderazgo y formulación de políticas (Nigussie et al., 2024; Abubakari et al., 2025), superando barreras contextuales y de datos específicos de género (Greco, 2025).

En el contexto mexicano y latinoamericano, estudios recientes documentan estrategias desarrolladas por mujeres del noreste de México frente a la escasez hídrica (Cazares-Palacios et al., 2021), la participación de mujeres en el manejo del agua en cuencas de Chiapas (Villalpando et al., 2018), y la relación entre el rol de mujeres rurales y la calidad del agua en contextos comparables de América Latina (Tornerio & Callupe, 2023). Esta línea de evidencia converge con la producción académica sobre educación ambiental y equidad social en México (González-Gaudiano, 2000), que documenta la necesidad de vincular más estrechamente los enfoques de género con los procesos formativos ambientales, un vínculo que este capítulo aborda directamente.

En el plano metodológico, la propuesta se apoya en los marcos institucionales desarrollados para la transversalización de género en áreas naturales protegidas, en particular la Estrategia de Transversalización de la Perspectiva de Género 2014-2018 y la Política de Género para las Áreas Naturales Protegidas de México, ambas de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas en colaboración con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (CONANP, 2014; CONANP & PNUD, 2021), así como en las guías de indicadores con perspectiva de género para la evaluación de recursos hídricos desarrolladas por la UNESCO (2021) y el Instituto Internacional del Agua de Estocolmo (SIWI, 2023).

Metodología

La investigación se dirige a actores gubernamentales del sector ambiental y educativo, organizaciones no gubernamentales, sector privado y grupos organizados que inciden en la gestión del APRN Ríos y Montañas de la Comarca Lagunera, considerando líderes de las localidades involucradas. Las zonas núcleo de incidencia del proyecto, definidas conforme al Estudio Previo Justificativo del área natural protegida (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP], 2023), son Cañada la Burra y Picacho del Vallecillos (5,234.91 ha, matorral xerófilo rosetófilo), Río Nazas (534.72 ha, vegetación riparia y bosque de galería, hábitat de fauna migratoria) y El Reliz de los Venados (185.45 ha, cauce del río Nazas y bosque de galería).

Las localidades intervenidas presentan la siguiente composición: Santa Anita, con 225 habitantes (46 % mujeres, 54 % hombres) y 56 hogares, de los cuales el 98 % tiene jefatura masculina; El Refugio, con 228 habitantes (49 % mujeres, 51 % hombres) y 68 hogares, con 81 % de jefatura masculina; y Nuevo Graseros, con 920 habitantes (47 % mujeres, 53 % hombres) y 228 hogares, con 82 % de jefatura masculina. Las tres localidades presentan un grado de rezago social bajo, con marginación media en Santa Anita, baja en El Refugio y muy baja en Nuevo Graseros (CONANP, 2023).

El proyecto se estructura en seis fases operativas, cada una con actividades, productos e indicadores específicos, medibles, alcanzables, relevantes y con tiempo definido (indicadores SMART), alineados con los objetivos estratégicos del organismo financiador y con los principios de gobernanza hídrica inclusiva, de modo que los productos generados puedan replicarse e integrarse en proyectos asociados.

El control de calidad se sostiene mediante reuniones mensuales de seguimiento con el equipo ejecutor. El manejo ético de los datos garantiza la obtención de consentimiento informado previo a toda recolección, el almacenamiento seguro y confidencial de la información, y su uso exclusivo para los fines establecidos en el proyecto, conforme a la legislación vigente en protección de datos personales. Se adoptan, además, medidas específicas de accesibilidad, adaptación de horarios y espacios para adultos mayores y mujeres con responsabilidades de cuidado, materiales en lectura fácil y contenido audiovisual con audiodescripción, para garantizar la participación de grupos vulnerables.

Resultados esperados e impacto esperado

Los entregables se distribuyen en dos semestres. En el primero: un glosario operativo y directorio de actores (octubre de 2025); una matriz de análisis documental e instrumentos validados (noviembre); 166 encuestas aplicadas y una base de datos (diciembre); 8 entrevistas transcritas con análisis cuantitativo (enero de 2026); 20 entrevistas completadas y 4 grupos focales (febrero); y 8 grupos focales analizados con una validación preliminar (marzo). En el segundo semestre: un análisis integrado de resultados (abril); un marco de indicadores validado técnicamente (mayo); 4 talleres participativos realizados (junio); 12 indicadores finalizados con su manual de uso (julio); un informe final y 3 estrategias pedagógicas (agosto); y la publicación del informe junto con un artículo académico (septiembre).

Las actividades de transferencia y difusión incluyen la presentación pública de hallazgos ante las comunidades participantes, el personal a cargo del manejo del área y las autoridades ambientales; la elaboración de material divulgativo y técnico, manuales, fichas de indicadores, cartillas de buenas prácticas en formato digital y físico; la vinculación con otras áreas naturales protegidas y municipios mediante talleres interinstitucionales; y la gestión de alianzas estratégicas con organismos técnicos, redes académicas y potenciales financiadores con miras a una segunda fase de mayor alcance.

La implementación de este proyecto constituye una contribución estratégica para el APRN Ríos y Montañas de la Comarca Lagunera, en un momento marcado por la definición de su programa de manejo y el desarrollo de sus primeras estrategias de educación ambiental. La incorporación de la perspectiva de género no responde únicamente a un principio de equidad, sino que se reconoce como condición indispensable para una participación justa y sostenible en la gestión del agua y la conservación de los ecosistemas.

En alineación con las directrices de la CONANP y de organismos internacionales, el proyecto trasciende la inclusión formal de principios de género al proponer un diagnóstico contextualizado que identifica logros y limitaciones en la participación efectiva de mujeres y hombres, y plantea, por primera vez, un conjunto preliminar de indicadores con perspectiva de género útil para la evaluación y el seguimiento de acciones futuras en el área protegida.

El proyecto se proyecta, más allá de la fase diagnóstica, como fundamento para programas de capacitación inclusivos en los que la perspectiva de género se integre como criterio transversal en la formación de capacidades, el impulso de liderazgos comunitarios y la consolidación de un modelo de gestión ambiental justo, participativo y replicable en otras regiones del país.

Referencias

- Abubakari, M., Kanlisi, S. K., & Sumbo, D. K. (2025). Understanding gender responsiveness and the role of WSMTs in the governance of rural water infrastructure in Ghana. *Discover Water*, 5(1). <https://doi.org/10.1007/s43832-025-00286-y>
- Basumatary, J. (2024). Gender in transboundary water management (TWM): Feminization and beyond. *Journal of Contemporary Politics*, 3(2), 60. <https://doi.org/10.53989/jcp.v3i2.18>
- Cazares-Palacios, I. M., Valdés-García, K. P., & Arce, A. de. (2021). Estrategias de las mujeres del noreste de México para la sostenibilidad de la vida frente a la escasez del agua. *Región y Sociedad*, 33. <https://doi.org/10.22198/rys2021/33/1415>
- Cisneros Ricardo, Y. (2019). La perspectiva de género y su transversalidad en la educación ambiental. *Revista Latinoamericana de Educación Ambiental*, 10(1), 15–32.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2014). *Estrategia de transversalización de la perspectiva de género 2014-2018*. CONANP-SEMARNAT.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2023). *Estudio previo justificativo para el establecimiento del Área de Protección de Recursos Naturales Ríos y Montañas de la Comarca Lagunera, Durango, México*. CONANP-SEMARNAT.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, & Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2021). *Política de género para las áreas naturales protegidas de México*. CONANP-PNUD México.
- Earle, A., & Bazilli, S. (2013). A gendered critique of transboundary water management. *Feminist Review*, 103(1), 99. <https://doi.org/10.1057/fr.2012.24>
- García, V. A. (2018). Construir justicia social: enfoque del agua con perspectiva de género. *Asparkia. Investigació Feminista*, 33, 315. <https://doi.org/10.6035/asparkia.2018.33.18>
- González-Gaudiano, E. (2000). Educación ambiental y equidad social en México. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 5(11), 575–596.

- Greco, F. (2025). Gender mainstreaming and gender transformative approaches. En *Routledge eBooks* (p. 322). Informa. <https://doi.org/10.4324/9781003178439-29>
- Meza, L. E. R. (2017). Incorporando a perspectiva de gênero na gestão da água. *Sustainability in Debate*, 8(3), 37. <https://doi.org/10.18472/sustdeb.v8n3.2017.26474>
- Moscoso, A. M., & Ortiz, A. A. (2020). Las guardianas del agua y su participación en la gestión comunitaria de los recursos hídricos: un análisis de la normativa ecuatoriana. *FORO Revista de Derecho*, 61. <https://doi.org/10.32719/26312484.2020.34.4>
- Nigussie, L., Joshi, D., Tsegaye, B., Admasu, W., & Abate, N. (2024). *Gender equality and social inclusion (GESI) for climate-smart water management practices: The case of Upper Awash River Basin of Wollo and Lower Awash River Basin of Afar in Ethiopia*. <https://doi.org/10.5337/2024.206>
- Requelme, N. (2006). El enfoque de género en la experiencia de la subcuenca del río La Chimba. *La Granja*, 5(1), 35. <https://doi.org/10.17163/lgr.n5.2006.07>
- Rivera, P., Navarro-Chaparro, K., & Chávez-Ramírez, R. (2017). Cobertura socio-espacial y consumo doméstico de agua en la ciudad de Tijuana: ¿es de utilidad la misma gestión para diferentes usuarios? *Agua y Territorio*, 9, 34. <https://doi.org/10.17561/at.voi9.3475>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2024). *Programa Nacional Hídrico 2024-2030: agua y paz, agua y vida*. SEMARNAT.
- Sehring, J., Horst, R. ter, & Zwarteveen, M. (2022). *Gender dynamics in transboundary water governance*. <https://doi.org/10.4324/9781003198918>
- Silva, L. de, Veilleux, J. C., & Neal, M. J. (2017). The role of women in transboundary water dispute resolution. En *Water security in a new world* (p. 211). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-64046-4_11
- Stockholm International Water Institute. (2023). *Gender practice in water governance programmes: From design to results*. SIWI Publications.
- Tornero, M. S., & Callupe, W. A. (2023). ¿Cuál es el efecto del rol de las mujeres rurales sobre

la adecuada cloración del agua? Evidencia para el caso peruano. *Espacio y Desarrollo*, 40, 58. <https://doi.org/10.18800/espacioydesarrollo.2023.003>

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2021). *Indicadores con perspectiva de género para la evaluación, el seguimiento y la presentación de informes sobre los recursos hídricos*. UNESCO.

Villalpando, V. G., Beutelspacher, A. N., Martelo, E. Z., Utrera, J. C., & Izaba, B. S. (2018). Gender and women's participation in water management in the Río Sabinal and Cañón del Sumidero watersheds in Berriozábal, Chiapas, Mexico. *International Journal of Hydrology*, 2(4). <https://doi.org/10.15406/ijh.2018.02.00111>

Salud, bienestar y calidad de vida

INTRODUCCIÓN DE PARTE

Esta parte concentra tres investigaciones que abordan dimensiones del bienestar humano frecuentemente tratadas de manera aislada: la salud mental estudiantil, los riesgos psicosociales en el entorno laboral y la salud sexual y reproductiva de las adolescentes. Su denominador común es el uso de la tecnología y el análisis de datos como herramientas de detección temprana e intervención oportuna, sin perder de vista que el bienestar es, ante todo, una condición colectiva determinada por estructuras sociales transformables.

CAPÍTULOS DE ESTA PARTE

- 09** Modelo de detección temprana de ansiedad y depresión en estudiantes universitarios a partir de datos digitales en plataformas educativas
- 10** Implementación de la NOM-035-STPS-2018 para la detección de riesgos psicosociales y su impacto en el clima laboral en microempresas de Campeche
- 11** Factores que desencadenan el embarazo precoz y acciones preventivas mediante tecnología en adolescentes del municipio de Lerdo, Durango

Modelo de detección temprana de ansiedad y depresión en estudiantes universitarios a partir de datos digitales en plataformas educativas

Karla Verónica Rodríguez Lozano¹, Elda Moreno Núñez¹,
María Guadalupe Flores Luévanos¹, Tonatzin Isabel Campino Aguirre²

¹ Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Lerdo

² Universidad Juárez del Estado de Durango / Instituto Tecnológico Superior de Lerdo

Modelo de detección temprana de ansiedad y depresión en estudiantes universitarios a partir de datos digitales en plataformas educativas

Karla Verónica Rodríguez Lozano¹, Elda Moreno Núñez¹, María Guadalupe Flores Luévanos¹, Tonatzin Isabel Campino Aguirre²

¹ Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Lerdo

² Universidad Juárez del Estado de Durango / Instituto Tecnológico Superior de Lerdo

Resumen

En México, los trastornos de ansiedad y depresión constituyen un desafío creciente de salud pública: se estima que 18.1 millones de personas los padecen, con un incremento del 15.4 % respecto a 2019, particularmente tras la pandemia de COVID-19. Este capítulo presenta el diseño de un modelo predictivo para la detección temprana de ansiedad y depresión en estudiantes universitarios a partir de datos digitales generados en entornos virtuales de aprendizaje (LMS). El modelo se sustenta en técnicas de Big Data, aprendizaje automático y procesamiento de lenguaje natural, bajo la hipótesis de que los patrones de comportamiento digital, frecuencia de conexión, participación en foros, cumplimiento de tareas, lenguaje escrito, están correlacionados con indicadores de riesgo en salud mental. La investigación se desarrolla en tres etapas: recolección y anonimato de datos, diseño y entrenamiento del modelo mediante algoritmos de clustering, detección de anomalías y análisis de sentimientos, y validación institucional con apoyo de especialistas en salud mental. Se espera obtener un modelo funcional con una precisión igual o superior al 75 %, dashboards visuales para la toma de decisiones institucionales, y la formación de estudiantes de licenciatura en el desarrollo del sistema.

Palabras clave: análisis de comportamiento digital; ansiedad y depresión; aprendizaje automático; Big Data; inteligencia artificial aplicada; salud mental estudiantil; visualización de datos.

Introducción

La salud mental de los estudiantes universitarios representa un desafío creciente en el ámbito educativo. Trastornos como la ansiedad, la depresión, el estrés y el insomnio afectan a un porcentaje significativo de esta población, interfiriendo con su bienestar emocional, desempeño académico y permanencia escolar (Auerbach et al., 2016), en un contexto donde los factores psicosociales, el entorno académico, el uso excesivo de redes sociales y la falta de apoyo institucional se cuentan entre las causas más documentadas (Chowdhury et al., 2024; Malik & Khan, 2023).

En el contexto mexicano, la magnitud del problema se confirma en estudios institucionales recientes: en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, el 64.4 % de las estudiantes y el 48.2 % de los estudiantes de ciencias naturales y exactas presentaron síntomas de ansiedad, mientras que el 54.4 % de las mujeres y el 49.7 % de los hombres mostraron signos de depresión (González-Benítez et al., 2020); en la Universidad Veracruzana, el 59 % de los estudiantes del área de la salud manifestó ansiedad y el 40 % síntomas de depresión, con mayor prevalencia en mujeres (Ochoa Martínez et al., 2021).

El auge de las plataformas educativas digitales (LMS) ha abierto una vía complementaria a la evaluación psicométrica tradicional: el análisis de variables como la frecuencia de ingreso, los tiempos de entrega, la interacción en foros y el análisis de sentimiento en textos ha demostrado utilidad para identificar indicios de ansiedad o depresión (Chaparro Jiménez et al., 2024; Mendoza Gómez, 2024). El uso de algoritmos de aprendizaje automático ha permitido construir modelos predictivos con niveles de precisión superiores al 80 % mediante técnicas como KNN, SVM, árboles de decisión y XGBoost (Osorio Castrillón, 2022; Chowdhury et al., 2024); Malik y Khan (2023) encontraron que KNN tuvo el mejor desempeño para predecir ansiedad, estrés y depresión mediante la escala DASS-21 en 400 estudiantes universitarios, mientras que Chowdhury et al. (2024) documentaron una

alta prevalencia de síntomas moderados a severos en más de 1,200 estudiantes de Bangladesh mediante las escalas GAD-7, PHQ-9 e ISI-7. En el contexto latinoamericano, Mendoza Gómez (2024) aplicó algoritmos no supervisados (K-means, AGNES) para clasificar patrones de depresión en México, Chaparro Jiménez et al. (2024) emplearon redes neuronales multicapa con base en determinantes sociales de la salud en Colombia, y Jiménez y Merino (2023) utilizaron la metodología CRISP-DM junto con el Inventario de Depresión de Beck II en Ecuador, alcanzando una exactitud moderada (59 %) que, no obstante, confirmó el valor de un enfoque estructurado para la planificación del análisis de datos.

A pesar de estos avances, persisten interrogantes sobre la generalización de los modelos entre contextos institucionales, la ética en el manejo de datos sensibles y la identificación precisa de las variables digitales más relevantes para cada entorno (OMS, 2021; Feldman, 2013). Este capítulo responde a estos vacíos mediante el desarrollo de un modelo adaptado al entorno institucional de dos universidades del norte de México, que integra múltiples fuentes de datos y enfoques analíticos con el propósito de promover intervenciones tempranas, humanas y éticas, aportando herramientas tecnológicas capaces de transformar la manera en que se identifican, previenen y abordan los trastornos emocionales en el ámbito académico.

Objetivos

Objetivo general. Desarrollar un modelo basado en el análisis de datos digitales, mediante técnicas de Big Data, aprendizaje automático y procesamiento de lenguaje natural, para la detección temprana de casos de ansiedad y depresión en estudiantes universitarios y la atención oportuna de problemas de salud mental en el ámbito educativo superior.

Objetivos específicos.

1. Identificar las variables digitales asociadas con el comportamiento académico que puedan vincularse con indicadores de ansiedad o depresión.
2. Organizar los datos digitales recolectados del comportamiento académico de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería, Ciencia y Arquitectura de la UJED y del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo que participan en plataformas de gestión del aprendizaje.
3. Aplicar herramientas de procesamiento de lenguaje natural para el análisis de los textos generados por los estudiantes, orientado a la detección de indicadores emocionales vinculados con estados de ánimo negativos.
4. Diseñar un modelo de análisis de datos para la identificación de patrones de uso de las plataformas educativas asociados con posibles señales de ansiedad o depresión, mediante técnicas de *clustering* y detección de anomalías.
5. Validar y refinar el modelo predictivo con apoyo de expertos en salud mental institucional, atendiendo a su precisión, sensibilidad y aplicabilidad en contextos reales.
6. Diseñar dashboards y reportes visuales que faciliten la interpretación de los resultados a los equipos académicos y de apoyo psicológico.
7. Difundir los resultados en revistas científicas y ante las instituciones participantes.

Preguntas de investigación.

1. ¿Qué datos digitales de comportamiento académico en los entornos virtuales de aprendizaje están asociados con indicadores de salud mental como la ansiedad o la depresión en estudiantes universitarios?
2. ¿Las técnicas de procesamiento de lenguaje natural seleccionadas permiten identificar datos de calidad asociados con posibles señales de ansiedad o depresión?

3. ¿El uso de técnicas de aprendizaje automático no supervisado, como *clustering* y detección de anomalías, permite construir un modelo de identificación de salud mental con una precisión mínima del 75 %, aplicable en contextos reales?
4. ¿Los esquemas de visualización desarrollados en Python y Power BI facilitan la toma de decisiones institucionales para la intervención oportuna en casos de riesgo emocional?

Hipótesis. De las preguntas de investigación se derivan las hipótesis que se someten a prueba mediante técnicas de *clustering*, detección de anomalías y procesamiento de lenguaje natural, con validación de especialistas en ciencia de datos y salud mental:

Ho (hipótesis nula): el comportamiento digital de los estudiantes universitarios en plataformas de aprendizaje no refleja de manera confiable patrones asociados a indicadores de salud mental, por lo que no es posible desarrollar un modelo de detección temprana de ansiedad y/o depresión con una precisión igual o superior al 75 %.

H1 (hipótesis de investigación): el comportamiento digital de los estudiantes universitarios en plataformas de aprendizaje sí refleja de manera confiable patrones asociados a indicadores de salud mental, lo que permite desarrollar, mediante técnicas de ciencia de datos, un modelo de detección temprana de ansiedad y/o depresión, aplicable a contextos reales, con una precisión igual o superior al 75 %.

H2 (hipótesis rival): el análisis de contenido textual está sesgado, dado que las expresiones lingüísticas asociadas a estados emocionales negativos son incompletas o están influidas por los investigadores, por lo que no resultan confiables para la elaboración del modelo.

H3 (hipótesis rival): el uso de dashboards y reportes visuales en Python y Power BI no facilita la interpretación de los resultados ni apoya las intervenciones oportunas, debido a un diseño deficiente o fallas de funcionalidad.

Marco teórico

En la denominada "era del Big Data", los datos digitales han adquirido una importancia crítica en disciplinas como la investigación, la tecnología y el cuidado de la salud. El Big Data se caracteriza por la proliferación masiva de conjuntos de datos de gran volumen, velocidad y variedad, lo que exige un cambio de paradigma respecto a los enfoques convencionales de análisis; en el ámbito de la salud mental, infraestructuras como Apache Spark o Hadoop permiten procesar flujos de datos en tiempo real para extraer información que facilite diagnósticos rápidos y precisos (Oğur et al., 2023).

Sobre esta base de datos masivos operan los algoritmos de aprendizaje automático, cuya tarea principal es generar funciones matemáticas capaces de resolver problemas complejos a partir de datos históricos, superando en eficiencia y escalabilidad a los sistemas basados en reglas rígidas; estos algoritmos se dividen en enfoques supervisados, orientados a la predicción de etiquetas conocidas, y no supervisados, orientados al descubrimiento de relaciones intrínsecas en los datos (Mendoza Gómez, 2024).

La analítica de aprendizaje (*learning analytics*) aplica esta metodología de ciencia de datos al reconocimiento de patrones de comportamiento en poblaciones estudiantiles, permitiendo identificar factores de riesgo, como síntomas de depresión o estrés, y su evolución en tiempo real a partir de datos sociodemográficos y académicos, con el fin de categorizar casos de salud mental y ofrecer intervenciones personalizadas (Mendoza Gómez, 2024).

Cuando el análisis incorpora datos textuales, entra en juego el procesamiento de lenguaje natural (NLP), subcategoría de la inteligencia artificial que permite a las máquinas entender, procesar y generar lenguaje humano (Malik & Khan, 2023); en el contexto de la salud mental, el NLP se interconecta con el aprendizaje automático para realizar análisis de sentimientos en textos y publicaciones que detecten signos de angustia o depresión (Malik

& Khan, 2023), extraer información de notas no estructuradas que mejore el rendimiento predictivo de los modelos (Zafar et al., 2024), e incluso habilitar chatbots capaces de analizar las entradas de los usuarios para ofrecer apoyo emocional o guías preventivas (Zafar et al., 2024).

Dentro del aprendizaje automático no supervisado, las técnicas de *clustering* extraen información de ejemplos sin clase definida, relacionando sus características para generar agrupamientos (Mendoza Gómez, 2024). El algoritmo K-means, basado en centroides, separa los datos en grupos minimizando la suma de distancias cuadradas dentro de cada clúster, y es ampliamente utilizado por su rapidez en conjuntos de datos grandes; DBSCAN, en cambio, es un algoritmo basado en densidad capaz de construir grupos de formas irregulares e identificar zonas de alta concentración de datos rodeadas de zonas de baja concentración (Mendoza Gómez, 2024).

Complementariamente, la detección de anomalías resulta fundamental para asegurar la calidad de los datos y reconocer comportamientos atípicos que puedan indicar crisis o errores de registro (Mendoza Gómez, 2024): el método *Local Outlier Factor* identifica valores atípicos locales basándose en la densidad, midiendo el grado de aislamiento de un objeto respecto a sus vecinos, mientras que técnicas como *Isolation Forest* se integran en las etapas de preprocesamiento, junto con el uso del rango intercuartílico, para mejorar la robustez y fiabilidad de los modelos predictivos (Oğur et al., 2023). La convergencia de estos tres componentes —infraestructura de Big Data, algoritmos de agrupamiento y detección de anomalías, y procesamiento de lenguaje natural— constituye el fundamento metodológico sobre el cual se diseña el modelo de detección temprana que se describe a continuación.

Metodología

El estudio adopta un enfoque descriptivo, correlacional y de corte transversal, centrado en el análisis de datos digitales generados en entornos virtuales de aprendizaje. La muestra está compuesta por estudiantes universitarios de la Universidad Juárez del Estado de Durango y del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, activos en plataformas educativas, garantizando el anonimato de los datos y el consentimiento informado conforme a las disposiciones éticas institucionales.

La metodología de análisis se estructura en cinco fases, siguiendo los principios de ciencia de datos propuestos por Feldman (2013) y Conijn et al. (2017).

En la primera fase se recolectan registros digitales anonimizados de las plataformas LMS: logs de acceso, frecuencia de participación, tiempo de conexión, entregas, uso de foros y respuestas a encuestas.

En la segunda fase se realiza el preprocesamiento de los datos mediante Python (bibliotecas *pandas* y *numpy*), con limpieza, transformación y normalización, eliminación de valores atípicos, imputación de datos faltantes y conversión de variables categóricas a numéricas.

La tercera fase corresponde al análisis exploratorio y modelado: se aplican algoritmos de *clustering* (K-means, DBSCAN) para agrupar estudiantes con comportamientos digitales similares, modelos de detección de outliers (*Isolation Forest*, *Local Outlier Factor*) para identificar patrones atípicos, y, cuando se cuente con la autorización correspondiente, procesamiento de lenguaje natural mediante spaCy o NLTK para el análisis de sentimientos y emociones en textos.

En la cuarta fase, los resultados se exportan a Power BI, donde se construyen paneles interactivos con mapas de riesgo emocional por grupo o carrera, gráficas temporales de variación en la participación y tablas comparativas por niveles de interacción, que faciliten la toma de decisiones informadas por parte de los equipos directivos y de apoyo psicológico.

La quinta fase corresponde a la validación de resultados mediante sesiones de retroalimentación con expertos en salud mental institucional, quienes comparan los resultados del modelo con sus propias observaciones y diagnósticos, en la medida en que resulte éticamente posible, permitiendo ajustar umbrales y confirmar la pertinencia del enfoque metodológico.

Este diseño metodológico, desde la recolección hasta la validación institucional, responde de manera directa a cada uno de los objetivos específicos planteados, y permite correlacionar patrones digitales con estados emocionales desde una perspectiva científica y ética (Romero & Ventura, 2020; World Health Organization, 2013).

Resultados esperados e impacto esperado

El proyecto se desarrolla en tres etapas entre 2025 y 2027.

La primera etapa (septiembre de 2025 a marzo de 2026) sienta las bases científicas, éticas, metodológicas y técnicas del modelo: revisión sistemática de literatura para identificar las variables digitales relevantes, diseño metodológico, validación del protocolo ético, instalación de la infraestructura técnica y recolección inicial de datos, con la meta de contar al cierre con una base de datos anonimizada de al menos 200 estudiantes, un protocolo ético validado, el diseño detallado del modelo, la infraestructura operativa, un equipo multidisciplinario capacitado, que incluye estudiantes de servicio social y asesores externos en salud mental, así como un primer informe técnico de avances.

La segunda etapa (marzo a diciembre de 2026) desarrolla, programa, valida y ajusta el modelo predictivo: entrenamiento de los algoritmos de *clustering* y detección de anomalías, análisis de sentimiento mediante NLP, generación de perfiles de riesgo emocional por patrones de interacción digital, y construcción de dashboards interactivos en Power BI con tendencias individuales y agregadas por grupo, carrera o periodo académico. La validación institucional, mediante sesiones de retroalimentación con psicólogos y orientadores,

permite ajustar los umbrales de sensibilidad del sistema. Al cierre de esta etapa se espera contar con la implementación técnica documentada del modelo, dashboards operativos, validación institucional formal, ajustes iterativos derivados de dicha validación, un informe técnico intermedio, un manual institucional de uso y un registro de software.

La tercera etapa (enero a octubre de 2027) consolida la difusión, transferencia e institucionalización de los resultados: redacción de dos artículos científicos: uno sobre los aspectos metodológicos y tecnológicos del modelo, publicado en una revista indexada en JCR o Scopus, y otro sobre su impacto educativo y de salud institucional, en una revista nacional de acceso abierto, participación en al menos dos congresos académicos, liberación de un repositorio digital abierto con el código fuente, la base de datos anonimizada y un manual de implementación, y el desarrollo de un módulo de capacitación institucional para orientadores, coordinadores académicos y docentes. Se prevé, además, una tesis de licenciatura derivada del desarrollo técnico o la aplicación institucional del modelo, y material de difusión, mediante infografías, webinars, cápsulas informativas, sobre el uso ético de datos en la educación superior.

El impacto esperado se despliega en tres niveles. En el nivel individual, el modelo ofrece a los estudiantes una red de apoyo proactiva que puede contribuir a reducir crisis emocionales y el abandono escolar. En el nivel institucional, fortalece la capacidad de las universidades participantes para implementar políticas de salud mental basadas en evidencia, favoreciendo entornos académicos más saludables, inclusivos y resilientes; en este sentido, experiencias como la plataforma mexicana "Mi Salud", que emplea inteligencia artificial para detectar conductas de riesgo y generar alertas preventivas, ilustran el potencial de este tipo de herramientas para ampliar la cobertura de atención en contextos donde el acompañamiento psicológico presencial es limitado (Jiménez & Merino, 2023; Feldman, 2013). En el nivel de conocimiento científico, el proyecto contribuye al campo emergente de la analítica emocional en contextos educativos, con un modelo replicable en otras instituciones de México y América Latina, fundamentado en el uso ético y responsable de los datos digitales.

Referencias

- Ardila Agudelo, S. (2017). *Desarrollo de una herramienta de asistencia para el análisis de pruebas psicométricas utilizando Big Data* [Tesis de licenciatura, Universidad Tecnológica de Pereira].
- Auerbach, R. P., Alonso, J., Axinn, W. G., Cuijpers, P., Ebert, D. D., Green, J. G., Hwang, I., Kessler, R. C., Liu, H., Mortier, P., Nock, M. K., Pinder-Amaker, S., Sampson, N. A., Aguilar-Gaxiola, S., Al-Hamzawi, A., Andrade, L. H., Benjet, C., Caldas-de-Almeida, J. M., Demyttenaere, K., ... Bruffaerts, R. (2016). Mental disorders among college students in the WHO World Mental Health Surveys. *Psychological Medicine*, 46(14), 2955–2970. <https://doi.org/10.1017/S0033291716001665>
- Chaparro Jiménez, A. M., Ruiz Chacón, G., & Charry Jiménez, J. I. (2024). *Modelo de clasificación para predecir la salud mental en estudiantes universitarios en Cali* [Tesis, Pontificia Universidad Javeriana de Cali].
- Chowdhury, A. H., Rad, D., & Rahman, M. S. (2024). Predicting anxiety, depression, and insomnia among Bangladeshi university students using tree-based machine learning models. *Health Science Reports*, 7(4), e2037. <https://doi.org/10.1002/hsr2.2037>
- Conijn, R., Snijders, C., Kleingeld, A., & Matzat, U. (2017). Predicting student performance from LMS data using machine learning. *Computers in Human Behavior*, 72, 241–248. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.02.056>
- Feldman, R. (2013). Techniques and applications for sentiment analysis. *Communications of the ACM*, 56(4), 82–89. <https://doi.org/10.1145/2436256.2436274>
- González-Benítez, A., Luna-Centeno, L., & Alatríste, V. (2020). *Ansiedad y depresión en los estudiantes de licenciatura de ciencias naturales y exactas de la BUAP-México*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. <https://hdl.handle.net/20.500.12371/9413>
- Jiménez, S., & Merino, A. (2023). Modelos de aprendizaje automático basados en CRISP-DM para el análisis de los niveles de depresión en los estudiantes de la Escuela Politécnica Nacional. *Latin-American Journal of Computing*, 10(1). <https://doi.org/10.5281/zenodo.7503909>
- Malik, S. S., & Khan, A. (2023). Anxiety, depression and stress prediction among college students using machine learning algorithms. En *Proceedings of ICEEICT 2023*. <https://doi.org/10.1109/ICEEICT56924.2023.10157693>
- Mendoza Gómez, O. (2024). *Detección de casos de depresión en una población estudiantil aplicando algoritmos de aprendizaje no supervisado* [Tesis de maestría, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla].

- Ochoa Martínez, R. E., Castro Torres, R., Vázquez Orozco, N., Carrillo Toledo, M. G., Capetillo Hernández, G. R., Lecourtois Amézquita, M., & Tiburcio Morteo, L. (2021). Ansiedad y depresión en estudiantes del área de la salud de la Universidad Veracruzana. *Ciencia en la Frontera: Revista de Ciencia y Tecnología de la UACJ*, (Suplemento 1), 193–197.
- Oğur, N. B., Çeken, C., Oğur, Y. S., Yuvacı, H. U., Yazıcı, A. B., & Yazıcı, E. (2023). Development of an artificial intelligence-supported hybrid data management platform for monitoring depression and anxiety symptoms in the perinatal period: Pilot-scale study. *IEEE Access*, 11, 31548–31560. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3262467>
- Organización Mundial de la Salud. (2021). *Plan de acción sobre salud mental 2013–2030*.
- Osorio Castrillón, S. (2022). *Machine learning aplicado a la predicción y clasificación de la depresión* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia].
- Romero, C., & Ventura, S. (2020). Educational data mining and learning analytics: An updated survey. *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery*, 10(3), e1355. <https://doi.org/10.1002/widm.1355>
- World Health Organization. (2013). *Mental health action plan 2013–2020*.
- Zafar, F., Fakhare Alam, L., Vivas, R. R., Wang, J., See, J. W., Mehmood, S., Sadeghzadegan, A., Lakkimsetti, M., & Nazir, Z. (2024). The role of artificial intelligence in identifying depression and anxiety: A comprehensive literature review. *Cureus*, 16(3), e56472. <https://doi.org/10.7759/cureus.56472>

Implementación de la NOM-035-STPS-2018 para la detección de riesgos psicosociales y su impacto en el clima laboral en microempresas de Campeche

Ligia Marina Pech Canul, Tury Ysabel Mier Mex,
Elda Inés Sarmiento Villarino

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Campeche

Implementación de la NOM-035-STPS-2018 para la detección de riesgos psicosociales y su impacto en el clima laboral en microempresas de Campeche

Ligia Marina Pech Canul, Tury Ysabel Mier Mex, Elda Inés Sarmiento Villarino
Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Campeche

Resumen

La Norma Oficial Mexicana NOM-035-STPS-2018 rige en todo el territorio nacional y establece disposiciones diferenciadas según el número de trabajadores del centro de trabajo, en tres categorías: hasta 15, entre 16 y 50, y más de 50 trabajadores. Este capítulo presenta el diseño de una investigación-acción orientada a analizar la implementación de la Norma en microempresas del municipio de Campeche, con el propósito de identificar los factores de riesgo psicosocial y promover un entorno organizacional favorable. El estudio se desarrolla con microempresas afiliadas a la Cámara Nacional de la Industria de la Transformación (CANACINTRA), cada una con entre uno y diez trabajadores, en un sector que representa la mayoría de los centros de trabajo del municipio. Una implementación adecuada de la Norma permite prevenir sanciones económicas, así como riesgos psicosociales y violencia laboral, favoreciendo la productividad y el bienestar de los trabajadores.

Palabras clave: NOM-035-STPS-2018; riesgos psicosociales; microempresas; clima laboral; entorno organizacional favorable.

Introducción

La globalización y los avances tecnológicos han transformado los entornos laborales, dando lugar a riesgos psicosociales emergentes que requieren estrategias específicas de identificación. La Organización Mundial de la Salud estima que cada año se pierden 12,000 millones de días de trabajo a causa de la depresión y la ansiedad, con un costo equivalente a un billón de dólares en pérdida de productividad, en un contexto donde cerca del 60 % de la población mundial trabaja y tiene derecho a un entorno laboral seguro y saludable (OMS, 2022a). La pandemia de COVID-19 agravó este panorama: se documentó un incremento del 25 % en la ansiedad y la depresión a nivel global, evidenciando la falta de preparación institucional para atender el impacto en la salud mental de los trabajadores (OMS, 2022a; Mabel Chales, 2021). La Organización Internacional del Trabajo (OIT) reconoce que la atención de los factores de riesgo psicosocial es un problema global que trasciende profesiones y países, y que el centro de trabajo constituye tanto una fuente de estos riesgos como el espacio idóneo para prevenirlos (OIT, 1984; OIT, 2012).

En este contexto, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social publicó, el 23 de octubre de 2018, la Norma Oficial Mexicana NOM-035-STPS-2018, tras un proceso de consulta ante el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad y Salud en el Trabajo iniciado en 2016, que incorporó observaciones de veintidós promoventes antes de su aprobación definitiva (Proyecto de Norma Oficial Mexicana, 2016). La Norma establece los elementos para identificar, analizar y prevenir los factores de riesgo psicosocial y promover un entorno organizacional favorable en los centros de trabajo.

El desarrollo de este proyecto resulta particularmente pertinente en el contexto de las micro, pequeñas y medianas empresas mexicanas, que conforman el 99.8 % del total de unidades económicas del país, de las cuales el 95 % son microempresas (INEGI, 2020,

2024a). Este sector resultó especialmente vulnerable durante la pandemia: el Estudio sobre la Demografía de los Negocios documentó que, entre 2020 y 2021, murieron más establecimientos de los que nacieron cada año, en un contexto de tasa de desempleo creciente que alcanzó el 5.5 % en junio de 2020 (INEGI, 2024b).

Frente a esta fragilidad estructural, la identificación oportuna de los factores de riesgo psicosocial en las microempresas puede impulsar su capacidad de respuesta ante los desafíos del mundo del trabajo contemporáneo, como la digitalización, nuevas formas de organización, mayores cargas laborales, evitando que repercutan en la salud de los trabajadores y, en consecuencia, en la productividad, la competitividad y la imagen de la empresa. Este vínculo entre el bienestar laboral y el desarrollo empresarial ha sido reconocido internacionalmente: las Naciones Unidas (2017) designaron el 27 de junio como el Día de las Microempresas y las Pequeñas y Medianas Empresas, en reconocimiento a su contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Dado que la aplicación de la Norma en México es relativamente reciente, resulta necesario generar conocimiento sobre su funcionamiento en la práctica, útil tanto para las empresas como para la comunidad científica y académica. La Organización Mundial de la Salud recomienda que los empleadores identifiquen los riesgos psicosociales mediante intervenciones institucionales dirigidas directamente a las condiciones y entornos de trabajo, evaluando, mitigando o eliminando los riesgos para la salud mental (OMS, 2022). Este capítulo responde a esa recomendación mediante el análisis de la implementación de la NOM-035-STPS-2018 en microempresas del municipio de Campeche.

Objetivos

Objetivo general. Analizar cómo influye la implementación de la NOM-035-STPS-2018 en el ambiente laboral de los trabajadores de las microempresas del municipio de Campeche.

Objetivos específicos.

1. Implementar la NOM-035-STPS-2018 en las microempresas participantes.
2. Identificar a los trabajadores expuestos a acontecimientos traumáticos severos derivados del trabajo, para su canalización a la institución de salud correspondiente.
3. Identificar a los trabajadores con riesgos psicosociales mediante la metodología establecida por la NOM-035-STPS-2018.
4. Analizar el impacto de la aplicación de la Norma en el clima laboral de los trabajadores.

Marco teórico

El equilibrio entre la vida personal y la vida laboral constituye uno de los mayores desafíos contemporáneos, particularmente en América Latina y el Caribe, la región más desigual del planeta, donde su atención requiere la corresponsabilidad del Estado, el mercado y la sociedad como condición para la equidad de género en el mundo del trabajo (OIT & PNUD, 2003). Los factores psicosociales laborales, como el estrés, el agotamiento emocional o *burnout*, el acoso psicológico o *mobbing* y otras formas de violencia laboral, se reconocen actualmente como problemas globales que afectan a todos los países, profesiones y trabajadores, con un impacto significativo sobre la salud, el ausentismo y el desempeño laboral (OIT, 2012).

El centro de trabajo se ha convertido, en consecuencia, en el espacio idóneo para abordar estos riesgos emergentes mediante la acción conjunta de empleadores, trabajadores y autoridades nacionales (OIT, 2012), reconociéndose que los factores psicosociales son decisivos tanto en la causalidad y prevención de enfermedades como en la promoción de la

salud de las poblaciones trabajadoras (Kalimo et al., 1988). La Declaración del Centenario de la OIT para el Futuro del Trabajo (2019) reafirmó que las condiciones de trabajo seguras y saludables son fundamentales para el trabajo decente, un principio que la pandemia de COVID-19 puso a prueba al generar nuevos desafíos psicosociales tanto para los trabajadores esenciales como para quienes migraron al teletrabajo o perdieron su empleo, agravando además las vulnerabilidades preexistentes de los trabajadores informales (OIT, 2020).

En este marco internacional se inserta la NOM-035-STPS-2018, que identifica siete factores de riesgo psicosocial en el trabajo: las condiciones del ambiente laboral, las cargas de trabajo, la falta de control sobre el trabajo, las jornadas de trabajo y la rotación de turnos, la interferencia entre el trabajo y la familia, el liderazgo negativo y las relaciones negativas en el trabajo, y la violencia laboral, también se incluye el acoso, el hostigamiento y los malos tratos. La Norma dispone, adicionalmente, que la evaluación del entorno organizacional favorable debe comprender el sentido de pertenencia de los trabajadores, la formación adecuada para sus funciones, la definición precisa de responsabilidades, la distribución equilibrada de las cargas de trabajo y el reconocimiento del desempeño.

Estos elementos se articulan directamente con el concepto de clima laboral, definido como un factor determinante que influye, positiva o negativamente, en la productividad de los empleados y de la empresa; su evaluación permite identificar problemas y aplicar medidas correctivas que generen un clima de mayor armonía (Galicía Villanueva et al., 2017). En este sentido, los resultados obtenidos mediante la aplicación de la NOM-035-STPS-2018 pueden emplearse como diagnóstico del clima organizacional, con impacto directo en la productividad y la salud de la empresa (García, 2021), lo que convierte a la Norma en una herramienta de doble función: cumplimiento regulatorio y diagnóstico organizacional.

Metodología

El estudio adopta un enfoque cuasiexperimental, de tipo longitudinal y alcance descriptivo, con un diseño de investigación-acción desarrollado en un periodo de doce meses. La intervención se implementa en microempresas afiliadas a la CANACINTRA, cada una con entre uno y diez trabajadores. Se aplican dos instrumentos: un cuestionario semiestructurado para diagnosticar la situación actual de las microempresas frente a la Norma, y el cuestionario estructurado de la Guía de Referencia II de la NOM-035-STPS-2018: "Cuestionario de Identificación y Análisis de los Factores de Riesgo Psicosocial", compuesto por 46 ítems distribuidos en los siete factores descritos en el marco teórico, que permite además identificar a los trabajadores expuestos a eventos traumáticos severos para su canalización institucional. La información cuantitativa se procesa mediante estadística descriptiva utilizando Microsoft Excel.

El procedimiento se organiza en las siguientes fases: asesoría al personal de recursos humanos de las empresas participantes; sesiones informativas en coordinación con la CANACINTRA sobre la prevención de riesgos psicosociales y la promoción de un entorno organizacional favorable; organización de brigadas de campo para la visita a las empresas; levantamiento de cédulas de entrevista y construcción de una base de datos con la información de las empresas y los trabajadores; diseño y difusión de una política de prevención de riesgos psicosociales y violencia laboral; establecimiento de un procedimiento para atender prácticas opuestas al entorno organizacional favorable; aplicación de los cuestionarios a los trabajadores; difusión de material informativo (trípticos, boletines, pláticas) sobre la prevención oportuna de los factores de riesgo psicosocial; y comunicación de las obligaciones correspondientes tanto al patrón como a los trabajadores. Transcurrido el periodo de intervención, se analiza si la implementación produjo una mejora medible en el clima laboral de los trabajadores participantes.

Resultados esperados e impacto esperado

El proyecto se desarrolla en cuatro fases a lo largo de un año.

La primera (enero-marzo) sensibiliza a microempresarios y trabajadores mediante un diagnóstico sobre su conocimiento de la Norma, con un reporte de resultados, galería fotográfica y folletos informativos como entregables.

La segunda (abril-mayo) desarrolla la implementación de la NOM-035-STPS-2018, estableciendo la política de prevención de riesgos psicosociales e identificando a los trabajadores en riesgo.

La tercera (junio-noviembre) analiza el clima laboral de los trabajadores mediante cuestionario, con gráficas de resultados como entregable.

La cuarta (diciembre) concluye con el análisis integral de la información, la participación en un congreso y la redacción de un artículo científico. Como productos comprometidos se prevén una tesis de licenciatura en desarrollo, la incorporación de ocho estudiantes de licenciatura en modalidad de servicio social o créditos complementarios, la participación de dos alumnos residentes, y un artículo científico enviado a revista indizada.

El impacto esperado se despliega en tres dimensiones.

En el plano empresarial, el proyecto permitirá que las microempresas del municipio de Campeche comprendan la importancia de la identificación oportuna de los factores de riesgo psicosocial, cumplan con los requerimientos de la NOM-035-STPS-2018 y eviten sanciones por incumplimiento, al tiempo que se benefician de los efectos documentados de la Norma sobre la productividad, la reducción de la rotación de personal y la identificación temprana de enfermedades derivadas del trabajo.

En el plano académico, participarán estudiantes del programa de Ingeniería en Administración del Instituto Tecnológico de Campeche, fortaleciendo la productividad de los profesores participantes y contribuyendo a la acreditación del programa educativo.

En el plano institucional, el proyecto consolida la vinculación con la CANACINTRA como enlace con el sector empresarial, y genera conocimiento de utilidad para empresas, cámaras patronales y la comunidad académica sobre la relación entre los factores de riesgo psicosocial y el clima laboral en el contexto de las microempresas mexicanas.

Referencias

- Galicia Villanueva, S., García Oliver, M. F., & Hernández Cruz, L. M. (2017). La importancia del clima organizacional en la productividad de las empresas. *TEPEXI Boletín Científico de la Escuela Superior Tepeji del Río*, 4(8).
- García, L. C. (2021). *La importancia de un buen clima laboral y la NOM-035*. Ambiente Laboral.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2020). *Estadísticas a propósito del Día de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (27 de junio): Datos nacionales*. <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2020/MYPIMES20.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2024a, 26 de septiembre). *Empleo y ocupación*. https://www.inegi.org.mx/temas/empleo/#informacion_general
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2024b, 31 de enero). *Estudio sobre la Demografía de los Negocios (EDN) 2023*. <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2024/EDN/EDN2023.pdf>
- Kalimo, R., El-Batawi, M. A., & Cooper, C. L. (Eds.). (1988). *Los factores psicosociales en el trabajo y su relación con la salud*. Organización Mundial de la Salud.
- Mabel Chales, M. (2021). La pandemia entre el trabajador y los riesgos psicosociales. *Revista Instituto de Estudios Interdisciplinarios en Derecho Social y Relaciones de Trabajo IDEIDES*, 56.
- Naciones Unidas. (2017). *Resolución aprobada por la Asamblea General el 6 de abril de 2017: 71/279, Día de las Microempresas y las Pequeñas y Medianas Empresas*. <https://documents.un.org/doc/undoc/gen/n17/o95/14/pdf/n1709514.pdf>
- Oficina Internacional del Trabajo. (2012). *Paquete de formación SOLVE: Integrando la promoción de la salud a las políticas de SST en el lugar de trabajo. Guía del formador*.

- Organización Internacional del Trabajo. (1984). *Los factores psicosociales en el trabajo: reconocimiento y control*.
- Organización Internacional del Trabajo. (2020). *Gestión de los riesgos psicosociales relacionados con el trabajo durante la pandemia de COVID-19*.
- Organización Internacional del Trabajo, & Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2003). *Trabajo y familia: hacia nuevas formas de conciliación con corresponsabilidad social*.
- Organización Mundial de la Salud. (2022, 28 de septiembre). *La OMS y la OIT piden nuevas medidas para abordar los problemas de salud mental en el trabajo*.
<https://www.who.int/es/news/item/28-09-2022-who-and-ilo-call-for-new-measures-to-tackle-mental-health-issues-at-work>
- Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-035-STPS-2016. (2016). *Factores de riesgo psicosocial: identificación y prevención*. Diario Oficial de la Federación.
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (s. f.). NOM-035-STPS-2018: *Factores de riesgo psicosocial en el trabajo. Identificación, análisis y prevención*.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/503382/TRIPTICO_NOM-035.pdf

Factores que desencadenan el embarazo precoz y acciones preventivas mediante tecnología en adolescentes del municipio de Lerdo, Durango

Lilia Parada Morado, Elena Tzetzángary Aguirre Mejía,

Erika Alejandra Meraz Salazar, Rocío Lorena Rodríguez Chacón

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Lerdo

Factores que desencadenan el embarazo precoz y acciones preventivas mediante tecnología en adolescentes del municipio de Lerdo, Durango

**Lilia Parada Morado, Elena Tzetzángary Aguirre Mejía, Erika Alejandra Meraz Salazar,
Rocío Lorena Rodríguez Chacón**
Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Lerdo

Resumen

El embarazo precoz en adolescentes constituye un problema relevante con implicaciones individuales y sociales, cuya prevención mediante la identificación de factores desencadenantes y el uso de tecnología puede impactar significativamente en la calidad de vida de las adolescentes del municipio de Lerdo, Durango. Este capítulo presenta el diseño de una investigación orientada a identificar los factores de riesgo asociados al embarazo precoz, analizar el potencial de las tecnologías de la información y comunicación como herramienta preventiva, y evaluar programas educativos basados en tecnología dirigidos a esta población. La metodología es de carácter mixto, con aplicación de cuestionarios a adolescentes y entrevistas a padres de familia, docentes y personal médico, complementada con un análisis del impacto del uso de TIC en la comunidad adolescente. Los resultados esperados contribuirán al desarrollo de estrategias efectivas de prevención y a la mejora de la calidad de vida de las adolescentes de la región.

Palabras clave: embarazo precoz; adolescentes; tecnologías de la información y comunicación; educación sexual integral; prevención.

Introducción

El embarazo en edades tempranas es un fenómeno complejo que refleja desigualdades sociales y se vincula con problemas económicos, educativos y culturales (Consejo Nacional de Población [CONAPO], 2019). Además de afectar negativamente la salud de las adolescentes y de sus hijos, se considera un problema de salud pública, educativo y económico (Instituto de Evaluación de Políticas Públicas del Estado de Durango [INEVAP], 2019). En México, un porcentaje significativo de adolescentes inicia su vida sexual sin el uso de métodos anticonceptivos, lo que se traduce en un alto número de nacimientos en mujeres menores de 19 años (Grupo Estatal para la Prevención del Embarazo en Adolescentes [GEPEA], 2020). En el estado de Durango, las y los jóvenes constituyen un sector vulnerable expuesto a influencias negativas que perpetúan un círculo de maternidad precoz, rezago educativo y desigualdad (GEPEA, 2020). Asimismo, el municipio de Lerdo ha registrado un incremento en los casos de embarazo adolescente que refuerza la necesidad de atender esta problemática desde la investigación aplicada (CONAPO, 2019).

La evidencia científica respalda tres líneas de intervención que estructuran este capítulo.

En primer lugar, el entorno social, la falta de acceso a educación sexual integral y las limitaciones económicas incrementan la probabilidad de embarazo en la adolescencia (Gómez et al., 2017; UNFPA, 2021), por lo que resulta necesario identificar con precisión estos factores en el contexto local. En segundo lugar, las tecnologías de la información y comunicación, como teléfonos móviles y aplicaciones, han demostrado eficacia como herramientas para brindar información y apoyo en salud sexual y reproductiva a la población joven (L'Engle et al., 2016), lo que abre una vía de intervención adaptada a las condiciones actuales de acceso digital de las adolescentes. En tercer lugar, la educación sexual integral y el acceso a servicios de salud reproductiva han demostrado reducir la

incidencia del embarazo precoz y promover una toma de decisiones informada (UNESCO, 2018), lo que justifica el diseño de programas educativos basados en tecnología adaptados a las necesidades locales.

En conjunto, esta investigación aporta conocimiento sobre los factores que desencadenan el embarazo precoz en el municipio de Lerdo y permite el diseño e implementación de acciones preventivas basadas en tecnología, con el potencial de reducir su incidencia y de promover una toma de decisiones informada y responsable en materia de salud sexual y reproductiva entre las adolescentes de la región.

Objetivos

Objetivo general. Investigar los factores que contribuyen al embarazo precoz en adolescentes del municipio de Lerdo, Durango, y desarrollar e implementar acciones preventivas mediante tecnología para mejorar su calidad de vida.

Objetivos específicos.

1. Identificar los factores sociales, educativos y económicos que influyen en la incidencia de embarazos precoces en las adolescentes del municipio de Lerdo, Durango.
2. Analizar el acceso y la utilización de la tecnología por parte de las adolescentes del municipio, y evaluar su potencial para la prevención del embarazo precoz.
3. Diseñar e implementar programas educativos basados en tecnología que aborden la educación sexual, la planificación familiar y la toma de decisiones responsables.
4. Evaluar el impacto de las acciones preventivas implementadas en la reducción de la incidencia de embarazos precoces y en la mejora de la calidad de vida de las adolescentes.

Marco teórico

El embarazo precoz representa un desafío significativo para la salud física y mental de las adolescentes y sus hijos. En el plano físico, las jóvenes embarazadas enfrentan mayores riesgos de complicaciones durante el embarazo y el parto, como la preeclampsia, parto prematuro, restricción del crecimiento intrauterino, aunado a deficiencias nutricionales y anemia asociadas a una atención prenatal insuficiente (Sedgh et al., 2015). En el plano psicológico, el embarazo precoz se asocia con mayor riesgo de depresión, ansiedad y estrés durante el embarazo y el puerperio, agravado por la estigmatización y discriminación que enfrentan estas adolescentes (Shrimpton et al., 2015).

A nivel social, educativo y económico, esta estigmatización puede derivar en exclusión y falta de apoyo (Alan Guttmacher Institute, 2014), mientras que la interrupción de la trayectoria escolar limita las oportunidades futuras de empleo y perpetúa ciclos de pobreza y desigualdad (Bawah et al., 2017), con costos significativos en atención médica, asistencia social y productividad para las adolescentes y para la sociedad en su conjunto.

Los roles de género y las normas sociales desempeñan un papel determinante en esta problemática: las expectativas tradicionales que enfatizan la maternidad temprana y la conformidad con roles reproductivos femeninos incrementan la vulnerabilidad de las adolescentes (Chandra-Mouli et al., 2013), en tanto que la falta de autonomía de las mujeres jóvenes en la toma de decisiones sobre su salud sexual y reproductiva, derivada de desigualdades de género arraigadas, aumenta su riesgo de embarazo precoz (Rani et al., 2019). Abordar estas normas y empoderar a las adolescentes para la toma de decisiones informadas constituye, en consecuencia, un eje central de cualquier estrategia preventiva.

La educación sexual integral constituye la intervención con mayor respaldo empírico: proporciona a los adolescentes los conocimientos, habilidades y actitudes necesarios para tomar decisiones informadas sobre su salud sexual y reproductiva, y su implementación basada en evidencia reduce la incidencia del embarazo precoz al promover el uso de métodos anticonceptivos y actitudes saludables en torno a la sexualidad (Kirby, 2019; Santelli et al., 2017; Haberland & Rogow, 2015). Estos programas empoderan además a las y los adolescentes para resistir presiones de pares y normas sociales que fomentan conductas sexuales de riesgo (DiClemente et al., 2019; Allen et al., 2019), aunque su alcance depende de superar barreras como la ausencia de programas escolares integrales, el estigma social y la falta de acceso a servicios de salud amigables para adolescentes (Santelli et al., 2017), y de fortalecer facilitadores como políticas basadas en derechos y entornos libres de juicio (UNESCO, 2018).

En este contexto, la alfabetización digital y el acceso a la tecnología han cobrado un papel creciente como vía complementaria de prevención: internet, los teléfonos móviles y las aplicaciones ofrecen a las adolescentes acceso a información confiable sobre salud sexual y reproductiva y métodos anticonceptivos, y facilitan la comunicación con profesionales de la salud (L'Engle et al., 2016), siempre que se atiendan las brechas digitales existentes para garantizar un acceso equitativo (UNESCO, 2020).

Las intervenciones tecnológicas, como las aplicaciones móviles y plataformas en línea, han demostrado efectividad al proporcionar información personalizada, seguimiento del ciclo menstrual y recordatorios sobre métodos anticonceptivos, superando barreras geográficas y de acceso (L'Engle et al., 2016; Muessig et al., 2015). Su diseño y adaptación a contextos específicos requiere considerar las características socioculturales y lingüísticas de la población objetivo, e involucrar a las y los adolescentes en su desarrollo para garantizar su

pertinencia y usabilidad (Nguyen et al., 2018), mientras que su evaluación demanda una combinación de enfoques cualitativos y cuantitativos centrados en indicadores de adhesión, cambio de conocimientos y comportamientos, y resultados en salud sexual y reproductiva (Bull et al., 2016).

Metodología

El estudio adopta un enfoque metodológico mixto, desarrollado en dos etapas congruentes con los objetivos específicos planteados.

La primera etapa identifica los factores sociales, educativos y económicos que influyen en la incidencia del embarazo precoz en el municipio de Lerdo.

Se realiza, en un primer momento, un estudio exploratorio cualitativo mediante entrevistas y grupos de discusión con profesionales de la salud, educadores, padres de familia y adolescentes, con el propósito de obtener una perspectiva integral del fenómeno; los datos se analizan mediante estadística interpretativa descriptiva para construir un modelo de los factores identificados.

En un segundo momento, se diseña y aplica un cuestionario estructurado, validado en escala de Likert, a una muestra representativa de adolescentes del municipio, que permite recopilar datos cuantitativos sobre variables como el nivel socioeconómico, el acceso a la educación sexual, el apoyo familiar y la influencia de las normas sociales.

La segunda etapa analiza el acceso y la utilización de la tecnología por parte de las adolescentes, y evalúa su potencial preventivo. Se realiza un estudio descriptivo sobre el uso de dispositivos móviles, el acceso a internet y la frecuencia de uso de aplicaciones relacionadas con la salud sexual y reproductiva, información que fundamenta el diseño de un programa interactivo de acceso universal orientado a prevenir a las y los adolescentes sobre los riesgos del embarazo precoz y a brindarles información sobre el cuidado de su

salud reproductiva. La implementación del programa se acompaña de la recopilación de datos de uso, que permiten evaluar su impacto en la reducción de la incidencia de embarazos precoces y en la mejora de la calidad de vida de las adolescentes participantes.

Resultados esperados e impacto esperado

El proyecto se desarrolla en un periodo de ocho meses. En la primera etapa se aplican cuestionarios, entrevistas y grupos de discusión con profesionales de la salud, educadores, padres de familia y adolescentes, y se construye un modelo de los factores sociales, educativos y económicos asociados al embarazo precoz, junto con un cuestionario estructurado y su base de datos cuantitativa correspondiente. En la segunda etapa se generan datos estadísticos sobre el acceso y uso de tecnología entre las adolescentes, y se diseña, implementa y evalúa un programa interactivo de acceso universal, culminando con una aplicación con juegos interactivos sobre prevención y cuidado de la salud, disponible para descarga web.

Como productos comprometidos se prevén un informe parcial y un informe final del proyecto, un artículo científico enviado a revista indizada o arbitrada, un cuestionario validado en escala de Likert, la aplicación de entrevistas a cinco médicos especialistas y de grupos de enfoque con padres de familia y docentes, y el desarrollo de una plataforma educativa interactiva como producto de desarrollo tecnológico, además del registro correspondiente de derechos de autor. Los mecanismos de transferencia hacia los usuarios finales incluyen un reporte de las causas del embarazo precoz identificadas en la comunidad, un reporte de los usos y beneficios de la tecnología entre las adolescentes, y una estrategia de distribución y difusión del programa desarrollado.

El impacto esperado de esta investigación se proyecta en la contribución a estrategias efectivas para prevenir el embarazo precoz y mejorar la calidad de vida de las adolescentes del municipio de Lerdo, mediante la generación de información relevante y herramientas tecnológicas accesibles para la comunidad adolescente. Se prevé incidir inicialmente en una escuela secundaria del municipio, con la meta de extender el uso del programa desarrollado a al menos diez escuelas secundarias adicionales, ampliando así su alcance preventivo en la región.

Referencias

- Alan Guttmacher Institute. (2014). Social and economic consequences of teenage childbearing: Evidence from a natural experiment. *Perspectives on Sexual and Reproductive Health*, 46(3), 127–135.
- Allen, E., Bonell, C., Strange, V., Copas, A., Stephenson, J., & Johnson, A. (2019). Does the UK government's teenage pregnancy strategy deal with the correct risk factors? Findings from a secondary analysis of data from a randomised trial of sex education and their implications for policy. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 73(7), 613–620.
- Bawah, A. A., Akweongo, P., Simmons, R., & Phillips, J. F. (2017). Women's fears and men's anxieties: The impact of family planning on gender relations in northern Ghana. *Studies in Family Planning*, 48(2), 135–149.
- Bull, S. S., Levine, D. K., Black, S. R., Schmiege, S. J., & Santelli, J. (2016). Social media–delivered sexual health intervention: A cluster randomized controlled trial. *American Journal of Preventive Medicine*, 51(3), 322–332.
- Consejo Nacional de Población. (2019). *Fecundidad en niñas y adolescentes de 10 a 14 años: niveles, tendencias y caracterización sociodemográfica de las menores de edad que son madres en México*. CONAPO.
- Chandra-Mouli, V., Camacho, A. V., & Michaud, P. A. (2013). WHO guidelines on preventing early pregnancy and poor reproductive outcomes among adolescents in developing countries. *Journal of Adolescent Health*, 52(5), 517–522.
- DiClemente, R. J., Salazar, L. F., & Crosby, R. A. (2019). A review of STD/HIV preventive interventions for adolescents: Sustaining effects using an ecological approach. *Journal of Pediatric Psychology*, 44(4), 403–421.
- Grupo Estatal para la Prevención del Embarazo en Adolescentes de Durango. (2020). *Informe de buenas prácticas GEPEA 2020*. Consejo Estatal de Población de Durango.

- Haberland, N., & Rogow, D. (2015). Sexuality education: Emerging trends in evidence and practice. *Journal of Adolescent Health*, 56(1), S15–S21.
- Instituto de Evaluación de Políticas Públicas del Estado de Durango. (2019). *Evaluación específica del programa Salud Sexual y Reproductiva para Adolescentes* (pp. 1–33). INEVAP.
- Kirby, D. (2019). The impact of sex and HIV education programs in schools and communities on sexual behaviors among young adults. *American Journal of Public Health*, 109(S1), S63–S66.
- L'Engle, K. L., Mangone, E. R., Parcesepe, A. M., Agarwal, S., & Ippoliti, N. B. (2016). Mobile phone interventions for adolescent sexual and reproductive health: A systematic review. *Pediatrics*, 138(3), e20160884.
- Lopez, L. M., Bernholc, A., Chen, M., & Tolley, E. E. (2016). School-based interventions for preventing HIV, sexually transmitted infections, and pregnancy in adolescents. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (11), CD006417.
- Muessig, K. E., Nekkanti, M., Bauermeister, J., Bull, S., & Hightow-Weidman, L. B. (2015). A systematic review of recent smartphone, internet and Web 2.0 interventions to address the HIV continuum of care. *Current HIV/AIDS Reports*, 12(1), 173–190.
- Nguyen, L. H., Tran, B. X., Hoang, C. L., Nguyen, H. L. T., Tran, T. T. P., Latkin, C. A., & Ho, R. C. M. (2018). Building a national direction for digital health innovation in Vietnam: A framework for implementing the national strategy. *Journal of Medical Internet Research*, 20(6), e147.
- Rani, M., Lule, E., Persson, L. A., & Lindmark, G. (2019). Adolescent pregnancies and girls' sexual and reproductive rights in the Amazon Basin of Ecuador: Challenges and opportunities for healthcare providers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(8), 1461.
- Santelli, J. S., Kantor, L. M., Grilo, S. A., Speizer, I. S., Lindberg, L. D., Heitel, J., & Ott, M. A. (2017). Abstinence-only-until-marriage: An updated review of US policies and

- programs and their impact. *Journal of Adolescent Health*, 61(3), 273–280.
- Sedgh, G., Finer, L. B., Bankole, A., Eilers, M. A., Singh, S., & Hussain, R. (2015). Adolescent pregnancy, birth, and abortion rates across countries: Levels and recent trends. *Journal of Adolescent Health*, 56(2), 223–230.
- Shrimpton, S., Rokx, C., Theise, M., Züniga, A., & Bredenkamp, C. (2015). *Adolescent sexual and reproductive health: A review of the literature*. The World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/22003>
- UNESCO. (2018). *International technical guidance on sexuality education: An evidence-informed approach*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000260248>
- UNESCO. (2020). *I'd blush if I could: Closing gender divides in digital skills through education*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373181>
- UNFPA. (2021). *Comprehensive sexuality education: Advancing human rights, gender equality and improved sexual and reproductive health*. United Nations Population Fund. <https://www.unfpa.org/comprehensive-sexuality-education-advancing-human-rights-gender-equality-and-improved-sexual>

Ingeniería, innovación tecnológica y transferencia del conocimiento

INTRODUCCIÓN DE PARTE

La parte final reúne tres protocolos cuyo horizonte trasciende la publicación científica para orientarse hacia la transferencia tecnológica: la recuperación electrolítica de metales preciosos, el control de emisiones en laboratorios de metalurgia y un prototipo institucional de protección civil. Estos capítulos demuestran que la investigación aplicada en ingeniería puede alcanzar el mismo rigor metodológico que la investigación básica, con la ventaja adicional de generar soluciones de aplicación inmediata para la industria y las instituciones.

CAPÍTULOS DE ESTA PARTE

12 Recuperación de plata y oro a partir de lixiviados mediante electrodeposición en celda electrolítica

13 Puesta en marcha de un sistema de extracción y neutralización de gases para disminuir las emisiones en la determinación de metales comunes en metalurgia

14 Desarrollo y aplicación de un prototipo de Programa Interno de Protección Civil para el Tecnológico Nacional de México

Recuperación de plata y oro a partir de lixiviados mediante electrodeposición en celda electrolítica

Agustín Acevedo Figueroa, Julio César Flores Cabrera

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Iguala

Recuperación de plata y oro a partir de lixiviados mediante electrodeposición en celda electrolítica

Agustín Acevedo Figueroa, Julio César Flores Cabrera

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Iguala

Resumen

La separación de plata y oro de minerales oxidados o sulfurosos se realiza principalmente mediante la disolución de valores, proceso que genera una solución rica denominada lixiviado. El procesamiento estandarizado de esta solución mediante carbón activado y polvo de zinc requiere áreas, materiales y procedimientos especializados de desorción, lo que vuelve la recuperación de metales valiosos un proceso prolongado y complejo. Este capítulo presenta el diseño de una celda electrolítica para la recuperación de plata y oro mediante electrodeposición, como alternativa a la flotación y a la dilución de valores con cianuro de sodio. La celda se construye con material plástico, un ánodo de alambre de cobre y un cátodo de lámina rectangular de aluminio, ambos sumergidos en la solución rica del lixiviado, que contiene oro y plata en forma iónica, utilizando cianuro de sodio como electrolito y una fuente de corriente de 3.6 V y 600 mA. Se realizan corridas experimentales de electrodeposición con el propósito de optimizar el procedimiento de recuperación de metales valiosos.

Palabras clave: electrodeposición; lixiviado; celda electrolítica; recuperación de metales; cianuro de sodio.

Introducción

La separación de plata y oro de minerales oxidados o sulfurosos depende, en la práctica industrial estandarizada, de procedimientos de desorción con carbón activado y polvo de zinc que requieren infraestructura, materiales y procedimientos especializados. Esta complejidad prolonga y encarece la recuperación eficiente de metales valiosos, motivando la búsqueda de alternativas tecnológicas que simplifiquen el proceso.

La electrodeposición en celdas electrolíticas ofrece una vía de recuperación más directa desde el lixiviado, con el potencial de superar las ineficiencias de métodos tradicionales como la flotación o la dilución de valores con cianuro de sodio.

Los métodos convencionales de recuperación de oro y plata, como flotación y carbón activado, resultan procesos tardados, complejos y costosos, que dependen de infraestructura especializada.

La celda electrolítica propuesta en este capítulo simplifica las etapas de separación y reduce los tiempos de operación, al tiempo que introduce una innovación tecnológica específica: el uso de un cátodo de lámina de aluminio rectangular, que ofrece mayor área de contacto para la deposición de valores en comparación con los electrodos estándar de carbón u otros materiales metálicos disponibles comercialmente.

Esta innovación no solo representa un avance en la eficiencia de captación del metal, sino que impulsa el desarrollo de tecnología propia aplicable a la pequeña minería, en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU en materia de industria, innovación e infraestructura.

Objetivos

Objetivo general. Mejorar el proceso de recuperación de minerales valiosos mediante una celda electrolítica, utilizando el método de electrodeposición de valores.

Objetivos específicos.

1. Diseñar una celda electrolítica para realizar las corridas experimentales de deposición de valores.
2. Construir la celda electrolítica diseñada.
3. Realizar las corridas experimentales de deposición de valores.

Marco teórico

Los métodos eléctricos de análisis se fundamentan en las relaciones entre los fenómenos químicos y eléctricos, y constituyen la expresión práctica de los principios de la química electroanalítica: un conjunto de métodos analíticos cuantitativos basados en las propiedades eléctricas de una disolución de analito cuando forma parte de una celda electroquímica. Estas técnicas ofrecen límites de detección excepcionalmente bajos y una amplia capacidad de caracterización de los sistemas tratables electroquímicamente.

Su fundamento teórico se sustenta en la ecuación de Nernst, que determina el potencial necesario para que una reacción ocurra en una celda galvánica en función del cociente de reacción, y en las leyes de Faraday de la electrólisis, formuladas a partir de sus investigaciones electroquímicas de 1834. La primera ley establece que la masa de una sustancia depositada en un electrodo durante la electrólisis es directamente proporcional a la cantidad de electricidad transferida a dicho electrodo, medida en culombios. La segunda ley establece que, para una cantidad determinada de electricidad, la masa depositada de una especie química es directamente proporcional a su peso equivalente, definido como la masa molar dividida entre un entero que depende de la reacción que tiene lugar en el electrodo.

Sobre estas leyes se desarrolló la electro gravimetría, método de análisis cuantitativo que consiste en electrolizar una solución de la muestra hasta depositarla cuantitativamente en los electrodos de la celda; el electrodo receptor se pesa antes y después de la electrólisis, y la diferencia de masa producida conduce al resultado del análisis, realizado con electrodos de gran superficie en soluciones bien agitadas hasta alcanzar una deposición completa. Sus aplicaciones abarcan tanto la separación analítica de iones en laboratorio como el recubrimiento comercial de materiales con fines industriales (Galvín, 1999).

La recuperación electrolítica de plata y oro mediante este principio se remonta a la refinación de cobre electrolítico desarrollada por James Elkington hace más de un siglo, proceso que permite obtener metales de excepcional pureza. Todas las operaciones de este tipo dependen del volumen de solución y de la energía eléctrica empleada: conforme a las leyes de Faraday, la cantidad de metal depositado es proporcional al número de amperios-hora aplicados, y su eficiencia puede calcularse comparando la cantidad de metal efectivamente depositada por unidad de corriente frente a la cantidad teóricamente esperada (Davis, 2016).

Metodología

El desarrollo experimental se estructura en cinco etapas secuenciales. La primera consiste en la revisión del estado del arte relacionado con la deposición de valores de minerales con contenido metálico mediante celdas electrolíticas. La segunda corresponde al diseño y construcción de la celda electrolítica con los materiales especificados: cuerpo de material plástico, ánodo de alambre de cobre y cátodo de lámina rectangular de aluminio.

La tercera etapa consiste en la preparación y el tratamiento de las muestras de mineral, sometidas a la exposición de cianuro diluido para la obtención del lixiviado, con el control correspondiente de las operaciones de disolución. La cuarta etapa realiza las corridas

experimentales de electrodeposición: el lixiviado se incorpora a la celda electrolítica construida, alimentada con una fuente de corriente de salida de 3.6 V y 600 mA (corriente de entrada de 120 V, 60 Hz), y se ejecutan cinco corridas con intervalos de deposición de cinco minutos cada una, complementadas con análisis metalúrgicos por vía seca, mediante el método de copelación, y por vía húmeda, mediante dilución de valores con ácido nítrico. La quinta etapa analiza los resultados de las cinco corridas experimentales, evalúa si se logró depositar la plata y el oro en el cátodo de aluminio de manera adecuada, y formula las recomendaciones correspondientes para la mejora o el rediseño de la celda con el fin de incrementar la captación de metal.

Resultados esperados e impacto esperado

El proyecto se desarrolla en cinco fases entre febrero y diciembre: búsqueda de información teórica (febrero-junio), diseño y construcción de la celda electrolítica (febrero-junio), preparación y tratamiento de cinco muestras (febrero-junio), pruebas metalúrgicas de electrodeposición del lixiviado (agosto-diciembre) y análisis de resultados, conclusiones y recomendaciones (agosto-diciembre). Como productos se prevén la incorporación de al menos un alumno residente, la publicación de al menos un artículo en revista científica y el registro de derechos de autor ante el Instituto Nacional del Derecho de Autor (INDAUTOR).

El impacto de este proyecto se despliega en cuatro dimensiones. En el plano social, impulsa en el Instituto Tecnológico de Iguala el desarrollo de tecnología para la recuperación de metales valiosos mediante celdas electrolíticas, como alternativa a la flotación de minerales, en línea con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 9 (industria, innovación e infraestructura). En el plano ecológico, el proyecto se desarrolla bajo la supervisión del Departamento de Ingeniería Industrial del Instituto en las instalaciones del laboratorio de Ingeniería de Métodos, y contempla que cualquier escalamiento posterior a nivel industrial requeriría la

autorización correspondiente de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. En el plano científico, la investigación aporta a la teoría de la electrodeposición de metales mediante la incorporación de un cátodo de lámina de aluminio rectangular en lugar de los electrodos estándar de carbón u otros materiales metálicos disponibles comercialmente.

En el plano tecnológico, el proyecto es innovador en tanto no existe actualmente tecnología orientada específicamente a la recuperación directa de metales valiosos desde el mineral mediante celda electrolítica, la tecnología existente se centra en la refinación de oro, plata, cobre, zinc y estaño ya extraídos, lo que abre una línea de desarrollo tecnológico propia para la pequeña minería.

Referencias

- Alcántara, H. (2011, 23 de octubre). *Biometalurgia*.
<https://hubertalcantara.wordpress.com/2011/10/23/biometalurgia/>
- CODELCO. (2011, 18 de febrero). *Biolixiviación*.
https://www.codelco.com/biolixiviacion/prontus_codelco/2011-02-18/091203.html
- Consejo de Competencias Mineras. (2017, 3 de junio). *Refinación electrolítica*.
<https://www.ccm.cl/refinacion-electrolitica/>
- Davis. (2016, 27 de septiembre). *Refinación electrolítica*. 911 Metallurgist.
<https://www.911metallurgist.com/metallurgia/refinación-electrolitica/>
- Edoc.tips. (2017, 22 de enero). *Refinación del oro*. https://edoc.tips/download/refinación-del-oro_pdf
- Elgueta, H. (2020, 19 de noviembre). *La importancia del proceso de flotación de minerales*. Metso.
<https://www.metso.com/cl/blog/mineria/la-importancia-del-proceso-de-flotacion-de-minerales>
- Galvín, R. M. (1999). *Fisicoquímica de las aguas*. Díaz de Santos.
- Ortega, J., & Gilberto, C. (2016). Refinación electrolítica de estaño en celda Balbach-Thum. *Revista Metalúrgica UTO*, 38.
- Procesos Mineros. (2019, 3 de febrero). *Plata*.
<https://procesosmineros.weebly.com/plata.html>
- Servicio Geológico Mexicano. (2017, 22 de marzo). *Beneficio y transformación de minerales*.
 Gobierno de México.
https://www.sgm.mx/Web/MuseoVirtual/Aplicaciones_geologicas/Beneficio-y-transformacion-minerales.html
- Vera, M. (2007). Electroquímica. En *Química general* (p. 3). Médica Panamericana.

Puesta en marcha de un sistema de extracción y neutralización de gases para disminuir las emisiones en la determinación de metales comunes en metalurgia

Karla Victoria Guevara Amatón, Juana María Nájera Ibarra,
Simón Alberto Pedroza Figueroa, Susana Margarita García Delgado
Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de la Laguna

Puesta en marcha de un sistema de extracción y neutralización de gases para disminuir las emisiones en la determinación de metales comunes en metalurgia

Karla Victoria Guevara Amatón, Juana María Nájera Ibarra, Simón Alberto Pedroza Figueroa, Susana Margarita García Delgado
Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de la Laguna

Resumen

El laboratorio de Ingeniería Química del Instituto Tecnológico de la Laguna dispone de un área destinada a la especialidad de metalurgia extractiva, la cual cuenta con una campana de extracción; sin embargo, actualmente no se encuentra en operación, lo que impide la realización de prácticas de digestión ácida y determinación de metales, dado que los gases y vapores generados son tóxicos representan un riesgo para la salud y una fuente relevante de contaminación atmosférica. Este capítulo presenta el diseño e implementación de un sistema de neutralización y adsorción acoplado a una campana de extracción, orientado a habilitar dicha área y permitir que los estudiantes realicen las prácticas fundamentales de su especialidad en condiciones seguras. El proyecto determina las condiciones óptimas de operación de un tren neutralizante-adsorbente capaz de mitigar los vapores y gases ácidos generados durante las prácticas, para su instalación a escala real en el laboratorio.

Palabras clave: contaminación atmosférica; gases ácidos; sistema de extracción; neutralización; adsorción; seguridad en laboratorio.

Introducción

El laboratorio de Ingeniería Química del Instituto Tecnológico de la Laguna (edificio 18) cuenta con un área destinada a la especialidad de metalurgia extractiva que no dispone de una campana de extracción en funcionamiento, lo que impide liberar de manera segura los gases y vapores generados durante las prácticas de digestión ácida y determinación de metales.

En consecuencia, algunas prácticas fundamentales para la formación de los estudiantes de esta especialidad (ampliamente aplicadas en la mayoría de los procesos metalúrgicos) no pueden realizarse actualmente, dado que los gases y vapores generados son tóxicos y representan un riesgo tanto para la salud de quienes los manipulan como para el ambiente. El desarrollo de un tren neutralización-adsorción que permita mitigar estos vapores y gases ácidos, para su posterior instalación a escala real dentro de una campana de extracción operativa, responde a una necesidad concreta de la institución en tres dimensiones.

En el plano de la seguridad y la salud ocupacional, permitirá disponer de un espacio de trabajo libre de contaminantes para estudiantes, personal docente y administrativo. En el plano ambiental, contribuirá a mejorar la calidad del aire mediante la neutralización de los gases tóxicos generados durante las pruebas de digestión y determinación de metales, en cumplimiento de la normativa ambiental aplicable en materia de calidad del aire.

En el plano académico, beneficiará directamente a los estudiantes de Ingeniería Química al habilitar la realización de las prácticas fundamentales de metalurgia no ferrosa correspondientes a su especialidad.

Objetivos

Objetivo general. Instalar una campana de extracción en el laboratorio de Ingeniería Química (edificio 18) del Instituto Tecnológico de la Laguna, junto con un sistema de neutralización y adsorción de gases contaminantes, para disminuir el impacto de las emisiones generadas durante la determinación de metales en pruebas de laboratorio.

Objetivos específicos.

1. Neutralizar los gases ácidos producidos durante las pruebas del laboratorio de metalurgia mediante un tren de neutralización y adsorción.
2. Neutralizar y adsorber el depósito receptor de los gases generados.
3. Mejorar la educación y las habilidades técnicas de los estudiantes de Ingeniería Química mediante la incorporación de nuevas prácticas de laboratorio.
4. Potenciar el desarrollo de investigaciones adicionales a partir de la instalación del sistema de extracción.

Marco teórico

La contaminación ambiental se define como la introducción o presencia de agentes físicos, químicos o biológicos en el medio ambiente, de forma individual o combinada, en niveles perjudiciales para la salud pública, la seguridad y los organismos vivos (Palacios & Moreno, 2022), y constituye uno de los problemas de mayor relevancia mundial por su impacto significativo sobre la salud de los seres vivos (Romero et al., 2006). Entre los contaminantes atmosféricos relevantes para las prácticas metalúrgicas de digestión ácida se encuentran el monóxido de carbono, generado principalmente por la combustión de compuestos carbonados y ampliamente documentado por su alta toxicidad aguda (Téllez & Rodríguez, 2006); el dióxido de carbono, cuya acumulación atmosférica altera el equilibrio térmico y contribuye al calentamiento global al superar la velocidad de los mecanismos naturales del ciclo del carbono (Arroyo & Ramírez-Monroy, 2020); los óxidos de nitrógeno, cuya

presencia atmosférica ha aumentado considerablemente durante el último siglo con efectos sobre la calidad del aire y la salud humana (Galán & Fernández, 2006); y los óxidos de azufre, cuya principal fuente antropogénica es la combustión de combustibles fósiles ricos en azufre (Núñez et al., 2019). Las emisiones generadas por procesos de transformación físico-química de materiales que no involucran combustión (como las digestiones ácidas de este proyecto) se clasifican como emisiones de proceso (Vallack et al., 2020).

El control de estos contaminantes en el laboratorio depende de dos componentes técnicos centrales. La campana de extracción, dispositivo diseñado para confinar total o parcialmente una fuente generadora de contaminantes, constituye el componente más crítico del sistema, dado que su diseño inadecuado puede comprometer la captación eficiente de los contaminantes; su eficacia depende del caudal de extracción y la velocidad de captura, y debe fundamentarse en el conocimiento específico del proceso que se pretende controlar (Ortega, 2008).

La ventilación, definida como el reemplazo de una fracción de aire contaminado por aire de mejores condiciones de calidad, permite regular en entornos industriales factores como el calor, la presencia de sustancias tóxicas y el riesgo de explosividad, contribuyendo a la protección de la salud de los ocupantes (López et al., 2009).

El tratamiento de los gases captados se sustenta en dos principios fisicoquímicos complementarios: la neutralización y la adsorción. La neutralización ocurre cuando los iones hidrógeno de un ácido reaccionan con los iones hidróxido de una base para formar agua (Chemistry LibreTexts, s. f.), en una reacción exotérmica cuyo pH final depende de la fuerza relativa del ácido y la base involucrados, con aplicaciones que abarcan el tratamiento de efluentes ácidos y la regulación del pH en sistemas biológicos (Helmenstine, 2021; Barros et al., 2024).

La adsorción, por su parte, es una operación unitaria de separación y purificación de corrientes fluidas basada en la acumulación de moléculas, átomos o iones de un gas o líquido sobre la superficie de un material sólido; su eficiencia depende de la capacidad selectiva del material adsorbente, y constituye un método preferido por su eficiencia, simplicidad y bajo impacto ambiental (Murphy et al., 2023; Alsharif, 2025; Siyal et al., 2025).

Metodología

El proyecto se desarrolla en cuatro fases metodológicas, congruentes con los objetivos específicos planteados.

La primera fase corresponde al análisis de la situación actual: revisión del estado del arte sobre los vapores generados en las pruebas metalúrgicas específicas del laboratorio, verificación de la legislación de seguridad interna y de la normativa ambiental aplicable a las emisiones, determinación de la ubicación óptima de la campana, y evaluación de los sistemas disponibles de tratamiento de gases y vapores ácidos.

La segunda fase corresponde al diseño del sistema de extracción-absorción de vapores: diagnóstico inicial de la campana de extracción existente en la institución, pruebas para seleccionar el sistema de tratamiento a implementar, diseño del sistema de ventilación y sus conexiones, y determinación de las medidas necesarias para la instalación, incluyendo la adquisición de los materiales requeridos para adaptar el área del laboratorio.

La tercera fase corresponde a la instalación del sistema de extracción y remoción de gases y vapores: adquisición del material para la instalación, conexión y verificación del sistema removedor dentro de la campana; instalación de tomas de vacío y agua cruda, extractor y ductos de extracción, junto con la instalación eléctrica correspondiente (110 V, 60 Hz) y de control; y conexión de la campana de extracción con el sistema de remoción bajo el principio de adsorción de gases.

La cuarta fase corresponde a la prueba y verificación del sistema: ejecución de pruebas de

funcionamiento de la campana y el sistema de extracción mediante análisis reales de determinación de metales comunes en metalurgia, medición de la concentración de gases y vapores antes y después del tratamiento, ajuste del flujo de aire y calibración de sensores según sea necesario. Esta fase concluye con la elaboración de un manual de operación, mantenimiento y seguridad, al cual incluye procedimientos de emergencia y manejo de residuos, así como la capacitación del personal en el uso, mantenimiento y protocolos de seguridad del equipo instalado.

Resultados esperados e impacto esperado

El proyecto se desarrolla en seis fases entre marzo y octubre. En marzo se realiza la revisión bibliográfica y normativa, el diagnóstico de la campana existente y el diseño del sistema de ventilación. Entre abril y mayo se adquiere el material de adaptación del laboratorio y se instalan las tomas, el extractor, los ductos y la instalación eléctrica y de control.

Entre junio y julio se adquiere e instala el tren de neutralización-adsorción de vapores ácidos y se conecta al sistema de ventilación, verificando que el aire tratado se libere de forma segura y conforme a la normativa local. Entre julio y octubre se realizan las pruebas de funcionamiento mediante análisis de determinación de metales, con medición de concentraciones antes y después del tratamiento y los ajustes correspondientes.

En octubre se elabora el manual de operación, mantenimiento y seguridad, y se capacita al personal en su uso. Como productos comprometidos se prevén una tesis de licenciatura en desarrollo, la incorporación de un estudiante mediante servicio social o créditos complementarios, y la participación de un alumno residente en el proyecto.

El impacto esperado se despliega en tres dimensiones.

En el plano académico y social, los estudiantes de Ingeniería Química se benefician directamente al poder realizar las prácticas fundamentales de su especialidad en

condiciones seguras.

En el plano ambiental, la adecuación del área y el equipo permite reducir las emisiones de gases contaminantes generadas durante las pruebas de determinación de metales, en cumplimiento de la normativa de calidad del aire.

En el plano económico, la infraestructura instalada permitirá al Instituto Tecnológico de la Laguna ofrecer servicios de análisis de metales a terceros, constituyendo una fuente adicional de ingresos institucionales.

Referencias

- Alsharif, A. (2025). Understanding adsorption: Theories, techniques, and applications. En *Adsorption: Fundamental mechanisms and applications*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1008865>
- Arroyo, M., & Ramírez-Monroy, A. (2020). Dióxido de carbono, sus dos caras. *Anales de Química de la RSEQ*, 116(2), 81. <https://analesdequimica.es/index.php/AnalesQuimica/article/view/1316>
- Barros, B. V. de M., Segundo, V. A. G., Rodrigues, G. G. M., Souza, C. C. da N., Dantas, C. C. F., Abreu, R. C., de Albuquerque, L. L., & Souza, D. R. (2024). Ácidos, bases e reações de neutralização ácido-base fortes: análise sobre ensino, história e conceitos. *Aracê*, 6(4), 16031–16048. <https://doi.org/10.56238/arev6n4-291>
- Chemistry LibreTexts. (s. f.). *Acid–base reactions: Neutralization*. https://chem.libretexts.org/Courses/Brevard_College/CHE_104%3A_Principles_of_Chemistry_II/07%3A_Acid_and_Base_Equilibria/7.17%3A_Acids-Bases_Reactions-_Neutralization
- Galán, M. D., & Fernández, P. R. (2006). Implicación de los NOx en la química atmosférica. *Revista Electrónica de Medioambiente*, 2, 90. <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-41377/2006%202%20david%20galan%20y%20otro.pdf>
- Helmenstine, A. M. (2021, 16 de febrero). *Neutralization definition in chemistry*. ThoughtCo. <https://www.thoughtco.com/definition-of-neutralization-604576>
- López, M. S., Ortiz Juárez, R., Paduano Balderas, M., & Ponce Chávez, A. (2009). *Automatización en la extracción y ventilación en una cocina industrial* [Tesina de licenciatura, Instituto Politécnico Nacional]. <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/12730/1/im2%202010.pdf>
- Murphy, O. P., Vashishtha, M., Palanisamy, P., & Kumar, K. V. (2023). A review on the

- adsorption isotherms and design calculations for the optimization of adsorbent mass and contact time. *ACS Omega*, 8(20), 17407–17430. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c08155>
- Núñez Caraballo, V., Rodríguez Rojas, R., Gómez Camacho, L., Herrera Moya, I., & Morales Pérez, M. C. (2019). Influence on air quality of sulfur dioxide emissions from fixed agricultural sources in Villa Clara. *Centro Agrícola*, 46(3), 86–95. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=So253-57852019000300086&lng=es&tlng=en
- Ortega Espín, A. R. (2008). *Diseño del sistema de extracción de gases para un asador de pollos* [Tesis de licenciatura, Escuela Politécnica Nacional]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/745>
- Palacios Anzules, Í. del C., & Moreno Castro, D. W. (2022). Contaminación ambiental. *RECIMUNDO*, 6(2), 93–103. <https://doi.org/10.26820/recimundo/6.2.abr.2022.93-103>
- Romero Placeres, M., Oliva, F., & Álvarez Toste, M. (2006). La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 44(2). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032006000200008&lng=es&tlng=es
- Siyal, A. A., Mohamed, R. M. S. R., Ahmad, F., Malek, M. A., Alsubih, M., Shamsuddin, R., Hussain, S., & Musa, S. (2025). A review of the developments in adsorbents for the efficient adsorption of ibuprofen from wastewater. *RSC Advances*, 15(23), 17843–17861. <https://doi.org/10.1039/d5ra02007g>
- Téllez, J., & Rodríguez, A. (2006). Contaminación por monóxido de carbono: un problema de salud ambiental. *Revista de Salud Pública*, 8, 108–117. <http://www.scielo.org.co/pdf/rsap/v8n1/v8n1a10.pdf>
- Vallack, H. W., Olawoyin, O. O., Hicks, W. K., Kuylenstierna, J. C. I., & Emberson, L. D. (2020). The Global Atmospheric Pollution Forum (GAPF) emission inventory preparation tool and its application to Côte d'Ivoire. *Atmospheric Pollution Research*, 11(9), 1500–1512. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2020.05.023>

Desarrollo y aplicación de un prototipo de Programa Interno de Protección Civil para el Tecnológico Nacional de México

Julio César Flores Cabrera, Agustín Acevedo Figueroa,
Sindya Yadira Castillo Ortiz

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Iguala

Desarrollo y aplicación de un prototipo de Programa Interno de Protección Civil para el Tecnológico Nacional de México

Julio César Flores Cabrera, Agustín Acevedo Figueroa, Sindya Yadira Castillo Ortiz
Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Iguala

Resumen

El incremento reciente en la magnitud e intensidad de los fenómenos perturbadores en México, potenciado por el cambio climático, ha vuelto más urgente el desarrollo de resiliencia institucional frente a desastres naturales. Este capítulo presenta el diseño de un prototipo estandarizado de Programa Interno de Protección Civil aplicable a los 266 institutos que conforman el Tecnológico Nacional de México (TecNM), fundamentado en el diagnóstico del nivel de avance de la protección civil en una muestra representativa de dichos institutos. El proyecto contempla el desarrollo posterior del prototipo, su piloteo mediante capacitación, señalética y planes de emergencia en instituciones del estado de Guerrero, y un caso de aplicación integral en un instituto de alta vulnerabilidad sísmica, como modalidad de transferencia tecnológica hacia el resto del sistema. El proyecto busca posicionar al TecNM como referente en la cultura de la autoprotección y la prevención mediante la creación de entornos seguros, con beneficios proyectados tanto para la comunidad estudiantil actual como para su desempeño futuro en el sector productivo.

Palabras clave: protección civil; resiliencia; autoprotección; protocolo estándar; educación superior.

Introducción

México enfrenta un incremento significativo en la magnitud e intensidad de los fenómenos perturbadores derivado de los ajustes del cambio climático y su impacto ambiental. A pesar de los esfuerzos sostenidos desde el sismo de 1985 para fortalecer la cultura de protección civil mediante instancias como el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC) y el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), persiste una brecha crítica en la implementación de medidas de autoprotección en las instituciones de educación superior. Dentro del sistema del Tecnológico Nacional de México, que alberga a más de 200 instituciones, existe una notable heterogeneidad en el desarrollo de sus unidades internas de protección civil, lo que genera una vulnerabilidad considerable para su numerosa matrícula estudiantil, en particular en zonas de alta sismicidad como el estado de Guerrero.

Esta heterogeneidad responde, en parte, al marco legal vigente: la Ley General de Protección Civil establece, en su artículo 8, la obligación de los poderes públicos, los organismos descentralizados y los sectores privado y social de coadyuvar a que las acciones de protección civil se realicen de forma coordinada y eficaz, y dispone en su artículo 78 que los particulares que concentren o reciban una afluencia masiva de personas deben contar con una unidad interna de protección civil y un programa interno correspondiente (Congreso de la Unión, 2014). La ausencia de un protocolo estandarizado impide, sin embargo, que todos los planteles del TecNM cuenten con un programa interno adaptado a sus necesidades específicas que garantice su resiliencia y la continuidad de sus operaciones.

Transitar de una cultura reactiva hacia una cultura de prevención y resiliencia resulta, en este contexto, imperativo. Dado que el Tecnológico Nacional de México alberga una de las matrículas estudiantiles más numerosas del país, integrar la protección civil como componente estructural de la institución constituye una vía tanto para garantizar la

seguridad de sus alumnos actuales como para formar a los futuros promotores de entornos seguros en el sector productivo y en sus propios hogares. Este capítulo responde a esta necesidad mediante el desarrollo de un modelo de transferencia tecnológica que cumpla con la normatividad vigente y transforme a los institutos tecnológicos en espacios seguros y en referentes de la cultura de prevención para las generaciones venideras.

Objetivos

Objetivo general. Elaborar y aplicar un prototipo estandarizado de Programa Interno de Protección Civil para los 266 institutos que conforman el Tecnológico Nacional de México, fundamentado en la investigación del nivel de avance de la protección civil en dichas instituciones.

Objetivos específicos.

1. Realizar una investigación sobre la situación actual del desarrollo de la protección civil en una muestra representativa de los 266 institutos del Tecnológico Nacional de México.
2. Coadyuvar al cumplimiento de la normatividad en materia de protección civil al interior de los institutos del sistema, mediante la elaboración de un prototipo y protocolo propio para la aplicación de programas internos.
3. Promover el desarrollo de una cultura de autoprotección que mejore las condiciones de resiliencia de las comunidades tecnológicas, mediante la capacitación de las brigadas internas de protección civil y el desarrollo de planes de contingencia, simulacros y equipamiento básico en al menos cuatro institutos del estado de Guerrero, ubicados en zona sísmica severa.

Marco teórico

El desarrollo de programas internos de protección civil en México responde a un marco normativo específico. La Ley General de Protección Civil establece la obligatoriedad de contar con una unidad interna y un programa correspondiente para las instituciones con afluencia masiva de personas (Congreso de la Unión, 2014), complementada por la Guía Técnica para la Elaboración e Instrumentación de Programas Internos de Protección Civil (Sistema Nacional de Protección Civil, 2000), la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEGOB-2011 sobre señales y avisos de protección civil (Poder Ejecutivo Federal, 2011), y los Lineamientos para la Implementación de Programas Internos de Protección Civil emitidos por el propio Sistema Nacional (2011).

Este marco normativo responde a un perfil de riesgo particularmente elevado: la diversidad geográfica de México lo expone a terremotos, actividad volcánica, maremotos, huracanes, incendios, inundaciones, deslaves y sequías, fenómenos que afectaron a aproximadamente 60 millones de personas entre 1970 y 2009 y que sitúan al país entre las treinta naciones del mundo más expuestas a tres o más tipos de peligros naturales (Secretaría de Gobernación, 2012).

El Sistema Nacional de Protección Civil se organizó precisamente a raíz de los sismos de 1985, y su estructura y funcionamiento en los niveles federal, estatal y municipal, así como la participación de los sectores público, privado y social, han evolucionado y se han fortalecido desde entonces (Zepeda Ramos, 2014).

En términos estructurales, un Programa Interno de Protección Civil se organiza convencionalmente en tres subprogramas aplicables antes, durante y después de una eventualidad: prevención, auxilio y recuperación (Secretaría de Educación de Veracruz, 2013).

Esta estructura se articula, a su vez, en tres componentes operativos: un plan operativo para la unidad interna de protección civil, de naturaleza operativa; un plan para la continuidad de operaciones, de naturaleza funcional; y un plan de contingencias, de naturaleza geográfica, orientados respectivamente al diseño y ejecución de medidas preventivas y de respuesta, y a la recuperación institucional posterior a la emergencia (Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, 2013).

El análisis de riesgos constituye un elemento central de este proceso. La literatura especializada en gestión del riesgo advierte que la vulnerabilidad ante los desastres no se explica únicamente por factores estructurales, como la ausencia de tecnologías sismorresistentes, sino por la confluencia de factores económicos, organizativos, políticos, institucionales, ecológicos e ideológicos, noción sintetizada en el concepto de "vulnerabilidad global" (Briones, 2012).

Esta perspectiva integral es consistente con el enfoque adoptado por el CENAPRED, que subraya la necesidad de esquemas operativos que preparen organizativamente a la población para la fase de prevención y mitigación, entendida como el conjunto de acciones orientadas a identificar y reducir los riesgos antes de la ocurrencia del fenómeno (Zepeda Ramos, 2014). En el plano institucional, los planes de protección civil constituyen los instrumentos mediante los cuales las administraciones municipal, estatal y federal establecen los riesgos potenciales, coordinan los recursos humanos y materiales disponibles, y determinan las funciones de colaboración en el estudio de riesgos, la divulgación de planes de autoprotección y el mantenimiento de los programas frente a riesgos específicos.

Metodología

El estudio adopta un diseño de investigación exploratoria, orientado a identificar el nivel de avance en materia de programas internos de protección civil en los distintos institutos del sistema. La investigación se desarrolla sobre una muestra de 157 de los 266 institutos tecnológicos centralizados y descentralizados de México, calculada con un nivel de confianza del 95 % y un margen de error del 5 %. La colaboración de cada instituto se solicita por oficio, y el instrumento de recolección de datos, un cuestionario digital de ocho preguntas, junto con los datos generales de cada institución se aplica vía correo electrónico con apoyo de los docentes y estudiantes participantes en el proyecto.

A partir de los resultados de esta primera fase se desarrolla un prototipo de Programa Interno de Protección Civil, considerando el nivel de cobertura de la protección civil identificado a nivel nacional en cada instituto, y se proponen los esquemas básicos de planes de emergencia conforme a los riesgos más comunes detectados.

El prototipo se somete a un piloteo en cuatro institutos del estado de Guerrero, que incluye la capacitación del personal que conformará las distintas brigadas de protección civil.

Finalmente, el proyecto contempla la implantación integral del prototipo, del esquema de planes de emergencia y del equipamiento correspondiente en el Instituto Tecnológico de Iguala, instituto de alta vulnerabilidad por su ubicación en zona sísmica severa, con el propósito de documentar un caso de aplicación completo que permita medir su impacto en la comunidad como modelo para investigaciones sucesivas y como base para gestionar el apoyo del Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) a nivel federal para su implementación en el resto del sistema.

Resultados esperados e impacto esperado

El proyecto se desarrolla en cinco fases entre junio y febrero. Entre junio y julio se asignan responsabilidades al equipo de trabajo, se depura el cuestionario y se reúne la información de los institutos tecnológicos participantes.

Entre agosto y octubre se aplican las encuestas a la muestra nacional. Entre noviembre y diciembre se concentra, procesa y analiza la información recabada, en paralelo con el desarrollo y validación del prototipo de Programa Interno de Protección Civil (octubre-diciembre).

Entre enero y febrero se lleva a cabo el piloteo del prototipo en los cuatro institutos seleccionados del estado de Guerrero. Como productos comprometidos se prevén una tesis de maestría concluida, la incorporación de dos estudiantes de licenciatura mediante servicio social o créditos complementarios, la participación de dos alumnos residentes, un artículo de divulgación, una memoria en congreso, y el registro del prototipo desarrollado.

El impacto esperado del proyecto se despliega en tres niveles. En el nivel institucional, la obtención del prototipo permite la transferencia tecnológica de conocimientos de seguridad aplicables a la prevención y mitigación del impacto de fenómenos naturales al interior del sistema TecNM, con una fase de capacitación técnica en sitio en al menos cuatro institutos del estado de Guerrero como piloto del modelo.

En el nivel diagnóstico, la investigación a nivel nacional permite identificar las condiciones actuales de protección civil en los institutos del sistema, generando conciencia sobre el nivel de preparación de la educación superior pública frente a emergencias.

En el nivel social, el proyecto contribuye a instalar la cultura de la protección civil entre las generaciones que se incorporarán próximamente al sector productivo del país, con un beneficio proyectado a nivel nacional dado el incremento sostenido de fenómenos perturbadores y los elevados costos asociados a la recuperación de sus impactos.

Referencias

- Briones, C. F. (2012). *Perspectivas de investigación y acción frente al cambio climático en Latinoamérica*. La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en Latinoamérica.
- Congreso de la Unión. (2014). *Ley General de Protección Civil*. Diario Oficial de la Federación.
- Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales. (2013). *Programa Interno de Protección Civil*.
- Poder Ejecutivo Federal. (2011). *Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEGOB-2011: Señales y avisos para protección civil*. Secretaría de Gobernación.
- Secretaría de Educación de Veracruz. (2013). *Programa Escolar de Protección Civil*. Gobierno del Estado de Veracruz.
- Secretaría de Gobernación. (2012). *Programa Interno de Protección Civil*. http://sitios.segob.gob.mx/en/ProteccionCivil/Programa_interno_de_proteccion_civil
- Secretaría de Gobernación & Banco Mundial. (2012). *FONDEN: El Fondo de Desastres Naturales de México: una reseña*. SEGOB / Banco Mundial.
- Sistema Nacional de Protección Civil. (2000). *Guía técnica para la elaboración e instrumentación del Programa Interno de Protección Civil*. Secretaría de Gobernación.
- Sistema Nacional de Protección Civil. (2011). *Lineamientos para la implementación de programas internos de protección civil*. Secretaría de Gobernación.
- Universidad Estatal de Veracruz. (2010). *Curso Programa Interno de Protección Civil*. Gobierno del Estado de Veracruz.
- Zepeda Ramos, O. (2014). *Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos*. Centro Nacional de Prevención de Desastres, Secretaría de Gobernación.

Colección de protocolos de investigación

CIERRE DE LA OBRA

protocolos de investigación financiados en México

Conclusiones generales

"Hacer visible cómo se piensa, se argumenta y se financia la investigación científica en México es, en sí mismo, una forma de fortalecer el ecosistema que la hace posible."

Dra. Luz María Ramírez Sandoval
Secretaría de Educación Pública (SEP)

Protocolos de investigación financiados en México

Los catorce protocolos reunidos en esta obra permiten trazar un retrato compuesto de la investigación científica financiada en México durante un período de siete años. No es un retrato exhaustivo, ningún volumen de esta naturaleza podría serlo, pero sí es representativo de una forma particular de hacer ciencia: situada en el territorio, articulada con instituciones de educación superior de alcance regional, y orientada tanto a la generación de conocimiento como a su aplicación inmediata en comunidades y organizaciones concretas.

Al observar el conjunto de la obra, emergen patrones que trascienden las cuatro partes en que se organizó el material. El primero es metodológico: la mayoría de los protocolos adoptan diseños mixtos, combinando instrumentos cuantitativos, cuestionarios estructurados, sensores, algoritmos de aprendizaje automático, con técnicas cualitativas, entrevistas, grupos focales, observación participante. Esta convergencia no responde a una moda metodológica, sino al reconocimiento compartido de que los problemas abordados en esta obra, desde el bienestar psicosocial de un estudiante de ingeniería hasta la gobernanza comunitaria del agua, no se dejan capturar por un solo tipo de dato. Medir es necesario, pero no basta: comprender el significado que los actores atribuyen a sus circunstancias resulta igualmente indispensable para diseñar intervenciones pertinentes. El segundo patrón es la centralidad de la tecnología como instrumento de intervención social, más que como fin en sí misma. El Internet de las Cosas aplicado al riego de la soya, el procesamiento de lenguaje natural para detectar señales de ansiedad y depresión, las aplicaciones móviles para la prevención del embarazo adolescente, la robótica como puerta de entrada a la ciudadanía científica infantil: en todos los casos, la tecnología funciona como mediadora entre el conocimiento científico y una necesidad humana concreta, nunca como protagonista aislada del problema que pretende resolver. Este uso instrumental y situado de la tecnología distingue a los protocolos de esta obra de un enfoque tecnocéntrico que celebra la innovación por sí misma, sin preguntarse a quién sirve.

El tercer patrón es la persistencia de la perspectiva de género como eje analítico, no como añadido retórico. Se manifiesta con explicitud en los capítulos sobre gobernanza del agua, divulgación de geociencias, robótica inclusiva y prevención del embarazo adolescente, y de manera más implícita en el resto de la obra, en la atención sostenida a poblaciones estructuralmente desfavorecidas: infancias rurales, adolescentes, microempresarios, trabajadores de microempresas sin protección normativa, estudiantes universitarios bajo presión psicosocial. La ciencia que documenta esta obra no es neutra respecto a quién se beneficia de sus resultados, y esa toma de posición, hecha explícita en el diseño de cada protocolo, no impuesta después, constituye una de sus contribuciones más consistentes.

Un cuarto patrón, menos evidente pero igualmente relevante, es la geografía institucional que sostiene esta producción científica. Los catorce protocolos provienen de instituciones que rara vez ocupan un lugar destacado en los rankings internacionales de investigación: institutos tecnológicos regionales del Tecnológico Nacional de México en Lerdo, Iguala y La Laguna; centros de investigación de universidades autónomas estatales en Coahuila, Durango y Baja California; colegios agropecuarios y organizaciones civiles locales. Esta geografía no es incidental. Demuestra que la capacidad de generar conocimiento científico competitivo, capaz de superar procesos de evaluación por pares y obtener financiamiento en convocatorias nacionales, no está concentrada exclusivamente en los grandes centros metropolitanos del país, sino distribuida en una red de instituciones que, con recursos comparativamente modestos, sostienen agendas de investigación pertinentes para sus regiones.

Leídas en conjunto, las cuatro partes de la obra dibujan además una progresión temática coherente. La Parte I sitúa el problema en el origen del proceso educativo: qué condiciones psicosociales, tecnológicas y económicas determinan que un estudiante aprenda, se forme como ciudadano crítico o adquiera herramientas financieras básicas. La Parte II traslada la mirada hacia el territorio y sus recursos, mostrando que la sustentabilidad ambiental exige

tanto rigor técnico como diálogo con las comunidades que dependen de esos recursos. La Parte III regresa al individuo, pero ahora en clave de salud y bienestar, evidenciando que las condiciones de vida, laborales, emocionales, reproductivas, no son asuntos privados sino estructuras sociales susceptibles de intervención pública. La Parte IV, finalmente, cierra el ciclo con la transferencia tecnológica, recordando que el conocimiento científico solo completa su función social cuando se traduce en prototipos, sistemas y protocolos que otros pueden usar, adaptar y replicar.

Esta progresión, de la formación a la sustentabilidad, de la sustentabilidad al bienestar, del bienestar a la transferencia, no fue impuesta de manera artificial sobre el material disponible; emergió del análisis conjunto de los catorce protocolos como una lógica interna que probablemente refleja las prioridades de investigación aplicada más urgentes para las instituciones de educación superior pública mexicanas en la actualidad: formar mejor, cuidar el territorio, cuidar a las personas, y devolver ese cuidado a la sociedad en forma de herramientas concretas.

Para el lector que se acerca a esta obra en busca de un modelo replicable de propuesta de investigación, conviene subrayar una última observación. Ninguno de los catorce protocolos aquí reunidos alcanzó la perfección metodológica en su versión original: el proceso editorial descrito en la introducción de esta obra identificó inconsistencias de citación, referencias incompletas, secciones redundantes y, en más de un caso, información faltante que requirió consulta directa con los equipos de investigación. Esto no disminuye el mérito de los protocolos; al contrario, lo confirma. La investigación científica competitiva no exige perfección en cada detalle formal, sino solidez en su argumento central, coherencia entre problema y método, y pertinencia social demostrable. Es esa combinación, no la ausencia de imperfecciones, la que estos catorce equipos de investigación lograron sostener ante comités evaluadores exigentes, y es esa misma combinación la que esta obra pone a disposición de quienes se preparan para intentarlo por primera vez.

La ciencia que documenta este libro seguirá su curso más allá de estas páginas: los modelos predictivos se refinarán con nuevos datos, los prototipos se probarán en condiciones reales, las comunidades con las que trabajaron estos equipos evaluarán si las promesas de cada protocolo se tradujeron en beneficios tangibles. Esta obra no pretende cerrar esas historias, sino abrirlas a un público más amplio, con la convicción de que hacer visible cómo se piensa, se argumenta y se financia la investigación científica en México es, en sí mismo, una forma de fortalecer el ecosistema que la hace posible.

Dra. Luz María Ramírez Sandoval
Coordinadora
Secretaría de Educación Pública

Colección de protocolos de investigación

CIERRE DE LA OBRA

protocolos de investigación financiados en México

Lista de abreviaturas y siglas

Glosario de términos institucionales, técnicos y metodológicos utilizados a lo largo de los catorce capítulos de esta obra.

TecNM · NOM · IoT · OMS · SECIHTI
MESMIS · CONAPO · INEGI · SEMARNAT

Protocolos de investigación financiados en México

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

- AIMMGM** — Asociación de Mineros Metalúrgicos y Geólogos de México
- APRN** — Área de Protección de los Recursos Naturales
- BDI-II** — Inventario de Depresión de Beck II
- CANACINTRA** — Cámara Nacional de la Industria de la Transformación
- CENAPRED** — Centro Nacional de Prevención de Desastres
- CIGA** — Centro de Investigación en Geociencias Aplicadas
- CONANP** — Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
- CONAPO** — Consejo Nacional de Población
- CRISP-DM** — *Cross-Industry Standard Process for Data Mining*
- DASS-21** — *Depression, Anxiety and Stress Scale* (21 ítems)
- FONDEN** — Fondo de Desastres Naturales
- GAD-7** — *Generalized Anxiety Disorder* (7 ítems)
- GEPEA** — Grupo Estatal para la Prevención del Embarazo en Adolescentes
- INDAUTOR** — Instituto Nacional del Derecho de Autor
- INEGI** — Instituto Nacional de Estadística y Geografía
- INEVAP** — Instituto de Evaluación de Políticas Públicas del Estado de Durango
- IoT** — Internet de las Cosas (*Internet of Things*)
- ISI-7** — *Insomnia Severity Index* (7 ítems)
- KNN** — *K-Nearest Neighbors*
- LMS** — Sistema de Gestión del Aprendizaje (*Learning Management System*)
- MESMIS** — Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sustentabilidad
- MQTT** — *Message Queuing Telemetry Transport*

NLP — Procesamiento de Lenguaje Natural (*Natural Language Processing*)

NOM — Norma Oficial Mexicana

ODS — Objetivos de Desarrollo Sostenible

OIT — Organización Internacional del Trabajo

OMS — Organización Mundial de la Salud

PHQ-9 — *Patient Health Questionnaire* (9 ítems)

PLC — Controlador Lógico Programable (*Programmable Logic Controller*)

PWA — Aplicación Web Progresiva (*Progressive Web App*)

QIIME2 — *Quantitative Insights Into Microbial Ecology 2*

SECIHTI — Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación

SEMARNAT — Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

SINAPROC — Sistema Nacional de Protección Civil

STPS — Secretaría del Trabajo y Previsión Social

SVM — Máquinas de Vectores de Soporte (*Support Vector Machines*)

TecNM — Tecnológico Nacional de México

TIC — Tecnologías de la Información y la Comunicación

UAdeC — Universidad Autónoma de Coahuila

UJED — Universidad Juárez del Estado de Durango

XGBoost — *Extreme Gradient Boosting*

COLECCIÓN DE PROTOCOLOS DE INVESTIGACIÓN

CIENCIA QUE SE FINANCIA

*Arquitectura de Protocolos de Investigación
exitosos en México*

Catorce protocolos de investigación financiados en convocatorias nacionales entre 2018 y 2025, seleccionados y editados para mostrar, con evidencia real, cómo se diseña una propuesta de investigación capaz de superar la evaluación por pares y obtener financiamiento.

Organizados en cuatro partes —educación e innovación, sustentabilidad ambiental, salud y bienestar, e ingeniería aplicada—, los capítulos recorren instituciones públicas de todo el país, desde comunidades rurales de Coahuila y Guerrero hasta laboratorios de metalurgia en La Laguna.

ESTA OBRA OFRECE

- Catorce protocolos reales, dictaminados y financiados
- Un modelo replicable de diseño de investigación
- Referentes metodológicos mixtos, actuales y diversos
- Perspectiva de género y compromiso social aplicado

COORDINADORAS DE LA OBRA

Dra. Karla Verónica Rodríguez Lozano · Tecnológico Nacional de México

Dra. María de los Ángeles Bárcenas Nava · Tecnológico Nacional de México

Dra. Luz María Ramírez Sandoval · Secretaría de Educación Pública