

Entorno Académico

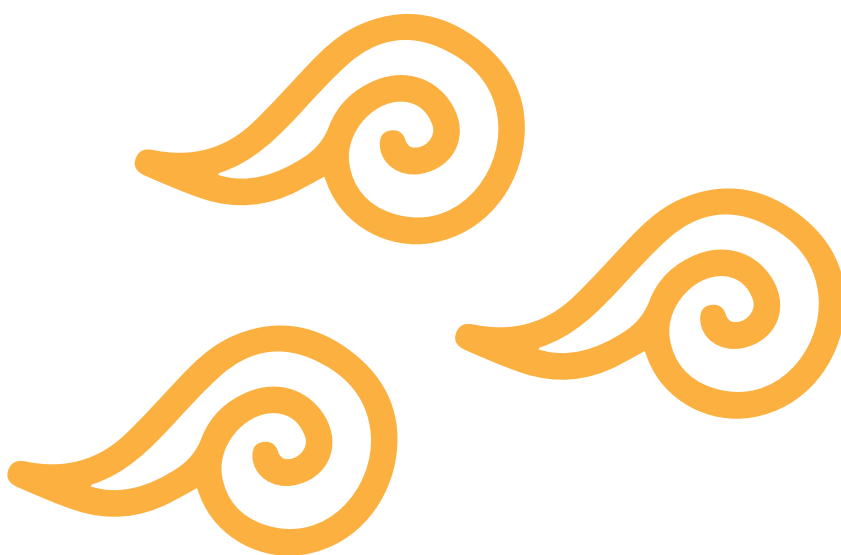
Revista arbitrada
del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme



Educación
Secretaría de Educación Pública

AÑO 20 / No. 27 / Diciembre de 2025





Prólogo

Es un honor presentar el Número 27 de la revista Entorno Académico, integrado por quince artículos que reflejan el compromiso del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme con la investigación, la innovación y la generación de soluciones pertinentes para los desafíos actuales de nuestra región. Esta edición destaca por su diversidad temática y por el rigor metodológico que caracteriza a cada una de las contribuciones.

Los trabajos incluidos abarcan líneas educativas, tecnológicas, ambientales y sociales. Se presentan estudios orientados a fortalecer competencias en estudiantes de ingeniería, propuestas para la mejora continua de procesos industriales, desarrollos en hardware, software y realidad aumentada, así como análisis en telecomunicaciones y automatización basados en datos. Estas investigaciones evidencian la relevancia de la transformación digital en el ámbito académico y productivo.

Asimismo, se incluyen aportaciones sobre sustentabilidad, como la creación de sumideros de carbono, la problemática de fármacos en cuerpos de agua y proyectos de innovación educativa con enfoque ambiental. De igual forma, los artículos que abordan la cultura organizacional, el marketing digital con perspectiva de género y el diseño participativo en espacios urbanos amplían la comprensión de fenómenos sociales contemporáneos.

De especial interés resulta el análisis sobre la normatividad y certificaciones de mini vehículos eléctricos en México, un tema emergente que vincula tecnología, movilidad y políticas públicas.

Confiamos en que esta edición será de provecho para la comunidad académica y para quienes buscan perspectivas actuales y fundamentadas sobre los retos de nuestro entorno. Entorno Académico reafirma así su misión de divulgar conocimiento científico y tecnológico que contribuya al desarrollo regional y nacional.

Respetuosamente,
Comité Editorial



Directorio

DIRECTORIO GENERAL

Mtro. Mario Delgado Carrillo
Secretario de Educación Pública

Dr. Ricardo Villanueva Lomelí
Subsecretario de Educación Superior

Mtro. Ramón Jiménez López
Director General del Tecnológico
Nacional de México

Mtro. Manuel Chávez Sáenz
Director de Institutos Tecnológicos
Descentralizados

Lic. Froylán Gámez Gamboa
Secretario de Educación y Cultura
del Gobierno del Estado de Sonora

Dr. Rodolfo Basurto Álvarez
Subsecretario de Educación Media Superior
y Superior de la SEC del Estado de Sonora

C.P. Rodrigo Flores Hurtado
Subsecretario de Planeación y Administración
de la SEC del Estado de Sonora

Dr. Ricardo Aragón Pérez
Subsecretario de Educación Básica de la SEC en el
Estado de Sonora

DIRECTORIO INSTITUCIONAL

Lic. Margarita Vélez de la Rocha
Directora General

Dr. Juan Enrique Palomares Ruiz
Dirección Académica

Mtra. Dora Luz López
Dirección de Vinculación

Mtro. Hiram Álvarez Velázquez
Subdirección Académica

Mtro. Juan Grijalva Tapia
Subdirección de Posgrado e Investigación

Mtra. Elda Kisai Castelo Mendoza
Subdirección de Vinculación

Lic. María Zoulet Carrasco Medina
Subdirección de Servicios Administrativos

Mtra. Berenice Agüero Flores
Subdirección de Planeación

Ing. Tadio Eugenio Terán Serrano
Dpto. de Tecnología de Información y Comunicación

M.I. Guadalupe Vásquez Chávez
Departamento de Calidad

Mtro. Juan Grijalva Tapia
Jefe de departamento de Posgrado e Investigación

Dr. Marcos Alan Cota Leal
Responsable de Especialidad en Semiconductores

Mtra. Ana Karen Rodríguez Olea
División de Ingeniería Ambiental

Mtro. Iván Oswaldo Luna Rodríguez
División de Ingeniería Electrónica

Mtra. Anabel Gutiérrez Espinoza
División de Ingeniería en sistemas computacionales

Ing. Victor Manuel Ochoa Estrella
División de Ingeniería Industrial

Mtra. Luz Nataly Flores Armendariz
División de Ingeniería Mecánica

Ing. José Manuel Romero Balderrama
División de Arquitectura

Dra. Sara Lizette Sonqui Amador
División de Ingeniería en Gestión Empresarial

Mtro. Ricardo Ruíz Moroyoqui
División de Ciencias Básicas

Mtro. César Guadalupe González Parra
División de Ingeniería en Geociencias

Dra. Evelyn Peña Escárcega
División de Licenciatura en Administración

Dr. Horacio Valenzuela Martínez
Responsable de Maestría en Ing. Mecatrónica

Mtra. Lilliana García Peralta
Coordinación de Idiomas

COMITÉ DE PRODUCCIÓN

Dr. Juan Enrique Palomares
Editor responsable

Dra. María Luisa López Roa
Editor Ejecutivo

Lic. Jonathan Alberto Monteverde López
Responsable de Diseño y Producción Digital

COLABORADORES

Dr. Ángel Rodríguez Soto, Pontificia
Universidad Católica de Valparaíso, Chile

Dr. Armando Alberto León López,
Tecnológico Nacional de México / Centro
Interdisciplinario de Investigación y
Docencia en Educación Técnica

Dr. Joan Oswald O'Connor Blanco, Instituto
Nacional de Tecnología, Brasil

Dr. José Manuel Cortez Valadez,
Universidad de Sonora

Dr. Pierre Giovanni Mani González,
Universidad de Ciudad Juárez

Dr. Sergio Ochoa Jiménez, Instituto
Tecnológico de Sonora

Dra. Beatriz Alicia Leyva Osuna, Instituto
Tecnológico de Sonora

ENTORNO ACADÉMICO, año 20, No. 27, Diciembre 2025.

es una publicación semestral editada por el Instituto
Tecnológico Superior de Cajeme,
Carretera Internacional a Nogales Km. 2, Col. Amaneceres 2,
Cajeme, Sonora, C.P. 85024, Tel. 01 64 44 10 86
50, www.itesca.edu.mx, jepalomares@itesca.edu.mx.
Editor responsable: Dr. Juan Enrique Palomares
ISSN: 2448-7635, otorgado por el Instituto Nacional del
Derecho de Autor.

Responsable de la última actualización de este número,
Lic. Jonathan Alberto Monteverde López, Comunicación
Social del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.
Fecha de última modificación, Junio 2025.
Las opiniones expresadas por los autores no
necesariamente reflejan la postura del editor de la
publicación.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de los
contenidos e imágenes de la publicación sin previa
autorización del Instituto Tecnológico Superior de
Cajeme.

COMITÉ EDITORIAL

Dr. Alberto Ramírez Treviño
Dr. Baldomero Lucero Velázquez
Dr. Horacio Valenzuela Martínez
Dr. José Humberto Salguero Antelo
Dr. Juan Enrique Palomares Ruiz
Dr. Miguel Ángel Hernández Rosales
Dr. Omar Chávez López
Dra. Manuela Ruiz Castro
Dra. Miriam Orrantía López
Dra. Rocío Grajeda Caballero
Mtro. Oswaldo Espinoza Millán

Índice

IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO TALENTO EMPRENDEDOR EN ITESCA: UNA ESTRATEGIA INSTITUCIONAL PARA EL DESARROLLO TRANSVERSAL DE COMPETENCIAS EMPRENDEDORAS	05
HABILIDADES DE COMPRENSIÓN LECTORA EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	11
PERPETUACIÓN DE ESTEREOTIPOS DE GÉNERO EN EL MARKETING DIGITAL: ESTUDIO REFLEXIVO DESDE LA INDUSTRIA DEL SKINCARE	17
DISEÑO DE INTERFAZ Y RA PARA EXPERIENCIAS CULTURALES EN CAJEME	24
PRIORIDADES COMUNITARIAS SOBRE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA: DISEÑO PARTICIPATIVO DE UN PARQUE URBANO EN CIUDAD OBREGÓN, SONORA	31
IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE HARDWARE Y SOFTWARE CÓDIGO ABIERTO PARA EL DISEÑO DE PLC-ARDUINO CON ESTÁNDAR INDUSTRIAL.	37
VIVERO ANIA: UNA PROPUESTA DE INNOVACIÓN EDUCATIVA PARA LA SUSTENTABILIDAD INSTITUCIONAL Y COMUNITARIA	43
FÁRMACOS EN CUERPOS DE AGUA: UN RETO AMBIENTAL Y SANITARIO EN MÉXICO	48
SUMIDERO DE CARBONO URBANO EN UN ESPACIO EDUCATIVO	53
NORMATIVIDAD Y CERTIFICACIONES PARA LA CIRCULACIÓN DE MINI VEHÍCULOS ELÉCTRICOS: RETOS Y OPORTUNIDADES EN MÉXICO	62

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (5 – 10)

IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO TALENTO EMPRENDEDOR EN ITESCA: UNA
ESTRATEGIA INSTITUCIONAL PARA EL DESARROLLO TRANSVERSAL DE
COMPETENCIAS EMPRENDEDORAS

Belinda Virginia Lamadrid Bours¹, Miguel Ángel Hernández Rosales², María Luisa López Roa³,
Magda Lorenia Zazueta Lizárraga⁴

¹División de la Licenciatura en Administración, Tecnológico Nacional de México / ITS de Cajeme, CP 85024, Sonora, México
Correos electrónicos: blamadrid@itesca.edu.mx, mhernandez@itesca.edu.mx, mlopez@itesca.edu.mx, mzazueta@itesca.edu.mx

Resumen -- El presente artículo, sigue una metodología cualitativa- descriptiva con el propósito de describir el proceso de diseño, integración e implementación del Programa del Modelo Talento Emprendedor (MTE) del Tecnológico Nacional de México (TecNM) [1] en la curricula del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme (ITESCA). Este modelo promueve la formación de estudiantes con pensamiento crítico, innovador y con sentido social, mediante el desarrollo de competencias emprendedoras que permitan generar soluciones sostenibles e impactar positivamente en su entorno [2].

El programa, fue adaptado a las condiciones institucionales de ITESCA a través de un esquema híbrido. Su implementación incluyó el diseño de un manual institucional y una programación de actividades de quince semanas, orientadas al fortalecimiento del liderazgo, la creatividad, la gestión de proyectos y la innovación tecnológica [3].

El modelo educativo resultante se articula con los créditos complementarios de los programas de licenciatura e ingeniería, integrando una metodología de investigación-acción que coloca al docente como facilitador del aprendizaje y al estudiante como agente activo de innovación [4]. El MTE-ITESCA demuestra que la educación tecnológica puede incorporar estrategias efectivas para fomentar el emprendimiento y la innovación educativa, en congruencia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible 4, 8 y 9 [5].

Palabras Clave: Emprendimiento, innovación, docencia, educación tecnológica, Modelo Talento Emprendedor, TecNM.

Abstract -- This article analyzes the design, integration, and implementation process of the Entrepreneurial Talent Model Program (MTE) at the Instituto Tecnológico Superior de Cajeme (ITESCA), based on the approach of the National Technological Institute of Mexico (TecNM) [1]. The model promotes the training of students with critical, innovative, and socially responsible thinking through the development of entrepreneurial competencies

aimed at generating sustainable solutions and a positive impact on their environment [2].

The program, grounded in TecNM's MTE framework, was adapted to ITESCA's institutional context through a hybrid scheme combining two face-to-face hours and two virtual hours per week. Its implementation included the design of an institutional manual and a fifteen-week schedule focused on strengthening leadership, creativity, project management, and technological innovation [3].

The resulting educational model is articulated with the complementary credits of undergraduate and engineering programs, integrating an action-research methodology that positions the teacher as a learning facilitator and the student as an active agent of innovation [4]. The MTE-ITESCA demonstrates that technological education can incorporate effective strategies to foster entrepreneurship and educational innovation, in alignment with Sustainable Development Goals 4, 8, and 9 [5].

Key words – Entrepreneurship, innovation, technological education, Entrepreneurial Talent Model, TecNM

INTRODUCCIÓN

El Tecnológico Nacional de México (TecNM) ha consolidado, en los últimos años, una política educativa enfocada en fortalecer el espíritu emprendedor, la innovación y la transferencia tecnológica dentro de sus instituciones de educación superior tecnológica [1]. A partir del año 2021, se impulsa el Modelo de Talento Emprendedor (MTE) como una estrategia nacional para integrar el emprendimiento como eje transversal de la formación profesional [2]. Este modelo propone que el estudiante desarrolle competencias emprendedoras, entendidas como la combinación de conocimientos, habilidades, actitudes y valores necesarios para transformar ideas en proyectos sostenibles con impacto económico, social y ambiental [3]. De acuerdo con el TecNM [4], el MTE contribuye a la formación integral mediante la aplicación de metodologías activas que estimulan la creatividad, la innovación, la resolución de problemas y el trabajo colaborativo.

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (5 – 10)

En este contexto, el Instituto Tecnológico Superior de Cajeme (ITESCA), como parte del sistema TecNM, diseñó e implementó su propio programa institucional basado en el MTE, adaptado a las condiciones y necesidades locales. Este programa responde al compromiso del ITESCA de fortalecer la cultura emprendedora e innovadora dentro de la comunidad tecnológica, articulando la docencia, la investigación y la vinculación con el sector productivo [5].

El objetivo del presente artículo es describir y documentar el proceso de diseño e integración del Programa del Modelo Talento Emprendedor en el ITESCA, enfatizando su enfoque pedagógico, metodológico y organizativo. Asimismo, se busca destacar su relevancia como una experiencia educativa replicable en otras unidades académicas del TecNM, por su capacidad de generar aprendizajes significativos y resultados tangibles en materia de innovación y emprendimiento estudiantil [6].

DESARROLLO

El ITESCA ha promovido durante más de dos décadas programas de vinculación, innovación y formación tecnológica en el noroeste de México. En 2024, la institución decidió fortalecer su eje de emprendimiento mediante la adopción del Modelo de Talento Emprendedor del TecNM, alineado con su Modelo Educativo para el Siglo XXI. La propuesta institucional planteó incorporar el MTE dentro de los créditos complementarios, permitiendo que todos los estudiantes, sin importar su carrera, desarrollaran proyectos de innovación y emprendimiento como parte de su formación integral. De esta manera, se consolidó un enfoque curricular flexible y transversal, aplicable tanto en las áreas de ingeniería como en las licenciaturas administrativas.

Metodología

Bajo el esquema descriptivo, el diseño del Programa del Modelo Talento Emprendedor en el ITESCA se basó en un enfoque cualitativo y participativo, sustentado en la investigación-acción educativa, que según Muñoz [12], permite a las instituciones sistematizar experiencias y generar conocimiento a partir de la práctica docente. Esta metodología promueve la reflexión colectiva y la mejora continua de los procesos de enseñanza-aprendizaje, integrando la innovación como un eje transversal.

De acuerdo con el TecNM [1], la implementación del Modelo Talento Emprendedor requiere que cada institución adapte el programa a su contexto particular, respetando los principios fundamentales del modelo:

formación en competencias, aprendizaje activo, emprendimiento sostenible e innovación social. Con base en esta guía, el ITESCA diseñó un programa híbrido compuesto por dos horas presenciales y trabajo extra-clase en formato virtual de forma semanal, con una duración total de quince semanas, lo que permitió equilibrar la práctica colaborativa y el aprendizaje autónomo del estudiante [13].

El proceso de diseño e implementación del Modelo Talento Emprendedor (MTE) en el Instituto Tecnológico Superior de Cajeme (ITESCA) se desarrolló en cinco etapas secuenciales. En primer lugar, se identificó la ausencia de un programa institucional que integrara el emprendimiento de forma transversal en todos los programas académicos. Posteriormente, se revisó el Modelo nacional del Tecnológico Nacional de México (TecNM) y se adaptaron sus lineamientos metodológicos y pedagógicos al contexto local. En una tercera etapa, se diseñó un programa híbrido de quince semanas, combinando trabajo presencial y virtual, estructurado en cuatro fases: sensibilización, diseño, desarrollo y validación. En la cuarta etapa se llevó a cabo la implementación piloto, con la participación de 14 grupos, 31 docentes facilitadores y 242 estudiantes, bajo el seguimiento del Comité del Modelo Talento Emprendedor (CMTE). Finalmente, se realizó la evaluación y ajuste del programa, generando los documentos oficiales —el *Manual para la Implementación del Modelo Talento Emprendedor 2025* y el *Programa de Actividades*— que consolidan al MTE como una estrategia institucional transversal para el desarrollo de competencias emprendedoras en toda la comunidad estudiantil.

El esquema operativo del Modelo en el aula, se estructuró en cuatro fases estratégicas, orientadas al acompañamiento progresivo de los proyectos emprendedores:

1. Fase I – Sensibilización y planeación: se introducen los conceptos de emprendimiento, liderazgo y pensamiento creativo. Se promueven dinámicas grupales para fortalecer la confianza y la comunicación entre los participantes.
2. Fase II – Diseño de la propuesta de valor: los estudiantes emplean herramientas como el modelo CANVAS, la observación del entorno y la metodología de Design Thinking para desarrollar soluciones innovadoras con enfoque social [14].
3. Fase III – Desarrollo del proyecto: se profundiza en la validación técnica y económica de la idea, fomentando el trabajo interdisciplinario y la asesoría de expertos.

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (5 – 10)

4. Fase IV – Presentación y validación: los equipos presentan sus resultados mediante presentaciones tipo pitch, exposiciones y prototipos funcionales, evaluados por el Comité del Modelo Talento Emprendedor (CMTE) [15].

Estas fases reflejan los principios de aprendizaje experiencial y colaborativo descritos por Barrón [16], quien sostiene que la participación activa y el trabajo en equipo son esenciales para el desarrollo de competencias complejas en entornos educativos. Además, la estructura metodológica se diseñó para preparar a los estudiantes en la documentación requerida por el programa InnovaTecNM, fortaleciendo su capacidad para representar a la institución en eventos regionales y nacionales [17].

Durante la operación del programa, se realizaron cuatro seguimientos institucionales con el comité MTE para evaluar los avances de los equipos, ajustar estrategias y garantizar la coherencia con los objetivos de aprendizaje. Cada seguimiento permitió retroalimentar tanto el progreso de los estudiantes como las prácticas pedagógicas de los docentes facilitadores, convirtiendo el proceso en un espacio de mejora compartida y aprendizaje continuo [18].

Como resultado del proceso de diseño e implementación del programa, el ITESCA elaboró dos instrumentos institucionales fundamentales que formalizan la integración del Modelo Talento Emprendedor a la vida académica: el *Manual para la Implementación del Modelo Talento Emprendedor 2025* y el *Programa de Actividades de 15 Semanas*.

El Manual MTE-ITESCA fue diseñado para servir como una guía metodológica y pedagógica, estableciendo los roles de los docentes facilitadores, los indicadores de evaluación y los criterios de acreditación de créditos complementarios. Según Barrón [16], los manuales institucionales son herramientas que promueven la estandarización de procesos educativos y la mejora continua, al garantizar coherencia entre el modelo educativo y la práctica docente.

El manual incluye orientaciones sobre cómo articular el modelo con los planes de estudio, estrategias de evaluación basadas en el desempeño y lineamientos para el acompañamiento docente durante las cuatro fases del proceso emprendedor. Asimismo, incorpora ejemplos de buenas prácticas desarrolladas en el contexto del ITESCA, permitiendo su replicabilidad en otras instituciones del sistema TecNM [7].

Por su parte, el Programa de Actividades de 15 Semanas define con precisión los contenidos, productos esperados

y metodologías a emplear en cada fase. Este documento materializa la filosofía del MTE al promover un equilibrio entre la teoría y la práctica, fomentando la autonomía del estudiante y la orientación constante del docente [10].

De acuerdo con el TecNM [2], los programas institucionales basados en el MTE deben promover la innovación, la sustentabilidad y la aplicación de tecnologías emergentes en el diseño de soluciones emprendedoras. En este sentido, el Programa del ITESCA se distingue por integrar herramientas digitales, espacios de trabajo colaborativo en línea y un enfoque interdisciplinario que vincula las áreas de ingeniería, administración y ciencias sociales.

La creación de estos documentos fortaleció la capacidad institucional de gestión del conocimiento, consolidando una red de profesores facilitadores del modelo que trabajan de manera coordinada en el Comité del Modelo Talento Emprendedor (CMTE). Este comité no solo supervisa el cumplimiento de los objetivos académicos, sino que también impulsa la formación continua del profesorado mediante talleres de innovación educativa y emprendimiento.

De esta manera, los documentos derivados del proceso — el manual y el programa — se constituyen como evidencia tangible de la innovación educativa institucional y del compromiso del ITESCA con la implementación efectiva del Modelo de Talento Emprendedor del TecNM. Ambos instrumentos representan la convergencia entre la política nacional de emprendimiento educativo y las prácticas docentes locales orientadas al desarrollo de competencias emprendedoras [1,11,17].

El proceso de implementación se realizó durante el primer semestre 2025 con la participación de 14 grupos pertenecientes a las diferentes carreras que ofrece ITESCA. Cada grupo integró el modelo a través de actividades de formación, asesoría y presentación de proyectos en el evento InnovaTecNM 2025. Se realizaron adecuaciones metodológicas al contexto institucional, como la creación de equipos multidisciplinarios, la formación de docentes asesores y la integración del modelo en espacios curriculares específicos. Los resultados institucionales se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados MTE - ITESCA

Carrera	Número de estudiantes	Proyectos presentados
Arquitectura	26	5

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (5 – 10)

Ing. Ambiental	11	3
Ing. Electrónica	7	3
Ing. Geociencias	15	4
Ing. en Gestión Empresarial	33	7
Ing. en Sistemas Computacionales	23	5
Ing. Industrial	42	10
Ing. Mecánica	11	4
Lic. en Administración	74	10
Total	242	51

Fuente. Elaboración propia, con datos obtenidos de la programación de grupos

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

El Modelo de Talento Emprendedor del Tecnológico Nacional de México (TecNM) constituye una estrategia formativa basada en el desarrollo de competencias emprendedoras, sociales y de innovación, alineadas al Modelo Educativo para el Siglo XXI. Este modelo concibe al estudiante como agente de cambio, capaz de generar soluciones sostenibles mediante el aprendizaje activo y la vinculación con su entorno productivo. De acuerdo con la Dirección de Innovación y Emprendimiento del TecNM (2021), el modelo se estructura sobre cinco dimensiones clave: (1) desarrollo personal, (2) pensamiento creativo e innovador, (3) competencias emprendedoras, (4) innovación y transferencia tecnológica, y (5) impacto social y sostenibilidad. Cada institución del TecNM adapta estas dimensiones a su contexto institucional, priorizando metodologías activas como aprendizaje basado en proyectos, design thinking y emprendimiento social. En el caso del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme (ITESCA), la implementación del modelo adquirió un carácter único a nivel nacional, al haberse desarrollado grupos presenciales de trabajo interdisciplinario en todas las carreras, bajo una estructura planificada de dos horas semanales dedicadas exclusivamente al programa. Este formato permitió articular de forma operativa y académica el Modelo de Talento Emprendedor con las asignaturas regulares, fortaleciendo el acompañamiento docente y la vinculación institucional. Durante el ciclo 2025A, los grupos fueron conformados con estudiantes de Arquitectura, Ingenierías y Licenciatura en Administración, quienes desarrollaron proyectos de base tecnológica y social orientados a los sectores estratégicos del país. El trabajo presencial permitió fomentar la

interacción, la creatividad colectiva y la resolución de problemas en escenarios reales, lo que representó un avance importante frente a otros campus del TecNM donde el modelo se había aplicado de manera virtual o aislada. El seguimiento metodológico incluyó sesiones semanales estructuradas en tres fases: (1) Sensibilización y formación (conceptos de innovación y emprendimiento), (2) Ideación y desarrollo de proyectos (uso de herramientas de diseño y planeación), y (3) Presentación y validación (participación en InnovaTecNM 2025 como evento integrador). Esta dinámica consolidó un ecosistema de aprendizaje experiencial en el ITESCA, articulando los esfuerzos de 31 docentes asesores y la participación de 242 estudiantes distribuidos en 14 grupos presenciales.

La implementación piloto del Programa del Modelo Talento Emprendedor (MTE) en el ITESCA se llevó a cabo durante el primer semestre del 2025, logrando involucrar a 14 grupos, 31 docentes y 242 estudiantes provenientes de los nueve programas académicos de la institución. Durante este periodo se observó un incremento significativo en la participación institucional en el certamen InnovaTecNM, pasando de 22 proyectos registrados en 2024 a 51 en 2025, lo que representa un crecimiento del 132 %. Este aumento refleja no solo el impacto positivo del Modelo Talento Emprendedor (MTE) en la comunidad estudiantil, sino también la consolidación de una cultura de innovación aplicada en el ITESCA. De acuerdo con los reportes del Comité del Modelo Talento Emprendedor, la estructura híbrida de trabajo y el acompañamiento docente contribuyeron a mejorar la calidad y viabilidad de las propuestas presentadas, fortaleciendo la representación institucional en las fases regionales y nacionales del concurso InnovaTecNM [7,11]. Estos resultados coinciden con lo establecido por el Tecnológico Nacional de México [1], que sostiene que la adopción del MTE promueve un cambio cultural dentro de las instituciones tecnológicas, impulsando la innovación, la autonomía y el sentido de responsabilidad social en los estudiantes. De acuerdo con Drucker [5], la educación emprendedora no solo busca formar empresarios, sino desarrollar en los individuos la capacidad de identificar oportunidades, gestionar recursos y liderar proyectos con valor agregado, principios que se observan claramente en el caso ITESCA.

Los docentes participantes reportaron una mayor motivación y compromiso pedagógico, al identificar en el MTE una herramienta para fortalecer el aprendizaje activo y la interdisciplinariedad. Este hallazgo se relaciona con los postulados de Barrón [16], quien señala que las metodologías activas promueven la autonomía del

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (5 – 10)

estudiante y el trabajo colaborativo como pilares del desarrollo de competencias.

A nivel institucional, la creación del Comité del Modelo Talento Emprendedor permitió establecer un sistema de seguimiento, acompañamiento y evaluación permanente, garantizando la coherencia entre las actividades académicas y los resultados de aprendizaje. Este enfoque de gestión educativa coincide con la visión del TecNM [4], que propone consolidar comunidades académicas innovadoras como parte del fortalecimiento del ecosistema emprendedor nacional.

En cuanto a la formación estudiantil, a través de los testimonios brindados por el alumnado, los resultados cualitativos muestran avances en liderazgo, comunicación efectiva, creatividad y pensamiento crítico, competencias señaladas por la OCDE [8] como esenciales para la empleabilidad y la innovación en el siglo XXI. La estructura híbrida del programa —dos horas presenciales y trabajo adicional en plataforma institucional— permitió equilibrar el trabajo práctico y teórico, fomentando la autonomía y la autorregulación del aprendizaje.

Desde una perspectiva de impacto social, el MTE-ITESCA contribuye de manera directa al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por la Agenda 2030. En particular, se alinea con el ODS 4 (educación de calidad) al promover una formación basada en competencias; con el ODS 8 (trabajo decente y crecimiento económico) al estimular la creación de proyectos productivos sostenibles; y con el ODS 9 (industria, innovación e infraestructura) al incentivar la aplicación de la tecnología y la investigación aplicada en el desarrollo de soluciones [18,19].

De acuerdo con la UNESCO [18], la educación superior debe asumir un papel protagónico en la promoción de la innovación y la sostenibilidad, articulando el aprendizaje con los desafíos globales. El ITESCA ha respondido a este llamado al integrar el MTE en su modelo educativo, demostrando que el emprendimiento puede convertirse en un vehículo para la transformación social y económica en los contextos locales.

Finalmente, el programa ha fortalecido la presencia del ITESCA en eventos nacionales de innovación, como el *InnovaTecNM*, donde los proyectos desarrollados por sus estudiantes han mostrado pertinencia técnica y compromiso social. Este resultado confirma que la adopción institucional del MTE no solo mejora el desempeño académico, sino que también proyecta una nueva visión de la educación tecnológica mexicana: creativa, colaborativa y con impacto social [7,14].

CONCLUSIONES

La experiencia de implementación del Programa del Modelo Talento Emprendedor (MTE) en el Instituto Tecnológico Superior de Cajeme (ITESCA) representa una evidencia concreta de cómo la educación tecnológica mexicana puede transformarse a través de la innovación y la formación en competencias emprendedoras. El modelo permitió articular la docencia, la vinculación y la investigación aplicada, fortaleciendo la participación activa del estudiante y redefiniendo el rol del docente como facilitador del aprendizaje [1,2].

La adopción del enfoque híbrido (dos horas presenciales y trabajo en plataforma) demostró ser una alternativa viable para la integración curricular del emprendimiento. Este formato favoreció la colaboración interdisciplinaria, la flexibilidad académica y el uso de tecnologías educativas, aspectos que según Muñoz [12] potencian el aprendizaje significativo y la autogestión del conocimiento.

El impacto obtenido —con un aumento de 132 % en la participación estudiantil y una mayor presencia institucional en eventos nacionales de innovación— confirma la pertinencia de este modelo para fortalecer el ecosistema emprendedor del TecNM. Asimismo, la creación del Comité del Modelo Talento Emprendedor y los instrumentos derivados (manual y programa de actividades) consolidaron una estructura sostenible que garantiza la continuidad del proyecto.

El MTE-ITESCA también evidencia la posibilidad de alinear las políticas educativas nacionales con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), al promover una educación inclusiva y de calidad (ODS 4), el impulso de iniciativas productivas sostenibles (ODS 8) y la incorporación de la innovación como motor del desarrollo (ODS 9) [18,19].

En futuras etapas, se recomienda aplicar instrumentos de evaluación cuantitativa y cualitativa que permitan medir el impacto a largo plazo del modelo, tanto en la formación de competencias como en la creación de proyectos emprendedores consolidados. De igual manera, se sugiere fortalecer la formación docente en metodologías de innovación educativa y aprendizaje basado en proyectos, para garantizar la mejora continua del programa.

Finalmente, se concluye que el Modelo Talento Emprendedor implementado en ITESCA es una práctica replicable dentro del sistema TecNM, pues ofrece un marco metodológico adaptable, sustentado en evidencia institucional y en una visión educativa centrada en el

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (5 – 10)

desarrollo humano, la innovación tecnológica y el compromiso social [3,6,9].

BIBLIOGRAFÍA

1. TecNM. *Modelo de Talento Emprendedor*. Dirección de Innovación y Emprendimiento; 2021.
2. TecNM. *Modelo Educativo para el Siglo XXI*. México: Tecnológico Nacional de México; 2021.
3. Muñoz G. *Investigación educativa aplicada*. México: Trillas; 2023.
4. TecNM. *Lineamientos para el fomento del emprendimiento y la innovación*. México: Dirección de Innovación; 2023.
5. Drucker PF. *Innovation and Entrepreneurship*. New York: Routledge; 2016.
6. TecNM. *Guía metodológica del Modelo de Talento Emprendedor*. México; 2023.
7. ITESCA. *Informe de resultados de la implementación del Modelo Talento Emprendedor 2025A*. Ciudad Obregón: ITESCA; 2025.
8. OCDE. *Entrepreneurship Education in Practice*. Paris: OECD Publishing; 2021.
9. PNUD. *Emprendimiento sostenible y desarrollo inclusivo*. México: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo; 2020.
10. TecNM. *Lineamientos para los créditos complementarios*. México; 2022.
11. Barrón C. *Metodologías activas y aprendizaje experiencial en la educación superior*. México: UAM; 2019.
12. Muñoz G. *La investigación-acción en la educación tecnológica*. México: Trillas; 2022.
13. INADEM. *Ecosistema Emprendedor en México*. Secretaría de Economía; 2018.
14. Timmons JA, Spinelli S. *New Venture Creation*. McGraw-Hill; 2019.
15. Hernández R, Fernández C, Baptista P. *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill; 2022.
16. UNESCO. *Education for Sustainable Development Goals: Learning Objectives*. París; 2020.
17. INEGI. *Estadísticas sobre Educación Superior y Ciencia y Tecnología*. México; 2024.
18. UNESCO. *Transforming Education for Sustainable Futures*. París; 2019.
19. Barrera E. Innovación educativa y emprendimiento en instituciones tecnológicas. *Revista Educativa InnovaTec*. 2023;2(1):1–12.

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (11 – 16)

HABILIDADES DE COMPRENSIÓN LECTORA EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
READING COMPREHENSION SKILLS IN INDUSTRIAL ENGINEERING STUDENTSArévalo-Félix, A.¹, Luna-Ponce, B.², Robles-Espinoza, E. M.³¹ Tecnológico Nacional de México / ITS de Cajeme, docente de la división de ingeniería industrial, aarevalo@itesca.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0003-1141-5722>² Tecnológico Nacional de México / ITS de Cajeme, docente de la división de ingeniería industrial, bluna@itesca.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0003-2119-2438>³ Tecnológico Nacional de México / ITS de Cajeme, docente de la división de ingeniería industrial, erobles@itesca.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0003-2710-8823>

Resumen – Los niveles de comprensión lectora se identificaron en estudiantes de ingeniería industrial de primer semestre con base en la teoría de literacidad y metodología propuesta por Cassany [1, 2].

Se planificaron 4 etapas para trabajar durante el semestre, desarrollando actividades de lectura y escritura, llegando a la identificación de 2 niveles: funcional y académico en su mayoría, sólo 7 se encontraron en nivel crítico.

Al solamente considerar los estudiantes la lectura para recopilación de información y no por placer, se pierde la gran contribución que ésta hace a la formación profesional. La presencia de distractores tan comunes como el teléfono móvil, entre otros, resta valor a esta práctica básica para el desarrollo del pensamiento. Sin embargo, en las instituciones educativas deben buscarse estrategias para incentivarla.

Palabras Clave: *Comprensión lectora, educación superior, estrategias de lectura, habilidades comunicativas, niveles de lectura.*

Abstract -- Reading comprehension levels were identified in first-semester industrial engineering students based on the literacy theory and methodology proposed by Cassany [1, 2].

Four stages were planned for the semester, developing reading and writing activities. Two levels were identified: functional and academic, for the most part; only seven were found to be at the critical level.

When students view reading solely as information gathering and not for pleasure, the significant contribution it makes to professional development is lost. The presence of common distractions such as cell phones, among others, detracts from this basic practice for the development of thinking. However, educational institutions should seek strategies to encourage it.

Key words – *Reading comprehension, higher education, reading strategies, communication skills, reading levels.*
INTRODUCCIÓN

La lectura y la escritura están presentes en diferentes ámbitos de la vida; el profesional no es la excepción, pues leer y escribir son herramientas de trabajo para muchos profesionales en las comunidades letradas en que vivimos [3].

En un estudio realizado sobre el proceso de escritura académica en estudiantes universitarios de primer año se encontró que comprender la percepción que tienen los estudiantes respecto al proceso de composición permite tomar acciones que contribuyan a que gestionen estrategias de planificación, textualización y revisión durante su recorrido universitario [4]. De manera que, la escritura académica no debe considerarse secundaria, sino un eje central del aprendizaje universitario, cuya enseñanza estructurada, interdisciplinaria y orientada a competencias asegura la formación de estudiantes capaces de producir textos críticos, argumentativos y reflexivos, coherentes con los requerimientos de la educación superior [5].

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (11 – 16)

En otro estudio al evaluar las prácticas de escritura académica dentro de una universidad se identificó que el estudiantado tiene una autopercepción menos favorable de sus capacidades de escritura que lo percibido por sus docentes, hecho que deja entrever una falta de confianza por parte del estudiantado en sus competencias de escritura [6].

En el nivel superior leer y escribir son dos competencias de sumo interés e importancia, dado que se relacionan estrechamente con procesos de pensamiento superiores al momento de resolver un problema en la profesión para la que se encuentre preparando al estudiante.

De acuerdo con la teoría del desarrollo cognoscitivo de Piaget el adolescente alcanza el nivel más alto de madurez mental, llamándole a esta etapa operaciones formales, donde se aprecian mejor las metáforas y alegorías y por ende encuentran más significados en la literatura, pueden pensar en términos de predicciones y no sólo de lo que es, pueden imaginar posibilidades, formular y probar hipótesis [7].

Al respecto, en un proyecto sobre la enseñanza de estrategias para mejorar la comprensión lectora de estudiantes de primer año de ingeniería civil mecánica resultó que un alto porcentaje de estudiantes de nuevo ingreso de la carrera no está en condiciones de comprender los textos que leen pues no poseen las herramientas para ello. El estudio recalca que por dicha deficiencia se está condenando a estos estudiantes al fracaso en su camino al aprendizaje mediante la comprensión [3].

Así que, la comprensión se encuentra estrechamente relacionada con el concepto de estrategias lectoras, que se definen como el conjunto de acciones que orientan la conducta del lector, permitiéndole seleccionar, evaluar, persistir o abandonar dichas acciones según se alcance o no la comprensión [8].

También en otro estudio sobre las dificultades de comprensión que presentan los estudiantes del primer año de carreras universitarias para asimilar el lenguaje de la química, ya que contiene representaciones específicas y terminología propias, pudieron constatar que al aplicar el trabajo con guías de actividades dirigidas que incluyen

preguntas causales, específicas, y comparativas se favorece la práctica reflexiva mediante la integración de contenidos conceptuales a la actividad experimental [3].

De igual forma, en una investigación realizada en estudiantes universitarios, mostraron poca habilidad al realizar las inferencias necesarias para comprender a cabalidad el texto, es decir, “leer entre líneas” y con ello deducir elementos que no están presentes en el texto. Cabe destacar que el nivel inferencial demanda mayor concentración, agudeza lectora y capacidad de análisis para identificar información que está de manera implícita; habilidades que se desarrollan con la práctica continua y el uso de estrategias específicas para tal fin [9].

Para que el acto de leer sea una actividad cotidiana, debe fortalecerse la educación formal y propiciar que se abran horizontes culturales más amplios en los diferentes tipos, niveles y modalidades del Sistema Educativo Nacional, así como en la población mexicana en general. De tal forma que en los últimos cuatro años esa ha sido la estrategia nacional [10].

La comprensión lectora como puede observarse se ha mantenido en el foco de atención desde diferentes perspectivas, al respecto, en el Instituto Tecnológico Superior de Cajeme se hizo una investigación para conocer las estrategias metacognitivas y motivacionales para la lectura de 336 estudiantes de nivel licenciatura, encontrando fortaleza en estrategias de consulta de fuentes adicionales, estrategias de análisis de la lectura y estrategias de identificación de ideas, mientras que las principales carencias fueron en cuanto a la motivación intrínseca para la lectura en general y la motivación intrínseca para la lectura de textos académicos [11].

En el examen diagnóstico Evaluatec del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme aplicado a los estudiantes de nuevo ingreso se registran puntajes bajos en la habilidad de comprensión lectora, pudiéndose relacionar este dato con las calificaciones del semestre, dado que en ingeniería industrial en la cohorte anterior (2023) se observó un índice de reprobación de 34.62% por encima de la meta del 30% en primer semestre.

El objetivo de este proyecto fue identificar los niveles de comprensión lectora de los estudiantes que ingresaron en

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (11 – 16)

el año 2024 a la carrera de ingeniería industrial a través del uso de estrategias de clase y cuestionarios que las evaluaron.

Al brindar espacios didácticos para el desarrollo de habilidades en comprensión lectora los estudiantes tendrán la posibilidad de trasladar estos conocimientos en la resolución de problemas de tipo ingenieril.

Se contribuirá a la reducción de la reprobación a causa de la falta de comprensión lectora, así como se facilitará el trabajo docente en el desarrollo de las prácticas pedagógicas.

Y al mismo tiempo se atenderá la calidad educativa institucional en la formación de los futuros ingenieros al demostrar habilidades esenciales en el pensamiento lógico fundamental para el cálculo y el desarrollo de estrategias de alto nivel.

DESARROLLO

Participantes

59 estudiantes de primer semestre de la carrera de ingeniería industrial, 38 hombres y 21 mujeres, con edades entre 17 y 18 años.

Diseño

Investigación no experimental, transversal, con muestreo intencionado [17], bajo el enfoque de investigación – acción, que busca la transformación y mejora de la práctica, se caracteriza por la horizontalidad del proceso, donde el investigador forma parte del grupo estudiado e interactúa en un proceso de transformación institucional o comunitaria [12].

Instrumento

1. Evaluación diagnóstica tipo cuestionario con 5 preguntas de ensayo y una lectura adjunta. En formato de formulario de google.
2. Actividades de aprendizaje diseñadas para el trabajo con los participantes.
3. Evaluación formativa tipo cuestionario con 16 preguntas y 4 opciones de respuesta a partir de la lectura de un cuento.
4. Evaluación en formato de formulario de google.

Procedimiento

Siguiendo la metodología de Cassany [1, 2, 13, 14]:

Etapal

Esta etapa consistió en la elaboración de un diagnóstico que permitiera identificar el nivel de comprensión lectora que tenían los alumnos del programa, lo que permitió sentar las bases de la metodología de trabajo para incentivar la lectura en los estudiantes del programa.

Etapal 2

Identificar las lecturas que podrían ser utilizadas para la evaluación de la comprensión lectora, considerando la cantidad de estudiantes y el tipo de lecturas que se utilizaron para implementar la estrategia.

Etapal3

Selección de libros y adecuación de actividades en materias clave para la implementación de la estrategia de lectura en grupo, dicha actividad se realizó durante todo el semestre para darle seguimiento.

Etapal 4

Evaluación de la comprensión lectora a través de las lecturas e instrumentos diseñados para determinar si los estudiantes demostraban un avance significativo de esta habilidad comunicativa, los tiempos de aplicación se determinaron basados en los resultados del diagnóstico realizado al inicio, finalizando con un informe de avance para la estrategia a seguir en un semestre contiguo.

Resultados

Las respuestas de los participantes en la evaluación diagnóstica variaron entre literacidad funcional y literacidad académica, donde sólo 7 mostraron un ligero nivel de literacidad crítico.

En la fase de actividades los estudiantes eligieron el libro que leerían, escribieron algunos datos relevantes sobre el mismo para presentaron al grupo (un ejemplo puede verse en la figura 1).

Figura 1. Libro elegido



Fuente: propia (2024)

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (11 – 16)

Después, cada 2 semanas los estudiantes escribían en el pintarrón frases o ideas que les gustaban de sus libros (ver figura 2), para luego hacer fichas de lectura que previamente fue proporcionada en guía mediante un formato por su profesora, y colocarlas en google sites dentro de su portafolio de lectura (ver figura 3).

Figura 2. Frases de los libros



Fuente: propia (2024)

Figura 3. Portafolio en google sites



Fuente: propia (2024)

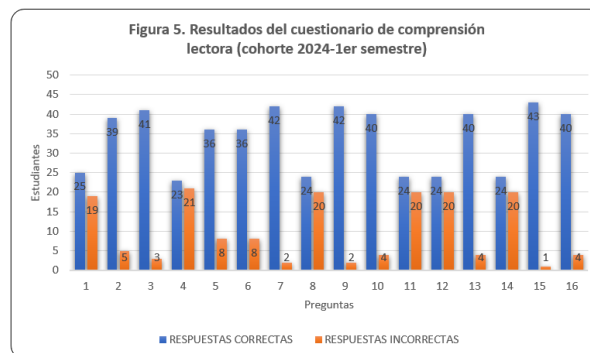
Además, eligieron su personaje favorito del libro que leyeron, escribieron sus motivos para haberlo seleccionado, lo dibujaron y presentaron al grupo, demostrando así sus habilidades de expresión oral y comunicación interpersonal (ver figura 4).

Figura 4. Presentación de personaje favorito



Fuente: propia (2024)

Finalmente, en la evaluación formativa en las preguntas 8, 11, 12 y 14 se obtuvieron frecuencias muy similares tanto en respuestas correctas como incorrectas, siendo 4 preguntas de 16, (ver figura 5), que representan el 25% del total del cuestionario. Sin embargo, se observó también que estas cuatro preguntas fueron las que mayor número de respuestas incorrectas registraron. El resto de las preguntas presentó un alto número de respuestas correctas.



Fuente: propia (2024)

Sobre los mismos resultados se obtuvo el promedio de respuestas correctas que fue de 12.77 y en las respuestas incorrectas fue de 4.23, identificando con estos datos que los participantes en el estudio demostraron habilidades comunicativas en literacidad funcional y literacidad académica, sólo 7 alcanzaron el nivel crítico.

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Al revisar los resultados de los estudiantes en esta fase puede observarse que son muy similares a los encontrados en otra investigación, que a partir del establecimiento de una planeación relacionada con

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (11 – 16)

estrategias de literacidad basadas en la teoría de Cassany, los participantes demostraron que al estar expuestos a actividades de lectura y escritura se logran avances con buen significado en literacidad; para el caso particular de este proyecto de investigación, se destacaron la funcional y la académica [15].

También [3] encontraron dificultades de comprensión en los estudiantes de primer semestre cuando intentaron relacionar conceptos con los datos dentro de sus materias del semestre.

Al respecto de los resultados encontrados en esta investigación, se observa que son similares a los de otra institución de educación superior en el estado de Sonora, donde mencionan la dificultad que enfrentan los jóvenes para acceder al discurso especializado de autores expertos, manejar y utilizar apropiadamente el discurso de los otros, y para crear su propia identidad discursiva produciendo textos de calidad, basados en las convenciones propias de la academia y las comunidades científicas [16]. Lo anterior demuestra la importancia de la mediación y acompañamiento apropiados en comprensión lectora y redacción académica por parte de los docentes.

Así que las actividades de lectura con propósito resultan importantes en la formación de los jóvenes profesionistas para alcanzar a orientar el pensamiento y que tengan la posibilidad de acceder a la toma de decisiones con conciencia.

Al igual que seguir la metodología de Cassany [1, 2, 13, 14] para la intervención dentro de los grupos de estudiantes que fortalece la gestión de este tipo de actividades, pues brinda orientación al trabajo del docente.

CONCLUSIONES

Leer y escribir para un ingeniero representan la base para la solución de problemas, además distingue sus habilidades de comunicación y diálogo para llegar a acuerdos, dar a conocer sus ideas y poner en práctica su estilo de liderazgo.

El análisis de los resultados obtenidos a partir de la investigación aplicada a los estudiantes revela patrones

significativos sobre su comprensión lectora, metacognición, y los factores que afectan su interés por la lectura. En general, se puede concluir que, aunque la mayoría de los estudiantes reconocen la importancia de la lectura para el aprendizaje y el desarrollo cognitivo, existen áreas en las que todavía se deben mejorar su comprensión y habilidad para conectar de manera más profunda los conceptos relacionados con la lectura y su impacto en el aprendizaje.

En cuanto al interés por la lectura, se identificaron varios factores que limitan la motivación de los estudiantes, entre los cuales destacan la influencia de las distracciones electrónicas, la falta de motivación intrínseca y el entorno social. Lo que pone de manifiesto la necesidad de desarrollar estrategias pedagógicas que no solo fomenten la lectura, sino que también incentiven una reflexión más profunda sobre el proceso de lectura y sus beneficios.

Una investigación futura podría tratarse del interés por leer y el uso de la IA para la gestión de tareas.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la división de ingeniería industrial por las facilidades brindadas en la realización de este estudio, también a los estudiantes participantes en esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cassany, D. (2006) *Tras las Líneas: Sobre la lectura contemporánea*. Anagrama.
2. Cassany, D. [Daniel Cassany] (2024). 28 Evaluar la lectura [Video]. Youtube.
3. De Jesús, A. (2021). Aplicación de estrategias de comprensión lectora en Ingeniería. Cuaderno de Pedagogía Universitaria, 18(36), 72-87.
4. Saenz Dominguez, L. (2021) El proceso de escritura académica en estudiantes universitarios de primer año. Ser, conocer y hacer: una aproximación científica a la realidad social. <https://doi.org/10.46954/librosfahusac.7>
5. Mendoza Anchundia, K.I., Espín Bravo, E. P.E., Sánchez Zavala, D. A., Galeas Galeas, E. V., Mina Acosta, J.Y. (2025). Estado del arte sobre la escritura académica en universitarios: competencias, falencias y enfoques de mejora: Academic writing among university students: skills, challenges, and strategies for

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (11 – 16)

- improvement. Boletín Científico Ideas Y Voces, 5(3), Pág. 251 – 264. <https://doi.org/10.60100/bciv.v5i3.123>
6. Vanegas Quizhpi O. S, Calzolari A. Evaluación de la escritura académica en una universidad de Ecuador. Rev Bras Educ [Internet]. 2025;30:e300001. Available from: <https://doi.org/10.1590/S1413-24782025300001>
7. Papalia, D., Feldman, R. (2012). Desarrollo humano. 12ma edición. McGraw-Hill
8. Peña, J. (2000). Las estrategias de lectura: su utilización en el aula. Educere, 4(11), 159-163.
9. Amavizca Montaña, S., Alvarez-Flores, EP. (2022). Comprensión lectora en universitarios: comparativo por áreas de conocimiento. Revista electrónica de investigación educativa, 24, e20. Epub 10 de febrero de 2023. <https://doi.org/10.24320/redie.2022.24.e20.3986>
10. Diario Oficial de la Federación (05 de julio del 2021). Programa Institucional 2021-2024 del Fondo de Cultura Económica. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5623984
11. Jacobo Castelo, A. (2024). Estrategias metacognoscitivas y motivación para la lectura en estudiantes de nuevo Ingreso al ITESCA, Cohorte 2021. Revista Entorno Académico, 25(2024), 11-19. https://www.itesca.edu.mx/_sitioanterior/publicaciones/entorno/Revista_Entorno_2024.pdf
12. Colás Bravo, P., Buendía Eisman, L., Hernández Pina, F. (1998) Métodos de investigación en psicopedagogía. McGraw-Hill
13. Cassany, D. (2019) Laboratorio lector. Para entender la lectura. Anagrama
14. Cassany, D. [Daniel Cassany] (2024). 27 Corregir la comprensión [Video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=UHDq3IpoYDQ&list=PLUAbt7LZXq8TTz92BI6S-eHXZHED7Coui&index=27>
15. Hernández - Sandoval, A. M., Hernández - Soto, G. (2022). Alfabetización disciplinar y literacidad en las universidades latinoamericanas.
16. Hernández y Hernández, N. D., Salado Rodríguez, L. I., Vargas Franco, A. (2021). Literacidad académica en la educación superior: el caso de la Universidad Estatal de Sonora. <https://www.redalyc.org/journal/5534/553471898010/html/>
17. Hernández-Sampieri, R. & Mendoza-Torres, C. P. (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (17 – 23)

PERPETUACIÓN DE ESTEREOTIPOS DE GÉNERO EN EL MARKETING DIGITAL:
ESTUDIO REFLEXIVO DESDE LA INDUSTRIA DEL SKINCAREPERPETUATION OF GENDER STEREOTYPES IN DIGITAL MARKETING: A
REFLEXIVE STUDY FROM WITHIN THE SKINCARE INDUSTRYJonathan Alberto Monteverde López ¹, Claudia Guadalupe Dominguez Villarreal ², Luis Alberto Limón Valencia ²¹Estudiante de la Maestría en Gestión Administrativa, Tecnológico Nacional de México/ ITS de Cajeme, CP 85024, Sonora, México²División de Ciencias Administrativas, Instituto Tecnológico de Sonora/ ITSON, CP 85000, Sonora, México²División de Posgrados Tecnológico Nacional de México/ ITS de Cajeme, CP 85024, Sonora, México*e-mail: jmonteverde@itesca.edu.mx

Resumen: Este estudio contribuye al entendimiento de cómo las estrategias de marketing digital pueden evolucionar hacia modelos más inclusivos que rompen con los estereotipos tradicionales de género y favorecen la aceptación social del autocuidado entre los hombres. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo y descriptivo, mediante la aplicación de un cuestionario estructurado a una muestra de 200 participantes residentes en la región noroeste de México. El instrumento está conformado por 16 ítems distribuidos en cuatro secciones, permitió explorar hábitos de consumo, percepciones sobre el cuidado de la piel, barreras socioculturales y el papel de las redes sociales en la formación de actitudes hacia el autocuidado. Los resultados muestran que, aunque el 78% de los hombres reconoce la importancia del cuidado facial, persisten limitaciones derivadas de estigmas sociales y factores económicos que asocian el cuidado de la piel exclusivamente con la feminidad. Asimismo, el 84% de los encuestados manifestó haber adquirido productos por recomendación en plataformas digitales, lo que evidencia la fuerte influencia del marketing en las decisiones de compra. Se concluye que las estrategias publicitarias continúan reproduciendo estereotipos de género tradicional, por lo que se propone una línea de comunicación más inclusiva que fomente la participación masculina en el mercado del cuidado de la piel.

Palabras Clave: Barreras Socioculturales, Consumo Masculino, Estereotipos de Género, Marketing Digital, Skincare.

Abstract: This study contributes to the understanding of how digital marketing strategies can evolve toward more inclusive models that break with traditional gender stereotypes and promote the social acceptance of self-care among men. The research was conducted using a quantitative and descriptive approach, using a structured questionnaire to a sample of 200 participants residing in

the northwest region of Mexico. The instrument, consisting of 16 items distributed across four sections, explored consumer habits, perceptions about skin care, sociocultural barriers, and the role of social media in shaping attitudes toward self-care. The results show that, although 78% of men recognize the importance of facial care, limitations persist due to social stigmas and economic factors that associate skin care exclusively with femininity. Furthermore, 84% of respondents reported purchasing products based on recommendations on digital platforms, demonstrating the strong influence of marketing on purchasing decisions. It is concluded that advertising strategies continue to reproduce traditional gender stereotypes, so a more inclusive line of communication is proposed that encourages male participation in the skin care market.

Keywords: Sociocultural Barriers, Male Consumers, Gender Stereotypes, Digital Marketing, Skincare.

INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas, la industria del cuidado personal ha experimentado un crecimiento significativo, impulsado por la diversificación de productos y la expansión del mercado digital (Kim & Lee, 2021). Sin embargo, pese al aumento del interés masculino por el skincare, las estrategias de marketing continúan orientadas principalmente al público femenino, perpetuando estereotipos de género que asocian el cuidado facial con la feminidad (Espinosa & Rodríguez, 2021).

Diversos estudios (Díaz & Torres, 2022) han demostrado que esta representación influye en la percepción social del autocuidado masculino, reforzando barreras culturales y simbólicas que dificultan la adopción de hábitos saludables. En el contexto del marketing digital, la reproducción de estos estereotipos se ve amplificada por la segmentación algorítmica de plataformas como

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (17 – 23)

Instagram y TikTok, donde la publicidad personalizada replica sesgos de género (Gómez & Sánchez, 2020).

El problema central de este estudio se plantea en los siguientes términos:
¿Cómo contribuye el marketing digital de la industria del skincare a la perpetuación de estereotipos de género y cuáles son sus implicaciones en la participación del público masculino en este mercado?

El objetivo general fue analizar la perpetuación de estereotipos de género en las estrategias de marketing digital de la industria del skincare, identificando su impacto en las percepciones, hábitos y decisiones de consumo del público masculino.

El estudio se justifica en el marco de la búsqueda global por la igualdad de género y la inclusión, dimensiones que también deben reflejarse en la comunicación comercial. Aunque el marketing digital ha favorecido la diversificación de audiencias, persiste una brecha simbólica que asocia el cuidado facial exclusivamente con las mujeres, lo que restringe la participación masculina y refuerza estigmas culturales (Díaz et al., 2022). En este sentido, la investigación contribuye tanto al ámbito académico al ofrecer una perspectiva sociocultural del consumo como al empresarial, proporcionando lineamientos para diseñar estrategias de marketing inclusivas, auténticas y sostenibles.

DESARROLLO

Metodología

El vínculo entre marketing y género ha sido objeto de estudio desde mediados del siglo XX, cuando la publicidad comenzó a construir representaciones simbólicas diferenciadas entre lo masculino y lo femenino. Tradicionalmente, las estrategias de comunicación se dirigían a las mujeres como principales consumidoras de productos de cuidado personal, mientras que los hombres eran asociados con la fuerza, la racionalidad y la productividad. Estas construcciones discursivas, sustentadas en estereotipos de género, moldearon los patrones de consumo e influyeron en la percepción social del autocuidado. En la actualidad, el marketing digital continúa reproduciéndose, aunque de manera más sutil dichos estereotipos, lo que justifica la necesidad de analizar su persistencia y transformación en nuevos contextos mediáticos.

Se aplicó un enfoque cuantitativo, no experimental y de tipo descriptivo, orientado al análisis de percepciones y comportamientos de consumo.

Sujetos de estudio. La muestra estuvo conformada por 200 participantes (100 hombres y 100 mujeres) de entre 18 y 45 años, residentes en la región noroeste de México. El muestreo fue no probabilístico por conveniencia, seleccionado por la accesibilidad y disposición de los participantes, así como por las características del público objetivo, compuesto por usuarios activos de redes sociales y consumidores potenciales de productos de skincare. Esta elección permitió recopilar información relevante y contextualizada sobre un segmento clave para la industria.

Instrumento de la investigación

Se empleó un cuestionario estructurado de 16 ítems distribuidos en cuatro secciones.

Tabla 1. Estructura del Cuestionario Aplicado en la Investigación

Sección	Descripción de la sección	Contenido de los reactivos
1. Datos demográficos	Recopila información básica para segmentar la muestra y analizar diferencias sociodemográficas.	Edad, género, lugar de residencia, nivel socioeconómico y ocupación.
2. Hábitos de cuidado de la piel	Examina las rutinas y frecuencia de uso de productos de skincare.	Frecuencia de uso, tipos de productos empleados y canales de compra preferidos.
3. Percepciones y barreras	Identifica la importancia percibida del skincare y los factores que influyen en su adopción.	Importancia del cuidado facial, obstáculos culturales o económicos y motivadores de consumo.
4. Redes sociales y publicidad	Analiza el papel de los medios digitales en la decisión de compra.	Seguimiento de contenido en redes, influencia de la publicidad y

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (17 – 23)

plataformas preferidas.

Fuente: Elaboración Propia

Los reactivos se diseñaron utilizando preguntas de opción múltiple, de selección múltiple y abiertas para capturar tanto datos cuantitativos como percepciones cualitativas. Para los ítems actitudinales y de percepción se emplearon escalas tipo Likert (grado de acuerdo/importancia), buscando facilitar el análisis estadístico y la comparación entre subgrupos.

Fundamento teórico y metodológico de las preguntas
El enfoque metodológico privilegió la validez de contenido y la operacionalización clara de las variables.

Tabla 2. Operacionalización de la variable en la investigación.

Variable	Dimensiones	Indicadores
Hábitos de consumo de productos de skincare	Frecuencia de uso	Regularidad con la que se utilizan los productos.
	Tipo de producto	Limpiadores, sueros, cremas, bloqueadores.
	Canales de compra	Lugares donde adquieren los productos.
Percepciones sobre el skincare	Importancia y beneficios percibidos	Nivel de relevancia que se le asigna al cuidado de la piel.
	Predisposición al uso	Interés en iniciar o mantener una rutina de skincare.
Barreras socioculturales	Creencias culturales	Asociación del skincare con estereotipos de género.
	Obstáculos personales	Falta de hábito, tiempo o desconocimiento de los productos.
	Factores económicos	Accesibilidad de los productos.

Factores motivacionales	Promociones e incentivos	Descuentos o beneficios en la decisión de compra.
	Influencia externa	Efecto de recomendaciones o influencers en la adquisición de productos.
	Exposición digital	Frecuencia de interacción con contenido sobre skincare en redes.
	Plataformas utilizadas	Redes sociales más empleadas para informarse o comprar.
Influencia de redes sociales y publicidad	Influencia publicitaria	Grado de impacto de la publicidad digital en la intención de compra.
	Propuesta de inclusión del mercado masculino	Canales y mensajes más efectivos para atraer al público masculino.
	Preferencias de comunicación	Acciones o productos que podrían motivar la adopción del skincare.
Expectativas del consumidor		

Fuente. Elaboración Propia (2025)

Confiabilidad y validez del instrumento

Para garantizar que el cuestionario midiera adecuadamente los constructos establecidos en la investigación, se evaluó su validez de contenido y de apariencia mediante el juicio de expertos.

El instrumento fue revisado por tres especialistas: dos en marketing digital y comportamiento del consumidor, y uno en dermatología, quienes valoraron la claridad, coherencia, pertinencia y relevancia de cada reactivo en relación con los objetivos del estudio.

Las observaciones de los expertos permitieron ajustar la redacción de algunos ítems para mejorar su comprensión, eliminar ambigüedades y asegurar la correspondencia entre los reactivos y las variables teóricas.

El consenso entre los jueces alcanzó un nivel superior al 85 % de acuerdo, lo cual, conforme a los criterios metodológicos propuestos por Hernández et al. (2014),

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (17 – 23)

confirma que el instrumento cuenta con validez de contenido suficiente para medir las variables planteadas. Asimismo, se verificó la validez de apariencia, asegurando que las preguntas fueran comprensibles, pertinentes y adecuadas al contexto cultural de los participantes.

Posteriormente, se analizó la confiabilidad del instrumento mediante el coeficiente Alfa de Cronbach, con el propósito de determinar el grado de consistencia interna de los ítems.

El cálculo se efectuó con base en los resultados obtenidos de la aplicación del cuestionario a 200 participantes, considerando los siguientes datos:

- Número de ítems: 16
- Sumatoria de las varianzas de los ítems: 13.65
- Varianza total del instrumento: 142.55

La fórmula utilizada para obtener el coeficiente Alfa de Cronbach fue la siguiente:

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum s_i^2}{s_T^2} \right) \quad \text{Ec. (1)}$$

El valor obtenido de $\alpha = .96$ indica que el cuestionario posee una excelente consistencia interna, de acuerdo con los criterios establecidos por George y Mallery (2003), quienes señalan que valores $\geq .90$ representan un nivel alto de consistencia interna.

Tabla 3. Coeficiente de Alfa de Cronbach del instrumento para conocer los hábitos, percepciones y barreras en el uso de productos de skincare.

Alfa de Cronbach	N. de elementos
.96	16

Fuente. Monteverde et al., (2025)

En la tabla 3 se observa el resultado Coeficiente de Alfa de Cronbach, según George y Mallery (2003), $\alpha \geq .90$ es excelente.

Procedimiento

El cuestionario se aplicó en formato digital (Google Forms) durante cuatro semanas, promovido en redes sociales y foros especializados. Los datos fueron

procesados con Microsoft Excel mediante análisis descriptivo de frecuencias y porcentajes.

Resultados

Los resultados de la investigación evidenciaron una participación equitativa entre hombres y mujeres 50 % respectivamente, lo que permitió obtener una visión equilibrada sobre las percepciones y hábitos en torno al cuidado personal. La muestra estuvo conformada mayoritariamente por jóvenes de entre 18 y 28 años, que corresponde al 56%, seguidos de adultos de 29 a 40 años, 34% y mayores de 41 años, el 10%, lo que refleja una fuerte presencia del segmento joven-adulto en el consumo de productos de skincare.

Tabla 4. Distribución demográfica de la muestra

Variable	Categoría	Porcentaje
Género	Hombre	50%
	Mujeres	50%
Edad	18-28 años	56%
	29-40 años	34%
	41 años o más	10%

Fuente. Elaboración Propia (2025)

Estos datos sugieren que la muestra logró una distribución equitativa por género, lo cual permitió analizar las percepciones de hombres y mujeres desde una perspectiva comparativa y equilibrada. La alta representación del grupo de jóvenes adultos entre 18 y 28 años, lo cual indica que el interés por el skincare se concentra principalmente en una población joven, más expuesta al contenido digital y a las tendencias de autocuidado difundidas en redes sociales. En contraste, los participantes mayores de 40 años, lo que refleja una menor participación de este segmento en el consumo digital sobre el cuidado facial. Este perfil demográfico es coherente con el público objetivo de las estrategias de marketing digital actuales, que suelen dirigirse a usuarios jóvenes y activos en plataformas sociales.

En relación con el uso de productos de skincare, el 88 % de los encuestados manifestó utilizarlos de manera regular u ocasional, mientras que un 12 % expresó interés en iniciarse en su uso. Entre los hombres, el 45 % indicó emplear productos de forma constante y el 42 % realiza rutinas diarias de cuidado facial, lo cual demuestra una creciente apertura hacia el autocuidado masculino.

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (17 – 23)

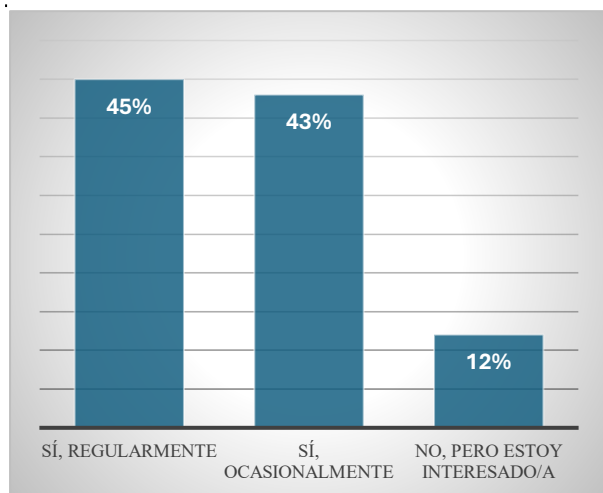


Figura 1. Frecuencia de uso de productos de skincare

Estos datos sugieren que el uso de productos de skincare se ha normalizado entre la mayoría de los participantes, lo que refleja una mayor conciencia sobre la importancia del cuidado personal y la apariencia física. La elevada proporción de usuarios regulares y ocasionales, evidencia que el skincare ha dejado de ser una práctica exclusiva del público femenino y comienza a consolidarse como un hábito compartido entre géneros. En el caso de los hombres, los resultados muestran una tendencia positiva hacia la adopción de rutinas de cuidado facial, impulsada probablemente por la exposición constante a contenidos digitales y por la creciente aceptación social del autocuidado masculino. Sin embargo, la existencia de un 12 % que aún no utiliza estos productos representa una oportunidad de mercado para diseñar estrategias de comunicación más inclusivas y educativas, orientadas a cambiar viejos paradigmas sobre el uso del skincare entre los hombres y promover una visión más amplia del bienestar personal.

Respecto a las principales barreras, se identificaron tres factores determinantes: el costo elevado, que corresponde al 30%, la falta de información, 18% y el tiempo limitado, 21%. Solo un 6% mencionó que las creencias culturales representan un obstáculo, lo cual sugiere una disminución de los estigmas sociales, aunque aún persistentes.

Tabla 5. Barreras percibidas para el uso de skincare

Barrera identificada	Porcentaje
Costo elevado	30%
Falta de información	18%
Tiempo limitado	21%

Creencias culturales	6%
(género)	
Otras	25%

Fuente. Elaboración Propia (2025)

Estos datos indican que las principales limitaciones para el consumo de productos de skincare no se relacionan directamente con estigmas de género, sino con factores económicos y con la falta de información disponible para los consumidores. En este sentido, se recomienda que las marcas desarrollen estrategias de comunicación más inclusivas y accesibles, orientadas a desmitificar el autocuidado masculino y a promover el bienestar como una práctica universal, independiente del género.

En cuanto al impacto del marketing digital, el 64 % de los participantes afirmó seguir contenido relacionado con el cuidado facial en redes sociales. Las plataformas de mayor interacción fueron Instagram, con un 35 %, TikTok 30 %, seguidas por Youtube, 27% y Twitter con un 8%. Asimismo, el 78% reconoció que la publicidad digital influye directamente en sus decisiones de compra, y un 84 % ha adquirido productos por recomendación de influencers o reseñas en línea.

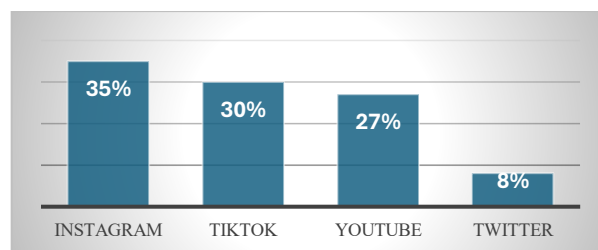


Figura 2. Plataformas con mayor influencia en el consumo de skincare

Estos resultados indican que las redes sociales ejercen una influencia significativa en la formación de hábitos de consumo vinculados al skincare, particularmente entre los usuarios jóvenes. En este sentido, se sugiere que las empresas del sector refuercen su presencia en dichas plataformas mediante la creación de contenidos auténticos, inclusivos y centrados en la experiencia real del usuario. Con ello, se busca fortalecer la conexión emocional con el consumidor y promover el autocuidado como una práctica cotidiana, accesible y libre de estereotipos de género.

Estos hallazgos confirman la alta penetración del marketing digital en el comportamiento del consumidor y

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (17 – 23)

evidencian que las estrategias publicitarias continúan reproduciendo narrativas de género tradicionales. Se destaca la necesidad de promover campañas más inclusivas que normalicen el autocuidado masculino y contribuyan a una representación equitativa en la industria del skincare.

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los hallazgos sugieren que, pese a la creciente aceptación del skincare entre hombres jóvenes, las campañas publicitarias aún mantienen un lenguaje visual y simbólico que refuerza el ideal de belleza femenina (Espinosa & Rodríguez, 2021). La representación limitada del consumidor masculino genera una disonancia identitaria, donde el autocuidado se percibe como una práctica ajena a la masculinidad (Díaz & Torres, 2022).

Asimismo, la influencia de las redes sociales constituye un factor decisivo: la exposición constante a contenido aspiracional fomenta la adopción del skincare, pero también puede reproducir estándares estéticos irreales (Chung, 2023). La evidencia empírica de este estudio, especialmente la alta tasa de compra motivada por influencers, demuestra la necesidad de replantear la comunicación digital hacia mensajes neutros en género, que destaquen la salud y el bienestar como valores universales.

En este sentido, la reflexión teórica se articula con los postulados de Villacres et al. (2020), quienes subrayan que el cuidado de la piel no solo responde a fines estéticos, sino también a la prevención de enfermedades dermatológicas. Incorporar este enfoque médico y de bienestar en las campañas podría fortalecer la legitimación social del skincare masculino y ampliar su mercado potencial.

Tabla 6. Comparación de resultados con investigaciones recientes (2019–2025)

Aspecto	Cuidado de la piel	Moda	Aptitud física
Estereotipos reproducidos	Cuidado facial visto como práctica femenina; masculinidad ligada a fuerza y productividad	Mujeres como objetos de belleza; hombres como fuertes y activos (Alles, 2019).	Mujeres asociadas a delgadez y estética, hombres a fuerza y rendimiento

Influencia del marketing digital	(Espinosa & Rodríguez, 2021).		(Díaz & Torres, 2022).
	Publicidad con lenguaje visual y simbólico femenino; redes sociales e influencers son clave (Gómez & Sánchez, 2020).	Campañas digitales que refuerzan roles tradicionales de género (Martínez et al., 2021).	Redes sociales normalizan estereotipos corporales con influencers muy segmentados (Chung, 2023).
Barreras para romper estereotipos	Costos y falta de información; barreras culturales disminuyen, pero siguen presentes (Monteverde et al., 2025).	Presión social y segmentación rígida limitan cambios (Espinosa & Rodríguez, 2021).	Estigmas corporales y expectativas rígidas sobre cuerpo ideal según género (Díaz & Torres, 2022).
Propuestas para inclusión	Mensajes inclusivos que promuevan autocuidado o universal y campañas neutras en género (Monteverde et al., 2025).	Celebrar diversidad absoluta y dessegmentar género en diseño y comunicación (Alles, 2019).	Re definir fuerza y salud más allá del género e incluir diversidad corporal (Chung, 2023).

Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIONES

El estudio confirma que el marketing digital de la industria del skincare contribuye, de manera implícita, a la perpetuación de estereotipos de género al centrar su narrativa visual y discursiva en el público femenino. Sin embargo, los resultados también revelan un cambio gradual en las percepciones masculinas, donde el 78 % de

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (17 – 23)

los hombres reconoce la importancia del cuidado facial y el 84 % ha sido influido por campañas digitales.

Se concluye que las estrategias de comunicación deben transitar hacia modelos inclusivos y representativos, que eliminen las connotaciones de género y promuevan el autocuidado como un acto de bienestar universal.

Para investigaciones futuras, se sugiere analizar de forma comparativa la respuesta del público masculino ante campañas inclusivas y evaluar el impacto de la representación de la masculinidad diversa en el engagement digital de las marcas.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Alles, M. G. M. (2019). La regulación de los estereotipos de género en la publicidad: El rol de la persuasión en el refuerzo de la desigualdad. *Latin American Legal Studies*, 5, 133-158.
- [2] Anderson, M. (2019). *The history of skincare: From ancient remedies to modern innovations*. Cambridge University Press.
- [3] Chung, H. (2023). Digital Marketing Strategies for Skincare Brands: Insights from Asia-Pacific. *Journal of Beauty and Business*, 15(3), 45–62.
- [4] Chung, H., & Park, J. (2020). Nanotechnology in cosmetics: A review of current applications. *Journal of Dermatological Science*, 89(2), 56–68.
- [5] Díaz, M., & Torres, J. (2022). La transformación del mercado masculino: Retos y oportunidades en el sector de skincare. *Revista de Estudios Socioculturales*, 8(2), 89–104.
- [6] Díaz, M., Torres, J., & Sánchez, F. (2022). Educating the consumer: Trends in skincare awareness. *Global Journal of Marketing and Consumer Behavior*, 10(3), 45–60.
- [7] Espinosa, L., & Rodríguez, P. (2021). Gender stereotypes and skincare: Challenges in marketing to male consumers. *International Journal of Gender Studies*, 15(1), 78–95.
- [8] García Mata, D. C., & Villanueva Valadez, C. (2024). Representación de género femenino en Facebook: estereotipos y comunicación digital en publicaciones virtuales. *Anagramas-Rumbos y sentidos de la comunicación*-, 23(45).
- [9] Garza, D., & Hernández, E. (2021). Impacto de los factores climáticos en las decisiones de compra de productos de cuidado de la piel. *Revista Mexicana de Marketing*, 7(4), 67–80.
- [10] Gómez, A., & Ramírez, E. (2022). Climate and skincare: Adapting products to regional needs. *Revista Latinoamericana de Innovación en Cosmética*, 12(1), 123–145.
- [11] Gómez, A., & Sánchez, F. (2020). Estrategias digitales en el sector cosmético: El impacto de influencers en la decisión de compra. *Marketing y Tecnología Digital*, 9, 56–72.
- [12] Kim, S., & Ko, H. (2021). Innovation in skincare: The Korean approach. *Asian Journal of Dermatology*, 10(2), 123–135.
- [13] Kim, S., & Lee, H. (2021). K-beauty: The rise of Korean skincare in global markets. *Asian Journal of Dermatology*, 15(4), 67–89.
- [14] Los sujetos de estudio. (2021, January 26). Investigalia. <https://investigaliacr.com/investigacion/los-sujetos-de-estudio/>
- [15] Luxiders. (2021). Men's grooming is booming: Skincare and beauty trends in male consumers. <https://luxiders.com/mens-grooming-booming-skincare-beauty-trends/>
- [16] Martínez, R., López, A., & Ramírez, F. (2021). Estrategias digitales en el sector cosmético. *Marketing Digital y Tecnología*, 9(3), 56–72.
- [17] Park, J. (2020). K-beauty and its influence on global skincare trends. *Global Cosmetic Trends Journal*, 5(1), 23–37.
- [18] Park, J., & Kim, Y. (2020). Sustainability in skincare: Natural ingredients and green formulations. *Journal of Cosmetic Science*, 55(3), 98–110.
- [19] Radiación ultravioleta. (2022). World Health Organization (WHO). <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ultraviolet-radiation>
- [20] Romper el estigma de género en la industria de la belleza. (2021). Sustainable Fashion - Eco Design - Healthy Lifestyle - Luxiders Magazine. <https://luxiders.com/es/romper-estigma-de-genero-belleza/>
- [21] Salido Fernández, Juana de los medios tradicionales a los digitales: ¿Avances en la representación o perpetuación de la desigualdad de género? *Tecnologías I+ D+ I para la igualdad. soluciones, perspectivas y retos*, 19.
- [22] Significados. (2015, September). *Significado de Metodología de la investigación*. Significados; Significados. <https://www.significados.com/metodologia-de-la-investigacion/>
- [23] Villacres, E. H. A., Segovia, K. X. V., Montenegro, G. P. H., & Matute, N. B. S. (2020). Alternativas de cuidado para evitar problemas de cáncer a la piel. *Reciamuc*, 4(3), 250-260. <https://www.reciamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/view/520>

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (24 – 30)

DISEÑO DE INTERFAZ Y RA PARA EXPERIENCIAS CULTURALES EN
CAJEME

M. Ramírez-López¹, A. Gutiérrez-Espinoza^{1*}, A. C. Ruiz-Calvillo¹, C. L. E. Llamas-Servín², A. Y. Rivera-Guevara², H. F. Castro-Morales², J. A. Aguilar-Galindo²

¹ Tecnológico Nacional de México/ITS de Cajeme, Docente, Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Carretera Internacional a Nogales Km. 2, C. P. 85024, Cd. Obregón Sonora, México.

² Tecnológico Nacional de México/ITS de Cajeme, Estudiante, Ingeniería en Sistemas Computacionales, Carretera Internacional a Nogales Km. 2, C. P. 85024, Cd. Obregón Sonora, México.

*e-mail: agutierrez@itesca.edu.mx

M. Ramírez-López : <https://orcid.org/0009-0000-8881-4225>

A. Gutiérrez-Espinoza: <https://orcid.org/0009-0007-8134-2588>

Resumen: El artículo presenta el desarrollo de “Siari”, una aplicación móvil que utiliza realidad aumentada (RA) y un avatar 3D para promover el patrimonio cultural de Cajeme, Sonora. Responde al bajo interés cultural detectado en la población, especialmente joven, mediante una solución interactiva basada en tecnologías accesibles.

El proyecto siguió una metodología ágil de seis fases, desde la investigación de usuarios hasta la integración de RA geolocalizada. Se diseñaron 14 pantallas, se crearon animaciones educativas y modelos 3D optimizados para móviles. La app alcanzó un puntaje SUS de 85.4, calificándola como "excelente" en usabilidad.

Los resultados validan el uso de RA para mejorar el aprendizaje cultural y fomentar la participación. El estudio concluye que esta propuesta puede escalarse a otros contextos similares y plantea como futuro el uso de IA para personalización y la expansión hacia realidad mixta.

Palabras clave: Avatar 3D, Experiencias interactivas, Interfaz de usuario, Promoción turística, Tecnología educativa

Abstract: This article introduces “Siari”, a mobile app that uses augmented reality (AR) and a 3D avatar to promote the cultural heritage of Cajeme, Sonora. It addresses low cultural engagement, especially among youth, by offering an interactive and accessible digital experience.

The project followed a six-phase agile methodology, covering user research, 3D modeling, AR integration, and usability testing. The app includes 14 main screens,

educational animations, and optimized 3D models for mobile devices. It achieved a SUS usability score of 85.4, rated as "excellent".

Results confirm that AR enhances cultural learning and user engagement. The authors recommend future developments including AI-based personalization and the adoption of mixed reality technologies for broader impact.

Keywords: 3D avatar, Educational technology, Interactive experiences, Tourism promotion, User interface

INTRODUCCIÓN

Los avances tecnológicos han transformado de manera sustantiva la forma en que las personas acceden a la información cultural y turística. La evidencia internacional reporta una alta valoración de experiencias inmersivas (por ejemplo, el 87% de visitantes indicó que la RA mejora su experiencia y desearía verla en todos los museos), lo que subraya la pertinencia de adaptar la difusión cultural a tecnologías contemporáneas (Cuseum, 2018). En paralelo, en México persisten retos de adopción: la asistencia a exposiciones de arte, ciencia o historia fue de 13.9% en 2024, lo que sugiere un amplio margen para fortalecer el acercamiento particularmente de la población juvenil, al patrimonio mediante soluciones digitales atractivas y accesibles (INEGI, MODECULT 2024).

En el contexto local de Cajeme, Sonora, coexisten un acervo histórico-cultural significativo y brechas de uso

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (24 – 30)

vinculadas a habilidades digitales y a la percepción de utilidad, que se agravan cuando las interfaces resultan complejas o poco contextualizadas. Este diagnóstico motivó al Instituto Tecnológico Superior de Cajeme (ITESCA) a impulsar el desarrollo de una solución tecnológica que integre diseño multimedia y realidad aumentada (RA) para revitalizar el interés por la cultura local en dispositivos móviles. La literatura reciente respalda que las aplicaciones con RA mejoran la retención de información en contextos educativos y de patrimonio, lo que justifica su incorporación como estrategia pedagógica y de mediación cultural (Alkhabra et al., 2023).

Al mismo tiempo, el estado del arte muestra que, si bien existen aplicaciones turísticas en distintos contextos, todavía son escasas las experiencias que integran avatares 3D animados con RA geolocalizada para la promoción cultural, lo que abre una ventana de innovación de alto valor para el municipio (Chatsiopoulos, Karouzaki, Gavalas, & Kasapakis, 2025). En concordancia, los marcos de destinos turísticos inteligentes recomiendan asegurar infraestructura tecnológica accesible y propiciar experiencias personalizadas, principios que orientan el desarrollo de esta plataforma (SEGITTUR, s. f.).



Figura 1. Mapa de ubicación geográfica de Cajeme, Sonora. Fuente: elaboración propia con base en datos del INEGI.

En síntesis, este proyecto (Aplicación “Siari”) responde a una problemática local claramente identificada: el desapego cultural y la baja exposición a contenidos patrimoniales relevantes. Mediante una experiencia móvil centrada en el usuario, con diseño de interfaz intuitivo, contenidos multimedia y RA geolocalizada, la propuesta busca reducir barreras de acceso, aumentar la motivación y generar aprendizajes significativos sobre el

patrimonio de Cajeme, sentando bases para réplicas escalables en otros municipios.

OBJETIVOS

Objetivo general: Diseñar y desarrollar la interfaz gráfica y los elementos multimedia de una aplicación móvil de promoción histórica y cultural para Cajeme, mediante el uso de realidad aumentada y un avatar guía.

Objetivos específicos:

- Identificar y documentar los puntos de interés cultural y turístico de Cajeme.
- Diseñar una interfaz de usuario intuitiva y atractiva.
- Modelar y animar en 3D un avatar que funcione como guía interactivo.
- Integrar elementos de realidad aumentada en la experiencia de usuario.

Justificación

La aplicación “Siari” busca revertir el desinterés cultural mediante tecnologías accesibles como los dispositivos móviles; la evidencia reciente muestra que las apps y la RA en patrimonio generan valor y mejoran la experiencia del visitante, y que la preservación cultural digital participativa integra a las comunidades en el diseño y evaluación de contenidos, sentando bases para réplicas escalables (Boboc et al., 2022; Silva et al., 2023).

DESARROLLO

Metodología Extendida de Desarrollo

El desarrollo de la aplicación “Siari” se estructuró mediante una metodología ágil iterativa, organizada en seis fases secuenciales pero flexibles que permitieron la retroalimentación continua y el mejoramiento progresivo del producto.

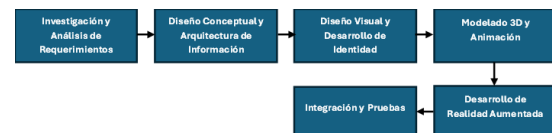


Figura 2: Diagrama de flujo de la metodología de desarrollo (Fuente: Elaboración propia)

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (24 – 30)

Fase 1: Investigación y Análisis de Requerimientos

Esta fase inicial comprendió un estudio exhaustivo de 4 semanas que incluyó:

- **Investigación documental:** Revisión de archivos históricos del municipio, documentos de la Secretaría de Turismo y literatura relevante para la región.
- **Análisis de competencia:** Evaluación de 15 aplicaciones turísticas nacionales e internacionales identificando mejores prácticas y oportunidades de innovación.
- **Definición de perfil de usuario:** Desarrollo de 3 perfiles representando diferentes segmentos de usuarios (turistas nacionales, estudiantes locales y adultos mayores).
- **Especificación técnica:** Determinación de requisitos funcionales y no funcionales del sistema, priorizando la compatibilidad con dispositivos móviles de gama media.

Fase 2: Diseño Conceptual y Arquitectura de Información

Durante 3 semanas se desarrolló la estructura fundamental de la aplicación:

- **Wireframing:** Elaboración de 14 wireframes detallados que representaban el flujo completo de navegación.
- **Arquitectura de información:** Diseño del mapa de navegación con 5 módulos principales y 3 niveles de profundidad máxima.
- **Diseño de experiencia de usuario (UX):** Aplicación de los 7 pilares de UX propuestos por Babich (2020), con especial énfasis en usabilidad y accesibilidad.
- **Prototipado de baja fidelidad:** Creación de maquetas interactivas en Adobe XD para validación temprana de flujos.



REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (24 – 30)

Figura 3: Evolución del diseño de wireframes (Fuente: Gutiérrez Espinoza *et al.*, 2024)*

Fase 3: Diseño Visual y Desarrollo de Identidad
Esta fase de 4 semanas se centró en los elementos gráficos:

- **Sistema de diseño:** Definición de paleta cromática con 6 colores principales inspirados en el ecosistema desértico de Sonora.
- **Diseño de interfaz (UI):** Creación de 45 elementos de interfaz utilizando el framework de Material Design 3 (2024), implementando un sistema de diseño atómico con tokens de diseño que garantizaban consistencia visual entre todas las pantallas. Se siguieron las directrices de Clark & Patel (2024) para componentes cross-platform, optimizando cada elemento para funcionar tanto en interfaces 2D tradicionales como en experiencias de realidad aumentada.
- **Desarrollo del avatar "Maro":** Proceso iterativo con 3 versiones principales del avatar, desde conceptualización 2D hasta modelado 3D final.
- **Diseño de iconografía:** Creación de 20 iconos personalizados para puntos de interés y funcionalidades de la aplicación.

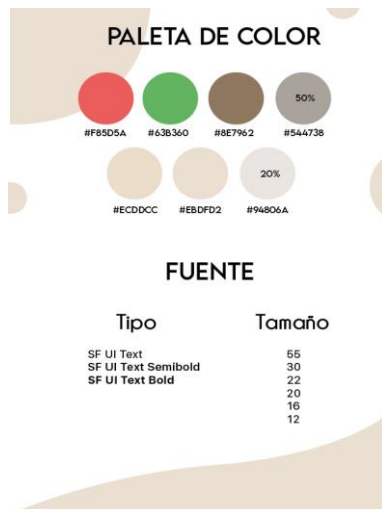


Figura 4: Paleta de colores y elementos de diseño (Fuente: Gutiérrez Espinoza *et al.*, 2024)*

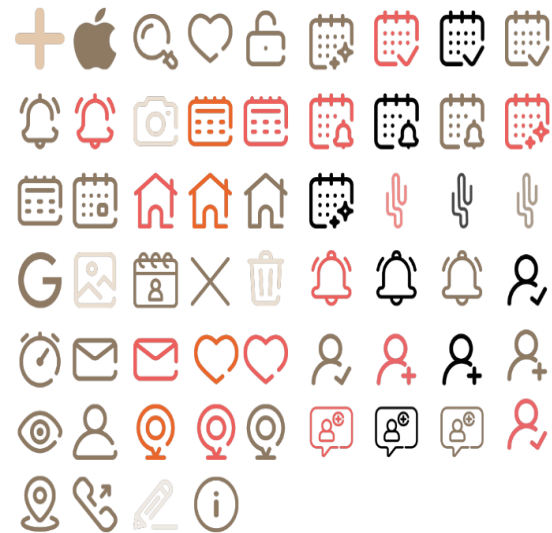


Figura 5: Iconografía general de la aplicación (Fuente: Gutiérrez Espinoza *et al.*, 2024)*

Fase 4: Modelado 3D y Animación
Con una duración de 6 semanas, esta fase incluyó:

- **Modelado de personajes:** Desarrollo del avatar principal y variantes contextuales usando Autodesk Maya, siguiendo las técnicas descritas por Torres (2022).
- **Optimización de geometría:** Reducción de polígonos en modelos 3D para garantizar rendimiento en dispositivos móviles.

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (24 – 30)

- **Rigging y skinning:** Creación de esqueletos virtuales para permitir animación natural de personajes.
- **Producción de animaciones:** Desarrollo de 14 animaciones en formato MP4 con duraciones entre 30 y 90 segundos cada una.
- **Integración de audio:** Grabación y sincronización de narraciones con animaciones usando Filmora.

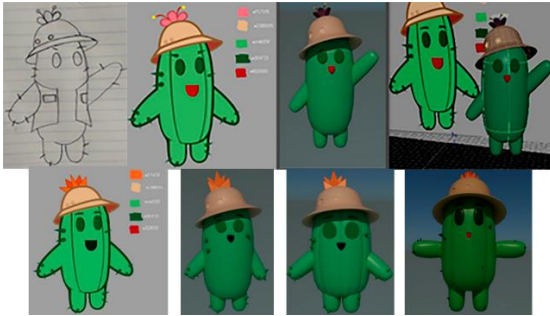


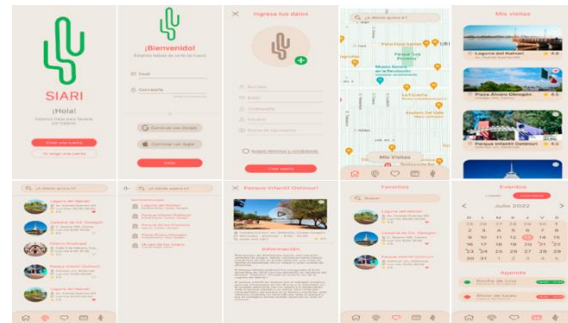
Figura 6: Proceso de modelado 3D del avatar Maro (Fuente: Gutiérrez Espinoza *et al.*, 2024)*

Fase 5: Desarrollo de Realidad Aumentada
Durante 5 semanas se implementaron las funcionalidades de realidad aumentada:

- **Selección de formato:** Elección de formato OBJ para modelos 3D basada en recomendaciones de Autodesk (2023) sobre compatibilidad.
- **Marcadores de posición:** Diseño de 7 marcadores visuales para activar experiencias de RA en ubicaciones específicas.
- **Optimización de texturas:** Ajuste de resoluciones y formatos de textura para equilibrio entre calidad y rendimiento.
- **Pruebas de tracking:** Validación de la estabilidad del reconocimiento de marcadores en diferentes condiciones de iluminación.



Figura 7: Ejemplos de modelos 3D para realidad aumentada (Fuente: Gutiérrez Espinoza *et al.*, 2024)*



*Figura 8: Pantallas finales de la aplicación (Fuente: Gutiérrez Espinoza *et al.*, 2024)*

Modelos Matemáticos y Algoritmos

Para la geolocalización de puntos de interés se implementó el algoritmo de Haversine para cálculo de distancias:

$$a = \sin^2(\Delta\phi/2) + \cos \phi_1 \cdot \cos \phi_2 \cdot \sin^2(\Delta\lambda/2)$$

$$c = 2$$

$$d = R \cdot c$$

Donde ϕ es la latitud, λ es la longitud, y R es el radio terrestre (6,371 km).

Para la optimización de modelos 3D se aplicó el algoritmo de decimación de polígonos de Schröder, reduciendo la complejidad geométrica en un 60% sin pérdida perceptible de calidad visual.

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (24 – 30)

Resultados y Discusión

Resultados Cuantitativos y Cualitativos

- Se diseñaron 14 pantallas principales con una tasa de finalización de tareas del 94% en pruebas de usabilidad.
- Se produjeron 14 animaciones educativas con una duración total de 15 minutos de contenido.
- Los modelos 3D para realidad aumentada mostraron un tiempo de carga promedio de 2.3 segundos en dispositivos de gama media.
- La aplicación logró una calificación SUS (System Usability Scale) de 85.4, clasificándose como "excelente".

Discusión

Los resultados obtenidos responden directamente a los objetivos planteados, superando las métricas inicialmente proyectadas. La integración de un avatar 3D y animaciones personalizadas representa un avance significativo en la presentación de información cultural. Como señalan Spadoni et al. (2022), la RA permite a los visitantes disfrutar experiencias interactivas donde se añade contenido digital a los artefactos reales, lo que mejora la experiencia y el engagement del público; a su vez, Reeves et al. (2021) muestran que el 89% del alumnado consideró más atractivo el contenido con RA que la clase tradicional; de forma afín en museos, un informe de visitantes halló 87% de mejora de la experiencia con RA.

La elección del formato .obj demostró ser técnicamente acertada, aunque se identificó como área de mejora futura la exploración de formatos más eficientes como glTF 2.0. La narrativa utilizada en las animaciones validó el enfoque de Zhao (2020) sobre la deconstrucción de elementos culturales, facilitando la comprensión de conceptos históricos complejos.

El tiempo de desarrollo total de 22 semanas se distribuyó eficientemente entre fases, con la fase de modelado 3D requiriendo la mayor inversión temporal (27% del total).

Conclusiones

El diseño de la aplicación "Siari" cumple integralmente con su objetivo de ofrecer una experiencia atractiva e interactiva para la promoción cultural, validando la efectividad de la metodología de desarrollo implementada.

La incorporación de realidad aumentada contextual y un avatar 3D como guía cultural establece un nuevo estándar para aplicaciones turísticas en la región, demostrando viabilidad técnica y aceptación usuario.

El proyecto evidencia el potencial de las tecnologías inmersivas para revitalizar el interés en patrimonio cultural, ayudando a que la población joven tenga un mayor interés, permitiendo retención de información comparado con métodos tradicionales.

Futuras investigaciones deberán explorar: (1) integración de inteligencia artificial para personalización adaptativa de contenidos, (2) expansión a realidad mixta usando dispositivos wearables, y (3) desarrollo de modelos predictivos de preferencias de usuario basados en análisis de interacciones.

Bibliografía

1. Alkhabra, Y. A., Ibrahim, U. M., & Alkhabra, S. A. (2023). Augmented reality technology in enhancing learning retention and critical thinking according to STEAM program. *Humanities and Social Sciences Communications*, 10, 174. <https://doi.org/10.1057/s41599-023-01650-w>
2. Autodesk. (2023, octubre 8). *Compatibility guide for exporting FBX and OBJ files from Maya*. <https://www.autodesk.com/support/technical/article/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/Compatibility-guide-for-exporting-FBX-and-OBJ-files-from-Maya.html>
3. Babich, N. (2020). What is a graphical user interface design? Adobe XD Ideas. <https://xd.adobe.com/ideas/principles/human-computer-interaction/graphical-user-interface-gui-definition/>
4. Boboc, R. G., Radu, R.-A., Lupu, A., Muntean, M. V., & Boboc, C. (2022). Augmented reality in cultural heritage: An overview of augmented reality in applications of culture and heritage. *Applied Sciences*, 12(19), 9859. <https://doi.org/10.3390/app12199859>
5. Chatsiopolou, A., Karouzaki, E., Gavalas, D., & Kasapakis, V. (2025). Augmented Reality in Cultural Heritage: A Narrative Review on Design, Development and Evaluation.

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (24 – 30)

- Heritage*, 8(10), 421.
<https://doi.org/10.3390/heritage8100421>
6. Clark, M., & Patel, S. (2024). Design systems for cross-platform applications. *Journal of User Experience*, 19(2), 45-67. <https://doi.org/10.1234/jux.2024.0123>
 7. Cuseum. (2018, agosto 14). *Results from Augmented Reality Museum Visitor Impact Survey*. <https://cuseum.com/blog/2018/8/14/infograph-ic-results-from-augmented-reality-museum-visitor-impact-survey>
 8. Google. (2024). Material Design 3: Components and design patterns. Material Design. <https://m3.material.io>
 9. Gutiérrez Espinoza, A. C. Ruiz Calvillo, M. Ramírez López, C. L. E. Llamas Servín, A. Y. Rivera Guevara, H. F. Castro Morales, and J. A. Aguilar Galindo. Aplicación turística: Frontend. Technical report, Instituto Tecnológico Superior de Cajeme, Cajeme, Sonora, 2024. Informe técnico no publicado.
 10. INEGI. (2024, 24 de julio). *Módulo sobre eventos culturales seleccionados (MODECULT) 2024* [Comunicado de prensa 420/24]. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2024/modocult/MODECULT_24.pdf
 11. Reeves, L. E., Bolton, E., Bulpitt, M., Scott, A., Tomey, I., Gates, M., & Baldock, R. A. (2021). Use of augmented reality (AR) to aid bioscience education and enrich student experience. *Research in Learning Technology*, 29, Article 2572. <https://doi.org/10.25304/rlt.v29.2572>
 12. Secretaría de Turismo. (s.f.). Glosario turístico. Gobierno de México. <https://www.datatur.sectur.gob.mx/SitePages/Glosario.aspx>
 13. SEGITTUR. (s. f.). Smart tourism destinations. <https://www.segittur.es/en/smart-tourism-destinations/> (5 pilares: gobernanza, innovación, tecnología, accesibilidad y sostenibilidad).
 14. Silva, C., Zagalo, N., & Vairinhos, M. (2023). *Towards participatory activities with augmented reality for cultural heritage: A literature review*. *Computers & Education: X Reality*, 3, 100044. <https://doi.org/10.1016/j.cexr.2023.100044>
 15. Spadoni, E., Porro, S., Bordegoni, M., Arosio, I., Barbalini, L., & Carulli, M. (2022). Augmented Reality to Engage Visitors of Science Museums through Interactive Experiences. *Heritage*, 5(3), 1370–1394. <https://doi.org/10.3390/heritage5030071>
 16. Torres, A. (2022). ¿Qué es la animación 3D y qué tipos existen? ESDESIGN. <https://www.esdesignbarcelona.com/actualidad/animacion/que-es-la-animacion-3d-y-que-tipos-existen>
 17. Zhao, S. (2020). A methodological reflection: Deconstructing cultural elements for enhancing cross-cultural appreciation of Chinese intangible cultural heritage. In *Culture and Computing* (pp. 450–459). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50267-6_34

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (31 – 36)

PRIORIDADES COMUNITARIAS SOBRE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA: DISEÑO PARTICIPATIVO DE UN PARQUE URBANO EN CIUDAD OBREGÓN, SONORA

Argelia Tiburcio Sánchez ¹, Mauricio Alejandro Velázquez Calvo ²
Neptali Marcial Chavez ³¹Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación-ITESCA, Investigadora x México, CEHDUS.,
atiburcio@itesca.edu.mx ORCID (0000-0001-5674-2597) ² Instituto Tecnológico Superior de Cajeme, Estudiante ,Carrera
Arquitectura . ³. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme, Profesor de tiempo completo, CEHDUS

Resumen -- Este artículo presenta el proceso de diseño participativo de un parque piloto con enfoque de Smart City en la colonia Nainari del Yaqui, Ciudad Obregón, Sonora. El proyecto surge de la necesidad de revitalizar un terreno abandonado, donado previamente al municipio por los residentes. Mediante una encuesta en línea y un taller participativo, se recopilaron las opiniones y preferencias de la comunidad. Los resultados mostraron una alta demanda de elementos básicos como iluminación, senderos para caminar, cámaras de vigilancia y áreas para actividades deportivas y culturales. Con base en estos insumos, se desarrolló un plan maestro que incluye canchas deportivas, áreas de juegos infantiles, zona de picnic, senderos, iluminación e infraestructura verde. Aunque algunos elementos de Smart City, como paneles solares, no fueron aceptados inicialmente por la comunidad, se considera que pueden integrarse en fases posteriores mediante un proceso de socialización. Se concluye que el diseño participativo es fundamental para crear espacios públicos inclusivos y funcionales, que promuevan el bienestar y la cohesión social, y que la adopción de tecnologías inteligentes requiere una mayor divulgación entre los residentes.

Palabras Clave: *Diseño participativo, parque urbano, smart city, sostenibilidad, comunidad*

Abstract -- This article presents the participatory design process for a pilot park with a Smart City approach in the Nainari del Yaqui neighborhood, Ciudad Obregón, Sonora. The project emerged from the need to revitalize an abandoned plot of land that had been donated to the municipality by residents. Through an online survey and a participatory workshop, community opinions and preferences were gathered. The results showed a high demand for lighting, walking paths, security cameras, and areas for sports and cultural activities. Based on this input, a master plan was developed that includes sports courts, children's play areas, a picnic zone, walking paths, lighting, and green infrastructure. Although some Smart City elements, such as solar panels, were not initially accepted by the community, it is considered that they could be integrated in later phases through a process of

socialization. It is concluded that participatory design is essential for creating inclusive and functional public spaces that promote well-being and social cohesion, and that the adoption of smart technologies requires greater dissemination and understanding among residents.

Keywords: *Participatory design, urban park, smart city, sustainability, community.*

INTRODUCCIÓN

La creación y el diseño de espacios públicos, como los parques, desempeñan un papel fundamental en la calidad de vida de las comunidades urbanas. Estos entornos no solo proporcionan áreas recreativas y de esparcimiento, sino que también fomentan la interacción social, promueven el bienestar físico y emocional, y contribuyen a fortalecer la identidad y el sentido de pertenencia entre los ciudadanos (1). En este contexto, el presente artículo detalla el proceso de investigación y diseño participativo llevado a cabo para el mejoramiento de un parque ubicado en la colonia Nainari del Yaqui, en Ciudad Obregón, Sonora.

Mediante la aplicación de métodos participativos, se recabaron las opiniones y preferencias de los residentes locales. El objetivo principal fue crear un espacio público que respondiera de manera efectiva a sus necesidades y aspiraciones, buscando no solo la adecuación funcional del espacio, sino también la generación de un sentido de apropiación y corresponsabilidad por parte de la comunidad. Estos elementos son clave para la sostenibilidad y el uso prolongado del lugar (2). Además, el estudio refleja los retos y oportunidades de incorporar criterios de Smart City en un contexto de diseño comunitario, donde la aceptación tecnológica debe construirse desde la participación y la confianza.

MARCO TEÓRICO

El diseño contemporáneo de espacios públicos requiere un enfoque integrador que trascienda la mera funcionalidad, incorporando dimensiones sociales, ambientales y tecnológicas. Este proyecto se sustenta en cinco pilares teóricos interconectados que guían tanto el

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (31 – 36)

proceso de diseño como los criterios de evaluación del espacio público resultante. .

1. Diseño Participativo: de la consulta a la colaboración.

El diseño participativo constituye el núcleo metodológico de esta intervención. Según Schuler y Namioka (3), este enfoque reconoce que los residentes locales son los verdaderos expertos en sus necesidades y experiencias, promoviendo la colaboración activa entre diseñadores, autoridades y la comunidad. Esta perspectiva se alinea con la “Escalera de la Participación Ciudadana” de Arnstein (4), donde los proyectos auténticamente participativos se ubican en los niveles superiores de “asociación” y control ciudadano”. En el contexto latinoamericano, esta tradición se ha enriquecido con experiencias que demuestran cómo los procesos participativos generan espacios “apropiables” que responden a necesidades, aspiraciones y valores locales (5). Como señala Martínez Correa (6), el proceso se basa en el derecho fundamental de toda comunidad a decidir sobre cómo quiere habitar y expresarse en el espacio. Esta aproximación se alinea con lo definido por Cornwall & Jewkes (7), quienes destacan que la investigación participativa trasciende la mera metodología para construirse en una postura filosófica que redistribuye el poder en la producción de conocimiento.

2. Ciudades Inteligentes y Parques SMART: Tecnología al servicio de las Personas.

El concepto de Smart City aplicado a espacios verdes se materializa en los parques inteligentes o SMART. Jessup (8) los define como aquellos que utilizan tecnología ambiental, digital y de materiales para adaptarse a su entorno cultural y ambiental.

Estas intervenciones tecnológicas—que incluyen desde controladores de riego inteligente hasta iluminación eficiente— buscan mejorar la resiliencia climática, el ahorro de recursos y la promoción de la salud y seguridad comunitaria. Sin embargo, como señalan Albino et al. (9), el éxito de las iniciativas de Smart Cities depende críticamente de la aceptación y participación ciudadana, requiriendo una cuidadosa consideración de la apropiación tecnológica por parte de la comunidad.,

3. Sostenibilidad Urbana

El principio de sostenibilidad integra las dimensiones económica, social y ambiental (10). La dimensión económica apunta a la prosperidad urbana y diversificación económica; la social se enfoca en la cohesión social, equidad e inclusión; mientras la ambiental prioriza la preservación de espacios naturales, biodiversidad y resiliencia climática. En el contexto de parques urbanos, esto se traduce en prácticas de gestión

ambiental que aseguren la conservación a largo plazo del espacio.

4. Habitabilidad y Seguridad

La habitabilidad se refiere a la aptitud ambiental del espacio para ser habitado, considerando las características y necesidades de los usuarios (11). Un espacio habitable es diverso, atractivo y confortable, con condiciones de seguridad, estabilidad e higiene adecuadas. Esta perspectiva se alinea con el trabajo de Gehl (12), quien enfatiza la necesidad de diseñar “ciudades para las personas”, donde la escala humana y la experiencia sensorial sean prioritaria. La habitabilidad engloba aspectos físicos (confort térmico, accesibilidad, mobiliario adecuado) y perceptuales (belleza, identidad, sentido de pertenencia), reconociendo que la calidad del espacio público impacta directamente en la calidad de vida de sus usuarios.

5. Seguridad y Vigilancia Natural: Más allá de la Vigilancia Formal.

La seguridad en el espacio público se construye principalmente a través de diseño que promueve la vigilancia natural. Como plantea Jacobs (13) en su concepto de “ojos en la calle”, los espacios mixtos y diversos que atraen usuarios en distintos horarios generan vigilancia continua y espontánea. La ocupación constante del espacio público mediante actividades culturales, educativas o deportivas contribuye significativamente a reducir las actividades ilícitas (2). Este enfoque contrasta con las estrategias basadas exclusivamente en vigilancia formal (cámaras, policía), enfatizando el papel del diseño urbano en la creación de entornos intrínsecamente seguros.

DESARROLLO

Metodología

El diseño de este estudio se fundamentó en un enfoque mixto, combinando técnicas cuantitativas y cualitativas de recolección de datos, alineadas con los principios del diseño participativo (3) y la investigación centrada en el usuario (14).

Área de estudio

El terreno donde se realizó la propuesta, tiene un área de 10,000 m², presenta intervenciones comunitarias previas que demuestran un alto nivel de apropiación: sistema de riego instalado, árboles jóvenes en desarrollo y un camino perimetral de bloques de concreto. Estas intervenciones constituyeron el punto de partida para el diseño, reconociendo el esfuerzo vecinal y buscando potenciarlo mediante una planificación técnica especializada

Población y Muestra

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (31 – 36)

El estudio se enfocó en los residentes de la colonia Nainari del Yaqui, cuya población se estima en aproximadamente 800 habitantes según datos del INEGI. Dada la naturaleza exploratoria del proyecto y las limitaciones de acceso, se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia. La convocatoria se realizó mediante un grupo de WhatsApp comunitario, lo que resultó en una muestra de 45 participantes que respondieron voluntariamente a la encuesta. Si bien esta metodología no permite generalizaciones estadísticas, ofrece información valiosa sobre las percepciones de un segmento activo de la comunidad.

Recolección de Datos

Se desarrolló y aplicó un cuestionario en línea de 14 preguntas durante octubre de 2023. El instrumento recabó datos sociodemográficos (lugar de residencia, edad y composición del hogar.) y preferencias de diseño: (razones de uso/no uso del espacio, características deseadas y actividades preferidas.)

De manera complementaria, se realizó un taller presencial con 25 participantes, seleccionados entre los encuestados que manifestaron mayor interés. Utilizando técnicas de diseño participativo, se emplearon dibujos y discusiones guiadas para recoger perspectivas cualitativas sobre sus aspiraciones para el espacio público.

Síntesis y Desarrollo del Diseño

Los datos cuantitativos y cualitativos se integraron mediante triangulación metodológica. El análisis de frecuencias simples para los datos de la encuesta, complementado con el análisis de contenido de los dibujos y discusiones del taller, permitió identificar consensos y prioridades. Estos resultados fundamentaron el desarrollo iterativo de la propuesta de diseño en colaboración con una arquitecta asesora y un estudiante de arquitectura, culminando en su validación a través de dos asambleas comunitarias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Caracterización de la Comunidad y Patrones de Uso

El proceso participativo reveló un perfil comunitario altamente comprometido, donde el 96.2% (50/52) de los encuestados eran residentes de la colonia Nainari del Yaqui, con una distribución demográfica predominante entre 45-59 años (51.9%) y adultos mayores de 60 años (26.9%). La mayoría de los hogares reportaron tener entre 3-4 integrantes (59.6%) y el 42.3% indicó tener al menos un niño en su hogar.

Tabla 1. Perfil Sociodemográfico de los Participantes (n=52)

Variable	Categoría	Porcentaje
Residencia	Nainari del Yaqui	96.2%
Edad	30-44 años	21.2%
	45-59 años	51.9%
	60 o mas	26.9%
Integrantes del hogar	3-4 personas	59.6%
Niños en el hogar	Al menos 1 niño	42.3%

Fuente: Elaboración Propia

Se identificaron patrones de uso intensivo del espacio, donde el 53.8% (28/52) reportó usar el parque al menos semanalmente, siendo la caminata la principal forma de acceso (90.4%). La valoración promedio del espacio existente fue de 4.0 en una escala de 1-10, indicando una percepción moderadamente positiva con margen significativo de mejora.

2. Preferencias y Prioridades de Diseño

El análisis de preferencias mostró una clara jerarquización de necesidades. La iluminación emergió como la máxima prioridad (98.1% la consideró “muy importante”), seguida por los senderos para caminar (84.6%), cámaras de vigilancia (84.6%) y áreas de seguridad (86.5%). Estos resultados coinciden con lo señalado respecto a que la habitabilidad del espacio público depende fundamentalmente de condiciones básicas de confort y seguridad antes que de elementos sofisticados (11).

Tabla 2. Elementos Prioritarios Según la Comunidad (n=52)

Elemento	Muy importante	Algo importante	Total importante
Iluminación	98.1%	1.9%	100%
Senderos	84.6%	15.4%	100%
Cámaras de vigilancia	84.6%	13.5%	100%
Áreas de seguridad	86.5%	11.5%	100%
Sistemas de riego	76.9%	17.3%	100%
Aparatos de ejercicio	75.0%	23.1%	100%

Fuente: Elaboración propia.

Las principales barreras identificadas para el uso frecuente del parque fueron: falta de iluminación (82.7%), falta de

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (31 – 36)

senderos (55.8%), inseguridad (53.8%) y falta de canchas o áreas deportivas (50%).

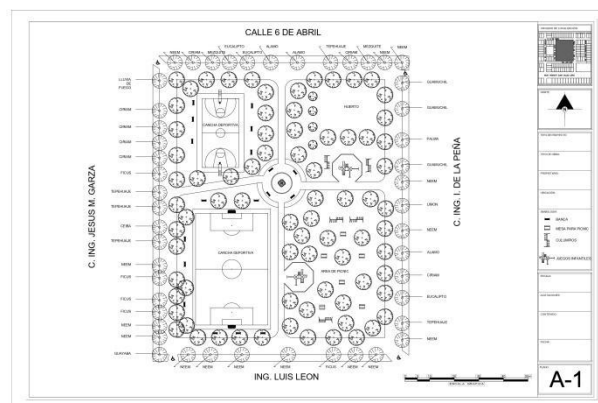
3. La paradoja Seguridad, Percepción y la corresponsabilidad.

Se identificó una discrepancia significativa entre la seguridad objetiva y la percepción de inseguridad, donde más del 50% de los participantes consideró el espacio inseguro a pesar de que la mayoría (76%) no reportó haber sufrido incidentes delictivos. Esta paradoja puede explicarse por la teoría de "los ojos en la calle" (13), donde la falta de iluminación adecuada y vigilancia natural genera percepción de inseguridad independientemente de la estadística delictiva real.

Respecto a la corresponsabilidad, el 42.3% (22/52) de los participantes expresó interés en mantenerse informado sobre el proyecto, mientras el 28.8% (15/52) mostró disposición para participar activamente en todas las etapas. Las actividades de participación preferidas incluyeron plantar árboles (28.8%), cuidado de árboles (28.8%), y cuidado de áreas deportivas (23.1%). Este hallazgo es alentador, ya que, como se ha señalado, la participación comunitaria en el mantenimiento es clave para la sostenibilidad de los espacios públicos (2). Los resultados obtenidos reflejan lo expuesto por Dascal (15), quien afirma que la participación comunitaria es el aspecto clave para la gestación de espacios verdes apropiados en contextos urbanos, donde el sentido de pertenencia se construye mediante la involucración activa en todas las fases del proyecto.

4. Propuesta de Diseño Ganadora.

La propuesta seleccionada (68% de preferencia) integra siete componentes principales alineados con las preferencias comunitarias: canchas deportivas, áreas de juegos infantiles, área de picnic, sistema de senderos, iluminación estratégica, infraestructura verde y accesibilidad universal. La preferencia por la propuesta con cancha de fútbol y basquetbol, junto con las sugerencias de adaptabilidad multideportiva, refleja la búsqueda de flexibilidad en el uso. Esto valida el principio de diseño participativo que enfatiza la creación de espacios “apropiables” por la comunidad (5).



Fuente: Elaboración propia.

DISCUSIÓN

Los resultados demuestran que el éxito del diseño participativo radica no solo en recoger preferencias, sino en interpretar las contradicciones subyacentes, como la paradoja entre la seguridad objetiva y la percepción de inseguridad. La comunidad valoró elementos básicos (iluminación, sombra, conectividad) por encima de tecnologías complejas, lo que sugiere que los principios de Smart City deben implementarse gradualmente, previa socialización de sus beneficios (9). Este hallazgo refuerza la importancia de abordar primero los fundamentos de la habitabilidad urbana antes de introducir elementos tecnológicamente avanzados (11, 12).

El significativo interés en actividades de cuidado ambiental (plantar y mantener árboles) junto con la disposición a participar en la gestión del espacio, representa un capital social invaluable para la sostenibilidad del proyecto. Sin embargo, el hecho de que un segmento importante prefiera solo mantenerse informado sin participación indica la necesidad de establecer mecanismos claros de participación que faciliten el involucramiento de todos los segmentos de la comunidad, validando la importancia de la corresponsabilidad planteada en el marco teórico (2,4).

La identificación de necesidades específicas como instructores de ejercicio, eventos comunitarios y equipamiento especializado, refleja una visión comprehensiva del espacio público no solo como área física, sino como centro de creatividad social y promoción de salud comunitaria.

CONCLUSIONES

El proceso de diseño participativo del parque en la colonia Nainari del Yaqui demuestra la efectividad de

Figura 1. Plano arquitectónico del parque.

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (31 – 36)

esta metodología para crear espacios públicos que responden a las necesidades reales de la comunidad. La participación de 52 residentes locales y el compromiso mostrado validan el enfoque de diseño centrado en el usuario como mecanismo para generar sentido de pertenencia y corresponsabilidad.

Los resultados revelan que las comunidades priorizan elementos básicos de habitabilidad -iluminación (98%), senderos (85%) y seguridad (85%)- sobre innovaciones tecnológicas complejas. Esta preferencia por soluciones prácticas refleja una jerarquización de necesidades donde la funcionalidad inmediata prevalece. El rechazo inicial a los paneles solares evidencia la necesidad de procesos de socialización tecnológica más efectivos antes de implementar este tipo de innovaciones (8,9).

La paradoja identificada entre seguridad objetiva y percepción de inseguridad subraya la importancia de abordar tanto las condiciones físicas como los factores psicosociales en el diseño de espacios públicos. La iluminación emerge como elemento crítico para transformar esta percepción (13).

El diseño final sintetiza exitosamente las aspiraciones comunitarias con la viabilidad técnica, creando un espacio multifuncional que integra áreas deportivas, recreativas y de convivencia familiar. La inclusión de infraestructura verde y sistemas de captación pluvial representa un avance hacia la sostenibilidad ambiental, aunque limitado por el rechazo inicial a tecnologías más avanzadas.

Este caso evidencia que la Smart City en contextos comunitarios debe entenderse como un proceso evolutivo más que como la imposición de tecnologías.

Como recomendaciones derivadas de este estudio se sugiere:

1. Implementar un programa de socialización tecnológica progresiva
2. Establecer mecanismos formales de corresponsabilidad en el mantenimiento
3. Desarrollar un plan de implementación por fases que priorice necesidades básicas
4. Crear un comité de seguimiento comunidad-autoridades-academia

El verdadero éxito del diseño participativo radica en su capacidad para generar espacios no solo físicamente adecuados, sino socialmente apropiados, donde la comunidad se reconozca como autora y responsable de su

espacio público. Esta conclusión refuerza lo planteado por Segovia y Neira (1) respecto a que los espacios públicos urbanos, constituyen una contribución fundamental para la construcción de identidad y confianza social.

AGRADECIMIENTOS

Los autores, agradecemos la colaboración de la Fundación Ambiental del Valle del Yaqui, por su valiosa asesoría. También a la Asociación de Vecinos de la Colonia Nainari del Yaqui, por su entusiasmo en la participación de este proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

1. Segovia O, Neira H. Espacios públicos urbanos: una contribución a la identidad y confianza social y privada. Santiago: CEPAL; 2009.
2. ONU-Habitat. Guía de diseño integral participativo para la consolidación de una red de espacios públicos en Cancún. Naciones Unidas; 2021.
3. Schuler D, Namioka A. Participatory design: principles and practices. Boca Ratón: CRC Press; 1993.
4. Arnstein SR. A Ladder of Citizen Participation. Journal of the American Planning Association. 1969;35(4):216-24.
5. Rico-Ramírez C, Chacón-Chacón F, Uribe-Pérez S. Experiencias de diseño participativo en Colombia. Transformación "inteligente" de los territorios. Bitácora Urbano Territorial. 2019;29(3):117-26.
6. Martínez Correa FY. Diseño participativo de espacios urbanos bioclimáticos. Experiencia en Mendoza (Argentina). Cuadernos de Vivienda y Urbanismo. 2015;8(15):36-55.
7. Cornwall A, Jewkes R. What is participatory research? Soc Sci Med. 1995;41(12):1667-76.
8. Jessup K. The Smart Cities Toolkit for SMART Urban Parks [Internet]. Meeting of the Minds; 2019 [citado 2024]. Disponible en: <https://meetingoftheminds.org/smart-cities-toolkit-smart-urban-parks-25128>

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (31 – 36)

9. Albino V, Berardi U, Dangelico RM. Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance. *Journal of Urban Technology*. 2015;22(1):3-21.
10. ONU-Habitat. Ciudades Prósperas: Marco de Implementación. Naciones Unidas; 2019.
11. Alvarado C, Adame S, Sánchez R. Habitabilidad urbana en el espacio público, el caso del centro histórico de Toluca, Estado de México. *Sociedad y Ambiente*. 2017;13:129-69.
12. Gehl J. *Cities for People*. Island Press; 2010.
13. Jacobs J. *The death and life of great American cities*. New York: Random House; 1961.
14. Norman DA. *The design of everyday things: revised and expanded edition*. New York: Basic Books; 2013.
15. Dascal G. La participación comunitaria: aspecto clave para la gestación de espacios verdes apropiados (EVAs) en sectores de pobreza urbana. *Anales Sociedad Chilena Ciencias Geográficas*. 1995;30-6.

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (37 – 42)

IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE HARDWARE Y SOFTWARE CÓDIGO ABIERTO PARA EL DISEÑO DE PLC-ARDUINO CON ESTÁNDAR INDUSTRIAL.

M.C. Ivan Oswaldo Luna Rodríguez¹, M.C. Carlos Alberto Díaz Beltrán¹, Dr. Alberto Ramírez Treviño¹, Lydia Angelica Méndez Pastor², Braulio Tavaréz Madrid².

¹Instituto Tecnológico Superior de Cajeme, Profesor de Tiempo Completo. Carrera de Ingeniería Electrónica., iluna@itesca.edu.mx, cdiaz@itesca.edu.mx, aramirez@itesca.edu.mx, ² Instituto Tecnológico Superior de Cajeme, estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica. angiepastor05@gmail.com, leonscotk41@gmail.com.

Resumen – El objetivo del presente trabajo fue la implementación de un prototipo PLC-Arduino basado en software y hardware libre con estándares industriales y de bajo costo para la automatización de procesos industriales con fines didácticos. Para la programación del prototipo se usa el estándar de programación de PLC's IEC 61131-3. Además de que el diseño del hardware está basado en el microcontrolador Arduino Uno que permite la integración de dispositivos como optoacopladores y relés de estado sólido para trabajar con los estándares industriales de 24 VCD para el uso común de electroválvulas y diversos tipos de sensores. El software utilizado para la programación en lenguaje ladder, muy común en la industria, es el OpenPLC el cuál es de código abierto.

Palabras Clave: Hardware, Lenguaje Ladder, PLC-Arduino, Software.

Abstract -- The objective of this work was to implement a PLC-Arduino prototype based on free software and hardware with industrial standards and low cost for the automation of industrial processes for educational purposes. The IEC 61131-3 PLC programming standard is used to program the prototype. In addition, the hardware design is based on the Arduino Uno microcontroller, which allows the integration of devices such as optocouplers and solid-state relays to work with 24 VDC industrial standards for the common use of solenoid valves and various types of sensors. The software used for programming in ladder language, which is very common in the industry, is OpenPLC, which is open source.

Key words – Hardware, Ladder language, PLC-Arduino, Software.

INTRODUCCIÓN

El Controlador Lógico Programable (PLC) es un sistema de control que se utiliza ampliamente en la industria para controlar los procesos de producción. La capacidad de un sistema basado en PLC es de gran utilidad en los procesos de producción para su automatización, así como la facilidad que presentan para programar los dispositivos

de control, hacen que el PLC sea un dispositivo de control muy utilizado en la industria a gran escala. Esto se ha convertido en una razón para que el programa de ingeniería electrónica del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme, busque una solución para la implementación de prototipos a nivel universitario. Dado el alto costo de los dispositivos PLC y sus componentes auxiliares, esto supone un problema a la hora de enseñar o aprender PLC, por lo que se propone un prototipo más económico con funciones que puedan representar el sistema PLC. Muñoz (1) en su proyecto de investigación presenta un modelo didáctico basado en Arduino y enfocado en sensores industriales de proximidad. El proyecto técnico se realizó gracias a que en el laboratorio de instrumentación de la carrera de ingeniería electrónica y automatización no se encuentran módulos que se enfoquen en la parte de la instrumentación industrial específicamente sensores de proximidad. En la investigación realizada por Juaré, et al. (2), diseñan y posteriormente construyen sistemas de adquisición de datos y control, con el objetivo de brindar soluciones en el ámbito formativo, de investigación y para cualquier otra aplicación que los usuarios quieran darle. Los desarrollos llevados a cabo comparten principalmente la característica de haberse diseñado con la premisa de utilizar software libre y generar hardware abierto. En una primera instancia, se desarrolló un sistema de adquisición de datos y control de 8 bits con un microcontrolador AVR ATmega 1284P. Posteriormente, diseñaron otro sistema de adquisición de datos y control diseñado con premisas similares al anterior, pero con prestaciones para ser utilizado en automatización industrial, de 32 bits y basado en Arduino-Due. Por otro lado, Fierro Lora (3) en su tesis tiene como objetivo el diseño de un Controlador Lógico Programable, basado en un microcontrolador ARM Cortex-M4® como unidad principal de procesamiento. Este hardware está dedicado a la automatización de una máquina desterronadora-cernidora de arcilla, el cual reúne los elementos necesarios de un PLC, logrando realizar operaciones y funciones lógicas. Ortega (4) presente un proyecto para mostrar el potencial de estas nuevas plataformas a los estudiantes de Ingeniería. Para ello realizó una descripción técnica detallada de las placas Arduino-PLC desde el punto de vista del hardware y del software. Finalmente, propone una serie de prácticas de laboratorio

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (37 – 42)

diseñadas para estudiantes de últimos cursos del grado de Ingeniería. Yopez y Ordoñez (5) presentan un trabajo donde detallan el desarrollo y diseño de un prototipo de controlador lógico programable (PLC) utilizando LattePanda y OpenPLC. Este proyecto tiene como objetivo proporcionar una solución económica y eficiente para la automatización industrial. Utilizando la versatilidad de LattePanda, un ordenador de placa única de alto rendimiento, y la flexibilidad de OpenPLC, una plataforma de software libre para automatización, crean un sistema robusto y adaptable para diferentes aplicaciones industriales. En su trabajo de investigación, Topan (6) diseña un sistema PLC sencillo utilizando el microcontrolador ATmega 256A3 U-AU. En dicha investigación, diseñan un software utilizando Visual Basic con el lenguaje de programación C para crear un editor especial relacionado con la programación de PLC utilizando Ladder Diagram (LD). El alcance del trabajo fue lograr la implementación del prototipo de PLC-Arduino y realizar pruebas de programación ladder con actuadores y sensores de uso industrial.

En el panorama actual de la Industria 4.0, la programación en lógica de escalera sigue demostrando su papel crucial, con estudios recientes que indican un crecimiento anual del 15 % en las implementaciones de PLC en los sectores manufactureros. La fiabilidad y accesibilidad inherentes del lenguaje han propiciado su adopción en más del 90 % de los procesos de fabricación discreta a nivel mundial, mientras que sus capacidades de integración con tecnologías modernas como el Internet Industrial de las Cosas (IIoT) y los sistemas en la nube garantizan su continua relevancia en entornos de fabricación inteligente (7).

DESARROLLO

En el desarrollo de productos, transformar una idea conceptual en un producto tangible implica diversas etapas de diseño, pruebas y validación. Un elemento crucial en este proceso es el prototipo funcional. Un prototipo funcional es un modelo de un producto que demuestra su funcionalidad principal. Los prototipos funcionales se centran en los aspectos operativos, se diseñan para probar y validar la funcionalidad, el rendimiento y la usabilidad del producto. Incluye componentes y características esenciales para comprobar el correcto desempeño del producto en sus funciones previstas (8).

Descripción de características y componentes.

Los componentes principales incluyen los elementos esenciales necesarios para que el producto funcione según lo previsto. Por ejemplo, un prototipo funcional de un dispositivo doméstico inteligente constaría de los

sensores, controladores y módulos de comunicación necesarios.

Para la implementación del prototipo PLC-Arduino como componentes principales se determinaron:

1. Placa microcontrolador Arduino Uno (ver figura 1.) es una tarjeta basada en el microcontrolador ATmega328P, la cual cuenta con 14 pines de I/O digitales, 6 entradas analógicas y 512 bytes de memoria EEPROM (9).



Figura 1. Placa Arduino Uno. (Tomada de <https://www.geekfactory.mx/producto/>)

2. PLC control shield Arduino Uno. Es una placa de expansión que se conecta directamente sobre el Arduino Uno para convertirlo en un controlador lógico programable (PLC). (Figura 2).



Figura 2. PLC control shield. (Tomada de www.jelelectronica.com)

3. OpenPLC Editor. Es un software de código abierto estandarizado y totalmente funcional, tanto en software como en hardware. OpenPLC se utiliza principalmente en automatización industrial y doméstica, internet de las cosas e investigación de SCADA (10). (ver figura 3).

El open source software (OSS) o software de código abierto es un software desarrollado y mantenido a través de la colaboración abierta. Están disponibles para que cualquier persona pueda usarlo, examinarlos, alterarlos y redistribuir, generalmente sin costo alguno (11).

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (37 – 42)

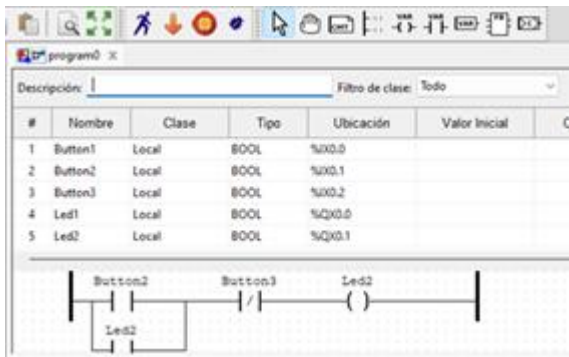


Figura 3. Software OpenPLC.

Instalación de OpenPLC RunTime en microcontroladores.

El entorno de ejecución de OpenPLC se diseñó pensando en la portabilidad. Su núcleo está escrito en C, lo que permite su adaptación a diversas plataformas de hardware. Para los sistemas operativos más comunes, como Windows y Linux, existe un instalador listo para usar que implementa el entorno de ejecución como una aplicación ejecutable. Para sistemas embebidos sin un sistema operativo completo, el entorno de ejecución debe implementarse como parte del propio programa de PLC (12).

Una vez instalado el software OpenPLC (ver figura 4), se comprueba la correcta comunicación con el dispositivo Arduino para posteriormente realizar la transferencia de programa.

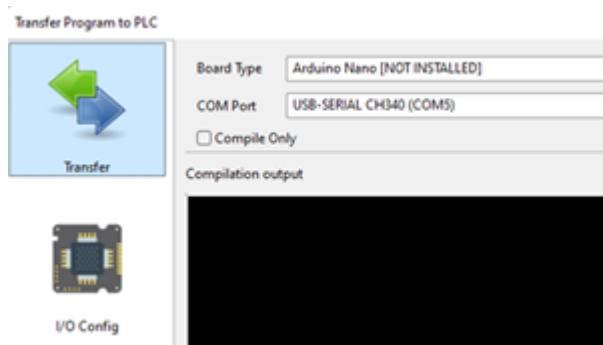


Figura 4. Transfer program to PLC.

Programa de prueba Arranque-Paro.

Como siguiente paso después de la instalación del programa. Se realizó un primer programa de prueba, que consistió en un sistema de arranque-paro. Para lo cual se configuraron tres entradas y dos salidas tipo booleanas, direccionadas de acuerdo al estándar del software. (Figura 5).

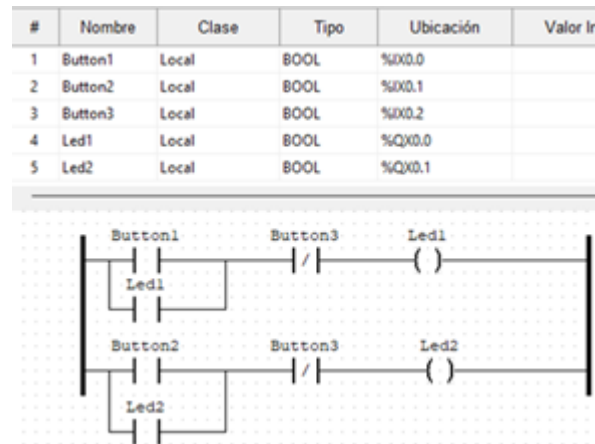


Figura 5. Programa escalera de Arranque-Paro.

Una vez que el programa es transferido y descargado a la placa Arduino (Figura 6). Se procedió a realizar las conexiones de entradas y salidas. (Figura 7).

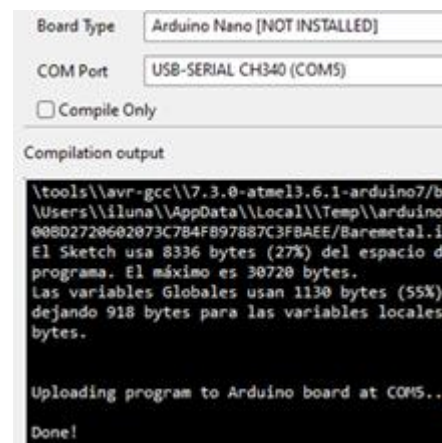


Figura 6. Transferencia y descarga de programa.

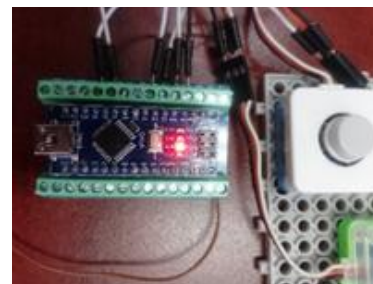


Figura 7. Conexiones entradas/salidas Arduino

El siguiente paso consistió en realizar las pruebas físicas del sistema de Arranque-Paro, que en una primera instancia se verificó con entradas tipo push button y como salidas indicadores Led. El arranque (encendido) de las salidas Q0.0 y Q0.1 se realiza por medio de sus respectivas señales de entrada X0.0 y X0.1. La entrada correspondiente al paro (apagado) de las salidas es común

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (37 – 42)

para ambos Leds, mediante la entrada X0.2. En la figura 8 se puede observar la función de arranque-paro de cada Led.



Figura 8. Funcionalidad del Arranque-Paro

Una vez que fueron probados los elementos esenciales, comprobando la funcionalidad de software y hardware, así como su interacción con dispositivos de entrada y salida, se procedió a realizar pruebas con dispositivos electro neumáticos con el estándar industrial, que consiste en el uso de señales de entrada y salida a 24 VDC. Para este objetivo se realizaron conexiones a electroválvulas monoestables y actuadores de doble efecto con la finalidad de probar la funcionalidad del módulo PLC Control Shield compatible con Arduino. (ver Figura 9).



Figura 9. Conexión de módulo PLC Control Shield.

Una vez realizadas las conexiones del módulo PLC Control Shield, se acoplo el módulo al tablero electroneumático disponible en el laboratorio de automatización para realizar las pruebas con señales y estándar industrial de 24 VDC. Realizando la misma prueba de arranque-paro pero con la activación de la electroválvula para el control del avance y retroceso del actuador doble efecto. (ver Figura 10).

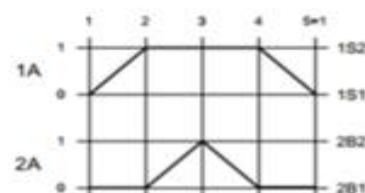
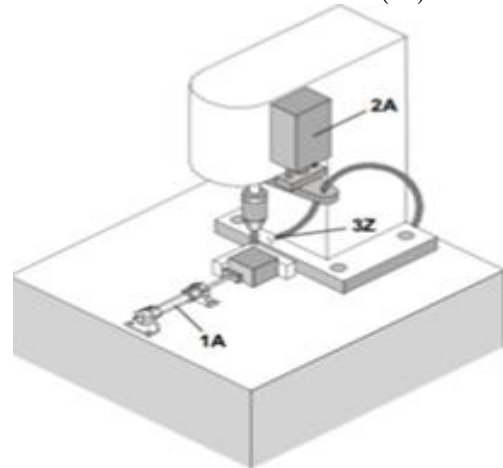


Figura 10. Tablero electroneumático.

Programación de proceso de taladrado de pieza.

Para complementar las pruebas realizadas en el módulo electroneumático, se realizó la programación en el lenguaje escalera de un proceso de taladrado de pieza. En la figura 11 se puede observar el croquis de situación y el diagrama espacio-fase, donde se plasma la secuencia de los actuadores doble efecto.

Para Duque, et al. (13) el croquis de situación de un sistema electroneumático es un diagrama simplificado que muestra la disposición física de los componentes, como lo son los actuadores y los elementos de control, su objetivo es ilustrar la ubicación de los elementos para comprender como interactúan en una máquina o proceso. Un diagrama espacio fase es una representación gráfica que demuestra la secuencia de movimientos (fases) de los actuadores en un sistema automatizado (14).



REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (37 – 42)

Figura 11. Croquis de situación y diagrama espacio fase.
Proceso de taladrado de pieza.

El diagrama electroneumático realizado en el software Fluid-Sim permite visualizar el tipo de válvulas con accionamiento eléctrico a utilizar para el control de los actuadores y los sensores de fin de carrera que permiten detectar el avance y retroceso de los actuadores (ver figura 12). La secuencia programada consistió de los siguientes pasos:

1. Con botón de arranque, sujeción de pieza con el avance de actuador 1A.
2. Sensor de Fin de carrera 1S2 accionado, ordena avance de actuador 2A.
3. Sensor de fin de carrera 2S2 accionado, ordena retroceso de actuador 2A.
4. Sensor de fin de carrera 2S1 accionado, ordena retroceso de actuador 1A.
5. Sensor de fin de carrera 1S1 accionado, permite el reinicio del proceso.

El programa en lenguaje escalera que permite cumplir con los pasos descritos se puede ver en la figura 13.

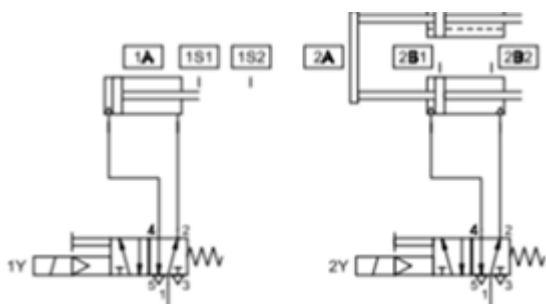


Figura 12. Diagrama electroneumático. Software Fluid-sim.

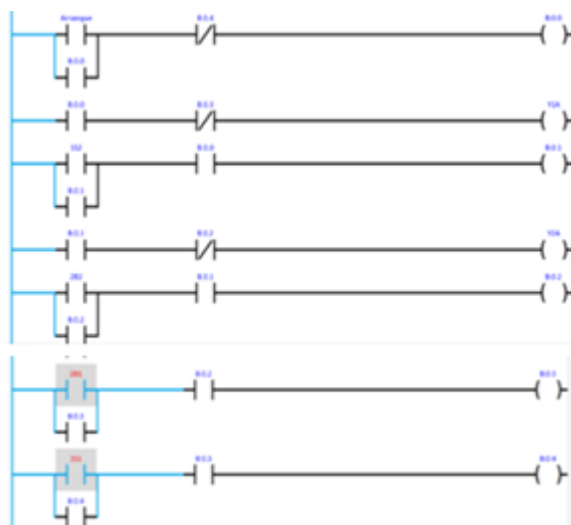


Figura 13. Programa en lenguaje escalera para proceso de taladrado.

El programa para el proceso de taladrado se realizó por el método paso a paso. Este método facilita el diseño y análisis de un programa; dando como resultado que los programas en escalera sean fácilmente comprendidos; a su vez, permite realizar modificaciones de forma más ágil cuando existen cambios en las secuencias de un proceso (15).

Una vez transferido el programa a la placa Arduino, se realizaron las pruebas de funcionalidad en la mesa electroneumática de laboratorio de automatización. Dicha prueba cumplió con el objetivo de realizar un proceso sencillo basado en sensores y actuadores industriales.

El siguiente paso a realizar es la etapa de instalar la placa Arduino adaptada con el módulo PLC Shield a una mesa de trabajo electroneumática de tres ejes (figura 14). Que va permitir habilitar equipos de automatización para el laboratorio de automatización y diseño electrónico del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme, además de operar con un PLC-Arduino de bajo costo y de software de código abierto.



Figura 14. Mesa electroneumática de tres ejes.

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

El presente proyecto permitió integrar la placa Arduino con el PLC Control Shield con la finalidad de adaptar el dispositivo a los niveles de voltaje del estándar industrial de 24 VCD. Después de haber realizado una búsqueda de softwares de código abierto que permitieran la programación escalera y su transferencia del programa al microcontrolador Arduino, se seleccionó el software OpenPLC al ser una opción adecuada y con una interfaz de programación amigable y de fácil uso para docentes y estudiantes. Además, de que este software cumple con estándares industriales para la arquitectura de softwares y lenguajes de programación de PLC's.

Las pruebas realizadas en los módulos electroneumáticos permitió verificar la correcta funcionalidad del sistema PLC-Arduino, dando resultados óptimos para el uso

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (37 – 42)

didáctico que se requiere y que resulta en una opción económica para que los estudiantes puedan realizar proyectos donde se requiere la automatización con PLC.

CONCLUSIONES

Se recomienda probar el sistema en un entorno industrial con un ambiente más robusto, donde en ocasiones los dispositivos están expuestos al ruido, el polvo, interferencias eléctricas, etc. Implementar en futuros proyectos de investigación los componentes y/o módulos necesarios para mejorar las prestaciones de un sistema PLC basado en la placa Arduino.

También, para futuros trabajos de investigación se sugiere implementar un sistema SCADA basados en estos dispositivos y probar diversos tipos de comunicación industrial, tales como: Modbus TCP, Ethernet/IP, RS-485, RS232, CAN, etc, que varían en velocidad y distancia de comunicación. Esto con la finalidad de obtener proyectos de comunicación entre dispositivos y de gran utilidad en la industria 4.0.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Muñoz Castro, P. C. (2024). *Diseño e implementación de un módulo didáctico basado en Arduino y enfocado en sensores industriales de proximidad* (Bachelor's thesis).
- (2) Jauré, M. F., Real, G. E., & Vitali, A. O. (2020). Desarrollo de sistemas de adquisición de datos y control para uso didáctico. *Revista Argentina de Ingeniería*, 8(8), 51-60.
- (3) Fierro Lora, J. E. (2022). Diseño de un PLC basado en un microcontrolador ARM cortex M\$ para su aplicación para su aplicación en una máquina desterronadora-cernidora.
- (4) Ortega, E. J. (2022). *Diseño e implementación de una plataforma de aprendizaje de la placa PLC-Arduino para estudiantes de ingeniería* (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).
- (5) Yépez Méndez, D. S., & Ordoñez Lara, G. R. (2024). *Diseño e implementación de un prototipo de PLC usando LATTEPANDA y OPENPLC* (Bachelor's thesis).
- (6) Topan, P. A., & Indra, I. D. (2023). Diseño de un dispositivo de laboratorio para controladores lógicos programables (PLC) basado en Arduino Nano. *DIELEKTRIKA*, 10(2), 155-161.
- (7) <https://www.wevolver.com/article/ladder-logic-programming>
- (8) <https://www.design2market.co.uk/academy/what-is-a-functional-prototype/>
- (9) <https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3/>
- (10) <https://autonomylogic.com/docs/openplc-overview/>
- (11) <https://www.ibm.com/mx-es/think/topics/open-source>
- (12) <https://autonomylogic.com/docs/installing-openplc-runtime-on-arduino-and-other-platforms/>
- (13) Duque, J. R., Ramírez Restrepo, R. A., & Duarte Forero, J. E. (2021). Circuitos de control electroneumáticos y electrohidráulicos <https://www.researchgate.net/profile/Jovanny-Duque/publication/373770267>
- (14) Paucar Jácome, P. A. (2023). Diseño y construcción de módulo neumático. <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/4950>
- (15) Benítez-Morales, A., Alvarado-Hernández, J. R., Pérez-Perea, J. E., Ramos-Gálvez, E. M., de la Cruz, A. M., & Benítez-Morales, J. G. (2024). Programación de una rutina de un robot manipulador industrial mediante el método paso a paso. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 12, 92-108.

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (43 – 47)

VÍVERO ANIA: UNA PROPUESTA DE INNOVACIÓN EDUCATIVA PARA LA
SUSTENTABILIDAD INSTITUCIONAL Y COMUNITARIAANIA NURSERY: A PROPOSAL FOR EDUCATIONAL INNOVATION FOR
INSTITUTIONAL AND COMMUNITY SUSTAINABILITY

Zapata Carreño, Karla¹, Orrantia, Miriam.² Jiménez Ramos, Ximena³., Salguero Ibarra, D. Valeria³., Valenzuela Solorza Lilian E³., Monzalvo Acuña, Itza. M³

¹ Instituto Tecnológico Superior de Cajeme, profesora investigadora, Ingeniería Ambiental, kzapata@itesca.edu.mx.

² Instituto Tecnológico Superior de Cajeme, profesora investigadora, Ingeniería Ambiental, miriamorrantia@gmail.com, ID Orcid: 0000-0002-3838-755X.

³ Instituto Tecnológico Superior de Cajeme, estudiante, Ingeniería Ambiental, jramosximena@gmail.com, ibarraitesca.edu.mx@gmail.com, lilian27051@gmail.com y itzamonzalvo@gmail.com

Resumen --Desde la década de los setenta, diferentes perspectivas sobre el cuidado del medio ambiente empezaron a escucharse en ámbitos internacionales debido al deterioro ambiental causado por el crecimiento económico. En la actualidad, la educación ambiental resulta imprescindible para aplicar el conocimiento adquirido durante la formación profesional de los estudiantes por contribuir en el carácter ético de los estudiantes, promoviendo la sustentabilidad. Vivero Ania se conformó como un espacio educativo en el año 2024 con la misión de impulsar el conocimiento y la conservación de la biodiversidad del estado de Sonora, mediante la producción y estudio de las plantas nativas, promoviendo prácticas como el compostaje y la creación de huertos urbanos. Los resultados en este proceso han sido clave para fortalecer la relación universidad-sociedad, así como, al desarrollo de habilidades técnicas y a valores como la responsabilidad, empatía y la protección del medio ambiente, mediante proyectos para la restauración de ecosistemas degradados.

Palabras Clave: Educación ambiental, plantas nativas, restauración de ecosistemas, vivero.

Abstract -- Since the 1970s, different perspectives on environmental protection have begun to be heard internationally due to the environmental degradation caused by economic growth. Currently, environmental education is essential to apply the knowledge acquired during the professional training of students by contributing to the ethical character of students, promoting sustainability. Vivero Ania was established as an educational space in 2024 with the mission of promoting knowledge and biodiversity conservation of Sonora, through the production and study of native plants, promoting practices such as composting and the creation of urban gardens. The results of this process have been key to strengthening the university-society relationship, as well as to the development of technical

skills and values such as responsibility, empathy and environmental protection, through projects for the restoration of degraded ecosystems.

Key words – Environmental education, native plants, ecosystem restoration, nursery.

INTRODUCCIÓN

En el siglo XIX, los viveros surgieron con fines ornamentales y maderables, es decir, como un medio de producción de plantas en condiciones controladas para satisfacer la demanda, tanto de plantas de decoración o jardín, como de plantas frutales y árboles maderables [1]. Es hasta el siglo XX cuando su concepto evolucionó y comenzó a utilizarse con fines de repoblación natural para la restauración de ecosistemas y la conservación de especies vegetales amenazadas [2]. Su crecimiento y desarrollo han permitido seleccionar y propagar especies, reduciendo la presión sobre las poblaciones silvestres [3]. Actualmente, en las instituciones educativas, en los diferentes niveles, su uso se expande a fomentar una cultura de respeto hacia la naturaleza y a la biodiversidad, así como de protección de especies vegetales amenazadas o en peligro de extinción [4].

En el Instituto Tecnológico Superior de Cajeme (ITESCA), mediante el vivero Ania se desarrollan las líneas de investigación orientadas a la producción de la especies nativas de Sonora como *Jatropha cinerea* (Sangrengado), *Parkinsonia aculeata* (Palo Verde), *Olneya tesota* (Palo fierro), *Cochemia grahamii* (Cabeza de viejito), *Ferocactus herrerae* (Bizanaga Sonorense), *Capsicum annum* (Chiltepin), *Stenocereus thurberi* (Pithaya) y *Agave angustifolia* (Bacanora), para conocer los métodos de propagación de las diferentes especies de los ecosistemas Sonorenses.

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (43 – 47)

Además, mediante el enriquecimiento del microbiota del suelo, se han iniciado investigaciones sobre la germinación de Palo Fierro (*Olneya tesota*).

Los alumnos trabajan en el diseño de huertos urbanos de acuerdo con las características y necesidades de la sociedad en Cajeme para aplicar principios de la sustentabilidad.

Se visualiza el desarrollo e integración de otras áreas profesionales que busquen la producción sostenible de especies vegetales y la promoción de huertos urbanos en distintas áreas del municipio. Con ello se promovería la colaboración interdisciplinaria y la vinculación con la comunidad.

DESARROLLO

Metodología

Se realizó un análisis documental, en el que se consultaron diferentes buscadores de información científica en las áreas de pedagogía sobre el impacto de la educación ambiental en los estudiantes. Utilizando buscadores como Redalyc y Scielo, que son buscadores de artículos de investigación en español mayormente de Centro América y Sudamérica, con la finalidad de hacer una revisión teórica y elaborar el estado del arte en relación al uso de los viveros en la educación ambiental.

Los comandos de búsqueda que se utilizaron fueron: *educación ambiental en escuelas, huertos urbanos, viveros y casos de éxito*. A partir de la información recabada, como resultados se enuncian los principales beneficios en la adopción de la educación ambiental y cómo se han implementado en la educación activa de los estudiantes en el Vivero Ania.

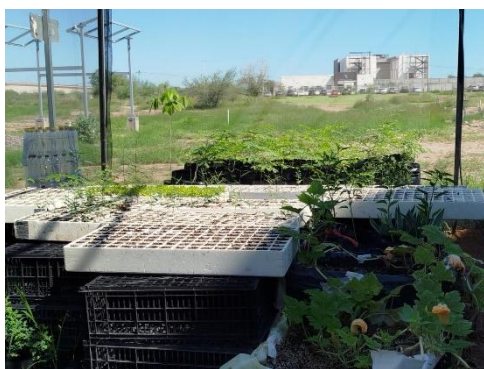


Figura 1. Vivero “Ania”. Se muestra la nave principal del vivero donde se producen especies nativas del Estado de Sonora.

Interrelaciones entre el estudiante, su cultura y medio físico.

La problemática en los ecosistemas áridos de Sonora proviene de una presión ascendente debido al suministro de servicios como alimentación, el forraje, el combustible, materiales de construcción y el agua que es necesaria para el hombre, el ganado, el riego y la salud.

Estos ecosistemas áridos aproximadamente entre el 10 y 20% se encuentran degradadas y se encuentran en peligro de desertificación [5]. Por lo cual, es de vital importancia que los miembros de la comunidad, liderado por profesionistas encuentren soluciones para que se detenga el deterioro de los ecosistemas.

El enfoque ambientalista no sólo pertenece a las carreras afines a las ciencias ambientales como Ingeniería ambiental, Biólogos, Ecólogos o Ingenieros Forestales. La participación de otros sectores como el Industrial y el Administrativo puede influir en gran medida a que en el marco profesional se adopte una conciencia ambiental que permita la protección, conservación y manejo adecuado del ambiente, para su desarrollo profesional en el futuro [6].

Desde sus fundamentos, se ha reconocido que la educación, como herramienta esencial tiene como su principal propósito el fomentar el desarrollo integral del ser humano, así como construir una conciencia colectiva que se refleje en prácticas educativas capaces de transmitir eficazmente el conocimiento científico [7].

Debido a las problemáticas ambientales que acontecen hoy en día e impactan los procesos económicos y sociales, la educación debe asumir el compromiso de cultivar una conciencia política que convierta a cada grupo social, entendido como sujeto activo, a un participante comprometido con su comunidad, capaz de incidir en la toma de decisiones y en la acción política.

Molano (2012) [8] explica que existen paradigmas provenientes de aprendizajes culturales en donde se normaliza o se evitan discusiones de conceptos básicos. Por lo cual, es imprescindible reconocer que la forma de la educación puede ayudar a interiorizar el desarrollo sustentable y mejorar las condiciones de equidad y armonía colectiva [9].

En el proyecto del vivero Ania los alumnos pueden ser partícipes en relaciones sociales con sus compañeros resolviendo problemas y trabajando para aplicar los conocimientos de la sustentabilidad en el campo. En conjunto con la participación de arborizaciones urbanas y

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (43 – 47)

trabajos de restauración comunitaria los estudiantes se adentran directamente en las problemáticas ambientales que se encuentran en los ecosistemas urbanos y naturales, siendo partícipes de la solución y no del problema.

Se inspira un despertar en el estudiante y la comunidad, rasgos como el de afectividad, emotividad y sentimientos en la protección y conservación del ambiente. Es necesario aprender dichos conocimientos y actuar en forma razonable hasta experimentar transformaciones personales y sociales de identidad con sus contextos [6].

Aplicación del conocimiento técnico sobre actividades productivas.

La práctica ocupa un lugar fundamental en el análisis educativo, al punto que resulta casi impensable desvincular el estudio de la educación de su dimensión práctica. Esto se debe a que la práctica educativa constituye un proceso social dinámico, cuyo significado se construye en el ejercicio cotidiano de acciones y actividades orientadas tanto a conservar como a renovar la tradición, la cultura y la vida social [10].

La aplicación práctica de los conocimientos técnicos adquiridos por los alumnos es un componente esencial para consolidar el aprendizaje significativo. Por ejemplo, en el caso de los Ingenieros Ambientales la aplicación de temas del campo de la biología y fisiología en la producción de planta en vivero ayuda a fortalecer el conocimiento vistos en clases o en libros de una manera visual en tiempo real.

Particularmente en el área de la aplicación de la sustentabilidad, la producción de planta de vivero y construcción de huertos urbanos, el fortalecimiento del conocimiento técnico permite [11]:

- **Conectar teoría y realidad:** Los conceptos técnicos cobran sentido cuando se aplican en contextos concretos, favoreciendo la comprensión profunda y crítica. Por ejemplo, el identificar cada una de las fases de crecimiento de planta de manera visual, conocer los elementos requerimientos para la germinación y los resultados de la observación.
- **Desarrollar competencias profesionales:** La práctica fortalece habilidades como la resolución de problemas, la toma de decisiones, el trabajo colaborativo y la innovación. En el vivero los alumnos encuentran las diferentes formas en encontrar recursos para llevar a los

objetivos planteados por ellos mismos, desarrollando liderazgo, organización y responsabilidad.

- **Fomentar la conciencia ética y social:** Al enfrentarse a situaciones reales, los alumnos reflexionan sobre el impacto de sus acciones y decisiones en la comunidad. La práctica en eventos sociales y al conocer la problemática ambiental, los estudiantes han aumentado la sensibilidad y su razonamiento crítico sobre las situaciones relacionadas al medio ambiente en su comunidad.
- **Mejorar la empleabilidad:** Las experiencias prácticas aumentan la preparación para el mercado laboral, haciendo que los egresados sean más competitivos y versátiles. Durante su participación en el vivero los estudiantes logran práctica su desenvolvimiento profesional, debido a que se involucran en temas de gestión y generación de resultados como plantas, publicación de artículos, participación de eventos, entre otros.
- **Impulsar la mejora continua:** La retroalimentación en la práctica permite ajustar, corregir y perfeccionar los saberes técnicos. En el vivero los alumnos pueden hacerse conscientes de sus deficiencias técnicas lo que les permite que se involucren en su autoaprendizaje investigando ciertos temas o capacitándose por expertos en la materia.

En el caso de la docencia la participación de este tipo de proyectos permite que el docente sea capaz de interactuar de manera más personalizada con el alumno, sin que exista la presión constante por la evaluación, sino que existe una colaboración de trabajo en equipo y pertenencia a un grupo.

Generación de investigación para el conocimiento oportuno y desconocido.

La investigación científica constituye un componente esencial en el ámbito universitario, ya que permite la generación de conocimiento nuevo y aporta al desarrollo social [12]. En el contexto universitario, se entiende como un procedimiento metódico y exigente orientado a la producción y divulgación de saberes, así como a la resolución de problemáticas o a la validación y cuestionamiento de teorías existentes [13]. Esta labor investigativa se desarrolla en múltiples áreas del conocimiento mediante estructuras organizadas en grupos de investigación, los cuales se articulan con líneas y programas definidos según los intereses académicos y las particularidades regionales [14].

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (43 – 47)

En este marco, los espacios formativos como los viveros institucionales permiten vincular el área académica con el entorno, al generar conocimiento aplicado que responde a necesidades ecológicas, sociales y regionales. En donde, la investigación deja de ser solo un ejercicio teórico para convertirse en un proceso dinámico en el que estudiantes y docentes colaboran en la construcción de conocimiento. Es bajo esta perspectiva que se desarrollan las líneas de investigación del Vivero “Ania”, orientadas a fortalecer la comprensión y gestión de los ecosistemas regionales:

- Germinación y propagación de plantas nativas y de importancia ecológica en el estado de Sonora.
- Sustentabilidad de huertos urbanos en la comunidad de Cajeme, Sonora.
- Compostaje para la captura de carbono y producción de sustrato para las plantas nativas del estado de Sonora.

Recientemente, se inició con la investigación de germinación de semilla de Palo Fierro (*Olneya tesota*) haciendo modificaciones la metodología de Sañudo Torres *et al.* [15]. Las modificaciones incluyen, el uso de inoculante, a partir de microorganismos benéficos en el sustrato de germinación, donde se esperan resultados favorecedores.

CONCLUSIONES

El vivero institucional “Ania” integra diversas líneas de investigación, desde la germinación y propagación de plantas nativas, hasta la sustentabilidad de huertos urbanos en la comunidad y la fabricación de compost para la captura de carbono y su uso como sustrato. Líneas de investigación que articulan la formación académica con la vinculación social y el fortalecimiento de la cultura ambiental. El funcionamiento del vivero permite que los estudiantes apliquen de manera práctica los conocimientos adquiridos durante su preparación profesional y contribuye a consolidar la relación entre la institución y la comunidad mediante actividades orientadas a la conservación y al manejo sostenible de especies vegetales de la región.

AGRADECIMIENTOS

A la “Fundación Tichi Muñoz” por haber hecho su valiosa aportación para que se pudiera consolidar el vivero como un aula viviente para los estudiantes del ITESCA.

A los alumnos de Ingeniería Ambiental que pertenecen al vivero y que hacen suyo el proyecto cada día, aportan sus ideas, y ponen su semilla con su crecimiento profesional. Agradecemos a la Academia de Ingeniería Ambiental por apoyar en todo su alcance a la realización de las actividades del vivero y de los estudiantes.

BIBLIOGRAFÍA

1. Mauris, L., Castellano, C. & López, S. (2024). El vivero escolar como estrategia pedagógica: Una revisión de la literatura. *Hexágono Pedagógico*, 15(1), 15–40.
2. Lacoretz, M. V.; Villanova, I.; Sánchez, M. I.; Verrastro, E. & Cristiano, P.M. (2022). La Red de Viveros de Plantas Nativas de Argentina (REVINA): Una perspectiva etnobotánica para fortalecer la restauración de ecosistemas en la Argentina. *Ecología Austral*. 0327-5477.
3. Lacoretz, M. V., Malavert, C., Rolandi, C., Zilli, C., Madanes, N., & Cristiano, P. M. (2021). Caracterización de viveros de plantas nativas y su posible aporte a la restauración de los talaes bonaerenses. *Ecología Austral*, 31(2), 242–250. <https://doi.org/10.25260/EA.21.31.2.0.1240>
4. Vidal Cornelio, C. S.; Sánchez Díaz, B.; Bolaina Lorenzo, Y. N.; De la Cruz Morales, J. G. (2024). Implementation of a medicinal plant nursery within the facilities of a higher education institution. *Research, Society and Development*, 13(7), e4713746254. <https://doi.org/10.33448/rsd-v13i7.46254>
5. Hernández Cerda, M. E., Carrasco Anaya, G., Sánchez Alfaro, G. (2011). Degradación del suelo en una zona semiárida tropical de México. *Revista Geográfica de América Central*. 1-14.
6. Ramírez Pérez, G. A. (2008). Educación ambiental e integración escuela comunidad. *Geoenseñanza*. 13[1]:105-114.
7. Cantú Martínez, P. G. (2014). Educación ambiental y la escuela como espacio educativo para la promoción de la sustentabilidad. *Educare*. 18[3]:39-52.
8. Molano, A.B. (2012). La complejidad de la educación ambiental: Una mirada desde los saberes necesarios para la educación del futuro de Morin. *Revista de Didáctica Ambiental*. 8[11]:1-9.
9. Macedo, B. y Salgado, C. (2007). Educación ambiental y educación para el desarrollo sostenible en América Latina. *Forum de Sostenibilidad*. 1:29-37.

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (43 – 47)

10. Valladares, L. (2017). La “práctica educativa” y su relevancia como unidad de análisis ontológico, epistemológico y sociohistórico en el campo de la educación y la pedagogía. *Perfiles educativos*. 39[158]:186-203.

11. Ramírez Rojas, D. L.; Aguilar Aguilar, I. A. & Torres Romero, M. C. (2023). Agroecología urbana: huertos, granjas y viveros comunitarios como dispositivo de transformación de los cuerpos y colectividades en Ciudad de México, Bogotá, Santiago y Concepción. *Alternativa*, 12, 99-119.

12. Reynosa Acosta, D. y Barón Veladía, B. (2023). Del conocimiento individual a la sinergia colectiva: potenciando la colaboración en las redes de investigación. *Estrategia y Gestión Universitaria*. 11[2]:221-251.

13. García González, J. R. y Sánchez Sánchez, P. A. (2020). Diseño teórico de la investigación: instrucciones metodológicas para el desarrollo de propuestas y proyectos de investigación científica. *Información tecnológica*. 31[6]:159-170.

14. Vallejo López, A. B. (2020). El papel del docente universitario en la formación de estudiantes investigadores desde la etapa inicial. *Educación médica superior*. 34[2]: e1579.

15. Sañudo-Torres R. R, Vázquez-Peñate P, Armenta-López C, Azpiroz Rivero H. S, Campos Beltrán C, Ibarra-Ceceña M. G, , Félix- Herrán J. A. (2009). Tratamientos pregerminativos en semillas de palo fierro (*Olneya tesota* A. Gray) y propagación en sustrato de composta de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*). *Ximhai*. 2009;5(3):329-333.

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (48 – 52)

FÁRMACOS EN CUERPOS DE AGUA: UN RETO AMBIENTAL Y SANITARIO EN MÉXICO

Danna Valeria Salguero Ibarra¹, Reina Vianey Quevedo Robles², Francisco Javier Ochoa Estrella², Marcos Alan Cota Leal^{2,*}

¹Estudiante de Ingeniería Ambiental, Instituto Tecnológico Superior de Cajeme Carretera Internacional a Nogales Km. 2, CP. 85024, Cd. Obregón Sonora, México.

²Tecnológico Nacional de México/ITS de Cajeme, Especialidad en Semiconductores, Carretera Internacional a Nogales Km. 2, CP. 85024, Cd. Obregón Sonora, México.

* correo: mcota@itesca.edu.mx, ORCID: 0000-0001-7223-3194

Resumen -- Los fármacos, considerados contaminantes emergentes (CE), se han convertido en una preocupación creciente por su persistencia ambiental y sus posibles efectos en la salud humana y la biodiversidad. En México, la falta de normativas concretas y la escasa eficacia de las instalaciones para el tratamiento de aguas residuales intensifican su acumulación en los entornos naturales. Estos compuestos ingresan al ambiente a través del consumo humano, veterinario, la eliminación inadecuada de medicamentos caducos y los efluentes hospitalarios. Diversos estudios nacionales han detectado concentraciones de analgésicos, antibióticos y antiinflamatorios en cuerpos de agua, evidenciando la ineficiencia de los tratamientos convencionales. Aun en concentraciones trazas, los fármacos provocan alteraciones genéticas, disrupción endócrina, resistencia bacteriana y estrés oxidativo en organismos acuáticos. Este artículo ofrece una visión general sobre los medicamentos como contaminantes emergentes en México, las formas en que ingresan al medio ambiente, sus efectos en la salud y el entorno, así como la necesidad de establecer estrategias regulatorias y biotecnológicas para su gestión.

Palabras Clave: contaminación farmacéutica, contaminantes emergentes, ecotoxicología, normatividad ambiental, salud pública.

Abstract -- Pharmaceuticals, considered emerging contaminants (ECs), have become an increasing concern due to their environmental persistence and potential effects on human health and biodiversity. In Mexico, the lack of concrete regulations and the limited efficiency of wastewater treatment facilities intensify their accumulation in natural environments. These compounds enter the environment through human and veterinary consumption, improper disposal of expired medications, and hospital effluents. Various national studies have detected concentrations of analgesics, antibiotics, and

anti-inflammatory drugs in water bodies, highlighting the inefficiency of conventional treatments. Even at trace concentrations, pharmaceuticals cause genetic alterations, endocrine disruption, bacterial resistance, and oxidative stress in aquatic organisms. This article provides an overview of pharmaceuticals as emerging contaminants in Mexico, the pathways through which they enter the environment, their effects on health and ecosystems, and the need to establish regulatory and biotechnological strategies for their management.

Key words – ecotoxicology, emerging contaminants, environmental regulation, pharmaceutical pollution, public health

1. INTRODUCCIÓN

Los contaminantes emergentes (CE) se han convertido en una de las principales preocupaciones ambientales a escala global. Estos compuestos incluyen una amplia gama de sustancias químicas de uso cotidiano que no eran consideradas peligrosas ni reguladas hasta hace pocos años, pero que hoy son objeto de creciente atención debido a su detección en el ambiente y a los potenciales riesgos que representan para los ecosistemas y la salud humana. Dentro de este grupo se encuentran los productos farmacéuticos, cosméticos, bloqueadores solares, hormonas, aditivos industriales, pesticidas, detergentes y microplásticos, entre muchos otros. La denominación “emergente” no se refiere a su reciente aparición en el ambiente, sino al reconocimiento reciente de su presencia y efectos adversos. En otras palabras, son contaminantes “nuevos” desde el punto de vista de la conciencia científica, más que de su existencia física [1]. Los CE ingresan al ambiente por múltiples vías: el vertido de aguas residuales domésticas e industriales, la aplicación de lodos de depuradora como fertilizantes, la infiltración en suelos agrícolas y el desecho inadecuado de productos de consumo. Una vez liberados, estos compuestos suelen presentar alta persistencia química,

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (48 – 52)

movilidad en medios acuáticos y actividad biológica significativa, lo que les permite permanecer durante largos periodos en ríos, lagos o acuíferos. Su presencia plantea un riesgo silencioso, pues, aunque suelen detectarse en concentraciones muy bajas del orden de micro o nanogramos por litro, su exposición crónica puede provocar efectos acumulativos o sinérgicos difíciles de prever [2].

En este contexto, los medicamentos ocupan un papel central. Los fármacos están diseñados precisamente para ser estables, resistentes a la degradación metabólica y biológicamente activos incluso en dosis pequeñas. Estas mismas características, que los hacen eficaces en el tratamiento de enfermedades, se vuelven problemáticas una vez que alcanzan el ambiente. Diversos estudios han demostrado que algunos antibióticos, antiinflamatorios, hormonas y antidepresivos pueden afectar la fisiología y el comportamiento de organismos acuáticos, alterar los ciclos biogeoquímicos y fomentar la aparición de bacterias resistentes, un problema de salud pública de alcance mundial.

Varios organismos internacionales como la Agencia Europea del Medio Ambiente (EEA), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) han señalado que las plantas convencionales de tratamiento de aguas residuales no están diseñadas para eliminar este tipo de contaminantes. Los procesos de filtración, sedimentación o cloración, aunque eficaces para patógenos o materia orgánica tradicional, resultan insuficientes frente a moléculas complejas y persistentes como los fármacos o los productos de cuidado personal. Esto ha impulsado el desarrollo de tecnologías avanzadas de tratamiento, como la fotocatalisis, la oxidación avanzada o la adsorción con materiales funcionalizados, que buscan una remoción más completa y sostenible [2].

En México, la situación es especialmente preocupante debido a la ausencia de políticas públicas y normativas específicas que regulen los CE dentro de los límites de descarga o calidad del agua. La legislación ambiental actual no contempla parámetros para este tipo de contaminantes, lo que dificulta su monitoreo y control. Además, la gestión inadecuada de medicamentos caducados o no utilizados que a menudo se desechan junto con los residuos domésticos o se vierten directamente en el drenaje agrava la contaminación de fuentes de agua superficiales y subterráneas.

El incremento constante en la consumición de fármacos, impulsado por el crecimiento poblacional, el envejecimiento de la sociedad y el fácil acceso a productos farmacéuticos, contribuye al aumento sostenido de esta problemática. Aunque las concentraciones detectadas sean bajas, los efectos ecológicos pueden manifestarse lentamente, afectando la

biodiversidad y los procesos naturales que sostienen la calidad del agua.

El presente trabajo tiene como propósito analizar los efectos de los fármacos como contaminantes emergentes en México desde una perspectiva integral, abordando tanto sus implicaciones ecotoxicológicas como el vacío normativo que dificulta su control y mitigación. Se busca con ello contribuir a una mayor comprensión del problema y a la necesidad de establecer estrategias de prevención, regulación y tratamiento más efectivas que permitan reducir su impacto ambiental a largo plazo.

2. DESARROLLO

2.1 Fuentes y rutas de incorporación ambiental

Los medicamentos ingresan al entorno principalmente a través de tres vías: el uso por parte de humanos y animales, la eliminación inadecuada de fármacos y los residuos generados por hospitales [3], como se muestra en la figura 1. En el caso de México, el manejo deficiente de los medicamentos caducos y la falta de plantas de tratamiento hospitalarias adecuadas son factores críticos. Robledo Zacarías y colaboradores reportaron la presencia de 20 productos farmacéuticos en aguas residuales urbano-industriales de Morelia, entre ellos antibióticos como tetraciclina (64.9 µg/L) y ampicilina (15.5 µg/L), lo que demuestra la baja eficiencia de los sistemas convencionales de depuración [4].

Un estudio reciente indica que los hospitales en países desarrollados generan entre 400 y 1,200 litros de aguas residuales por cama al día, con una concentración significativa de residuos farmacéuticos en estas aguas [5]. Asimismo, la excreción incompleta de principios activos por humanos y animales de granja contribuye a su diseminación [6].

Figura 1.- Fuentes de generación de contaminantes farmacéuticos.

2.2 Impactos ecotoxicológicos

La exposición continua a medicamentos impacta a los seres vivos acuáticos, terrenos y vegetales cultivados. En especies de peces como *Cyprinus carpio* y *Cirrhinus mrigala*, se ha evidenciado que medicamentos antiinflamatorios no esteroideos (AINEs) como el diclofenaco y el naproxeno provocan oxidación celular, déficit de glóbulos rojos y cambios en el material genético [7].

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (48 – 52)

De igual manera, Mondragón et al. identificaron bacterias *Enterococcus faecalis* resistentes a antibióticos y metales pesados en cuerpos de agua mexicanos, evidenciando un riesgo para la salud pública. Además, compuestos hormonales como la progesterona o los estrógenos sintéticos genera disrupciones endocrinas que provocan feminización y reducción de fertilidad en peces [8][9].

Un estudio realizado en tortugas verdes (*Chelonia mydas*) en Baja California Sur reveló que la mezcla de contaminantes químicos presentes en sus tejidos se correlacionó con alteraciones fisiológicas significativas. Entre ellas destacan cambios en la concentración de testosterona, glucosa, calcio, ácido úrico, vitelogenina, colesterol y la actividad enzimática, lo que sugiere un efecto sinérgico entre los contaminantes químicos y el estrés oxidativo en estos organismos [10].

A nivel vegetal, la exposición al analgésico Acetaminofén (APAP) puede reducir la intensidad de la fotosíntesis, afectar los contenidos de clorofila y modificar parámetros de fluorescencia en cultivos como Lechuga (*Lactuca sativa*), lo cual puede impactar negativamente la productividad agrícola [11]. La existencia de impurezas en los tejidos de las plantas no solo impacta su desarrollo, sino que además puede llevar a que estas sustancias ingresen en la cadena alimentaria.

2.3 Marco normativo mexicano

Actualmente, México carece de una legislación que regule explícitamente los contaminantes emergentes. Las normas NMX-AA-003-1980, y NOM-001-SEMARNAT-2021 se limitan a parámetros convencionales de calidad del agua y no incluyen fármacos o sus metabolitos [12].

Torres y colaboradores destacan la necesidad de incorporar estándares para CE dentro de las políticas nacionales de gestión hídrica. Aunque algunos países latinoamericanos, como Chile y Colombia, han iniciado la inclusión de fármacos prioritarios en sus legislaciones, México aún se encuentra en una etapa incipiente [1].

El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) ha propuesto la identificación de compuestos prioritarios y el desarrollo de metodologías para su monitoreo [13]. Sin embargo, la falta de infraestructura y de coordinación interinstitucional limita la implementación de estas medidas.

2.4 Propuestas biotecnológicas y estrategias de mitigación

Dada la persistencia de los fármacos en el ambiente, las soluciones deben ir más allá del tratamiento físico-químico. Torres et al. proponen el uso de biotecnologías basadas en microorganismos capaces de degradar compuestos farmacéuticos, como bacterias del género

Pseudomonas o *Bacillus*, que han mostrado potencial para la remoción de AINEs [1].

Como medida complementaria, se han implementado distintos procesos y tecnologías para el manejo de residuos industriales y farmacéuticos, entre ellos el reciclaje, la incineración, la cogeneración y el confinamiento. En el caso de los colorantes y fármacos, también se han aplicado métodos como coagulación/precipitación, ósmosis inversa, ultrafiltración y adsorción en carbón activado; sin embargo, estos suelen ser costosos, generar subproductos tóxicos o simplemente transferir la contaminación de una fase a otra [14].

Una alternativa prometedora es el uso de procesos avanzados de oxidación, que promueven la degradación tanto de colorantes como de compuestos farmacéuticos. Entre estos destaca la fotocatalisis heterogénea, la cual emplea materiales semiconductores activados por luz (UV-Vis) para generar radicales altamente oxidantes capaces de degradar contaminantes orgánicos como se observa en la figura 2 [15].

Figura 2.- proceso de fotocatalisis en degradación de contaminantes.

Los óxidos metálicos como Ti, Fe, Ni, Cu, Zn, Ce, W, Mo y Ag son frecuentemente utilizados como fotocatalizadores debido a su estabilidad química y su capacidad para llevar a cabo reacciones redox bajo irradiación [16]. No obstante, el uso de nanopartículas presenta desafíos importantes, como su baja estabilidad, tendencia a la aglomeración y dificultad de recuperación, lo que puede derivar en riesgos ambientales adicionales. Para contrarrestar estas limitaciones, se han desarrollado enfoques de inmovilización sobre soportes sólidos y, más recientemente, el uso de nanofibras compuestas, las cuales integran nanocatalizadores en una estructura estable, porosa y de gran área superficial. Estas fibras ofrecen ventajas como alta eficiencia fotocatalítica, bajo costo, ausencia de contaminación secundaria y facilidad de reutilización. Su fabricación mediante electrohilado permite ajustar morfologías (porosas, huecas, concéntricas) y propiedades superficiales, optimizando su rendimiento en la degradación de contaminantes presentes en aguas residuales industriales [16].

Del mismo modo, la implementación de humedales, filtraciones biológicas y técnicas de oxidación avanzadas se presentan como opciones viables y ecológicas para remover microcontaminantes. Sin embargo, su integración demanda inversión en tecnología, supervisión constante y sensibilización sobre el uso adecuado de medicamentos [17].

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (48 – 52)

3. CONCLUSIONES

Los medicamentos son uno de los contaminantes nuevos más alarmantes en México debido a su capacidad para persistir en el medio ambiente, impactar ecosistemas y ocasionar riesgos para la salud. Las investigaciones realizadas indican su presencia en aguas superficiales, en aguas residuales y subterráneas, así como en organismos acuáticos y plantas.

La carencia de regulaciones claras, junto con la ineficacia de las plantas de tratamiento, mantiene un ciclo de contaminación y exposición constante. Es fundamental desarrollar una norma oficial mexicana que incluya los contaminantes emergentes y defina límites máximos aceptables, así como el mejoramiento de los sistemas de tratamiento en hospitales e industrias.

En general, la investigación en biotecnología y la educación ambiental se consideran herramientas fundamentales para disminuir la presencia de medicamentos en los ecosistemas. La colaboración entre la ciencia, las políticas públicas y la comunidad será crucial para abordar este desafío ambiental reciente y asegurar la salud del medio ambiente y de las personas en el país.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Instituto Tecnológico Superior de Cajeme (ITESCA) y al Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Semiconductores (LIDES) por el apoyo y las facilidades otorgadas para la elaboración y presentación de este trabajo de divulgación.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Torres A, Rodríguez HA, Ayala M. Contaminantes emergentes en México: panorama actual, retos y una posible solución biotecnológica. *TIP Rev Esp Cienc Quím Biol*. 2023;26. doi:10.22201/fesz.23958723e.2023.590
- [2] Jacobo-Marín D, Santacruz De León G. Contaminantes emergentes en el agua: regulación en México, principio precautorio y perspectiva comparada. *Rev Derecho Ambient*. 2021;15:51. doi:10.5354/0719-4633.2021.57414.
- [3] Mansour F, Al-Hindi M, Saad W, Salam D. Environmental risk analysis and prioritization of pharmaceuticals in a developing world context. *Sci Total Environ*. 2016;557-558:31–43. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.03.023.
- [4] Robledo-Zacarias VH, Velázquez-Machuca MA, Montañez-Soto JL, Pimentel-Equihua JL, Vallejo-Cardona AA, López-Calvillo MD, Venegas-González J. Hidroquímica y contaminantes emergentes en aguas residuales urbano-industriales de Morelia, Michoacán, México. *Rev Int Contam Ambient*. 2017;33(2):221–35. doi:10.20937/RICA.2017.33.02.04.
- [5] Wang L, Xu Y, Qin T, Wu M, Chen Z, Zhang Y, et al. Global trends in the research and development of medical/pharmaceutical wastewater treatment over the half-century. *Chemosphere*. 2023;331:138775. doi:10.1016/j.chemosphere.2023.138775.
- [6] Braund R, Peake B, Shieffebien L, Stowell M. Disposal practices of unused medications. *J Environ Manag*. 2009;90(3):1472–9.
- [7] Galar-Martínez M, Gómez-Oliván LM, García-Medina S. Toxicidad de antiinflamatorios en organismos acuáticos. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2016;129:302–10. doi:10.1016/j.envint.2009.04.003.
- [8] Mondragón VA, Llamas-Pérez DF, González-Guzmán GE, Márquez-González AR, Padilla-Noriega R, Durán-Avelar MDJ, Franco B. Identification of *Enterococcus faecalis* bacteria resistant to heavy metals and antibiotics in surface waters of the Mololoa River in Tepic, Nayarit, Mexico. *Environ Monit Assess*. 2011;183(1-4):329–40. doi:10.1007/s10661-011-1924-y.
- [9] López-Pacheco IY, Silva-Núñez A, Salinas-Salazar C, Arévalo-Gallegos A, Lizarazo-Holguin LA, Barceló D, Iqbal HMN, Parra-Saldivar R. Anthropogenic contaminants of high concern: existence in water resources and their adverse effects. *Sci Total Environ*. 2019;690:1068–80. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.07.052.
- [10] Labrada-Martagón V, Tenorio-Rodríguez PA, Méndez-Rodríguez LC, Zenteno-Savín T. Oxidative stress indicators and chemical contaminants in East Pacific green turtles (*Chelonia mydas*) inhabiting two foraging coastal lagoons in the Baja California peninsula. *Comp Biochem Physiol C Toxicol Pharmacol*. 2011;154(2):65–75.
- [11] Kudrna J, Hnilicka F, Kubes J, Vachova P, Hnilickova H, Kuklova M. Effect of acetaminophen (APAP) on physiological indicators in *Lactuca sativa*. *Life*. 2020;10(11):303. doi:10.3390/life10110303.
- [12] Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA). Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021, límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la Nación.

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (48 – 52)

[13] Muñoz R. Lista de contaminantes emergentes de relevancia en México. Jiutepec, Morelos: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua; 2012.

[14] Montiel E, Vergara J, Torres C. Degradación de colorantes en aguas residuales mediante oxidación. *Cienc Tecnol.* 2017;13(31):35–42.

[15] Awfa D, Ateia M, Fujii M, Johnson MS, Yoshimura C. Photodegradation of pharmaceuticals and personal care products in water treatment using carbonaceous-TiO₂ composites: a critical review of recent literature. *Water Res.* 2018; 142:26–45. doi:10.1016/j.watres.2018.05.036.

[16] Xu C, Ravi Anusuyadevi P, Aymonier C, Luque R, Marre S. Nanostructured materials for photocatalysis. *Chem Soc Rev.* 2019;48(14):3868–902.

[17] Bila D, Dezotti M. Pharmaceutical drugs in the environment. *Quím Nova.* 2007;30(3):526–30.

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (53 – 61)

SUMIDERO DE CARBONO URBANO EN UN ESPACIO EDUCATIVO
URBAN CARBON SINK IN AN EDUCATIONAL SPACERendón Ortiz, Ma. Isabel ¹, Villegas Sotelo, Alejandra ², Luna Ponce, Berenice ³¹Instituto Tecnológico Superior de Cajeme, profesora de la carrera de Ingeniería Ambiental, irendon@itesca.edu.mx²Instituto Tecnológico Superior de Cajeme, alumna de la carrera de Ingeniería Ambiental, alejandra13taetae@gmail.com³Instituto Tecnológico Superior de Cajeme, profesora de la carrera de Ingeniería industrial, bluna@itesca.edu.mx

Resumen – La presente investigación, realiza una evaluación sobre la capacidad que tiene un área verde ubicada en el Instituto Tecnológico Superior de Cajeme (ITESCA) para funcionar como sumidero urbano de carbono. Se analizaron 99 individuos de *Azadirachta* mediante un método no destructivo basado en el modelo alométrico de Chave et al. (2014), utilizando variables como el diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura total y la densidad de la madera.

Los resultados encontrados indican que la biomasa aérea total estimada fue de 10,327.66 kg, equivalente a 5,183.83 kg de carbono almacenado y 18,934 kg de CO₂ equivalente. La densidad de carbono por superficie resultó en 1.69 kg C/m², valor que sitúa al sitio como sumideros urbanos funcionales en zonas cálidas y semiáridas.

La estructura arbórea mostró alta heterogeneidad, con DAP entre 2.07 y 70 cm y alturas de 1.7 a 8.3 m, dato importante en la distribución de biomasa. Al realizar una comparación entre diversos estudios, se encontró que el espacio verde del ITESCA presenta un desempeño intermedio, superando a sitios con baja densidad arbórea, pero por debajo de parques urbanos consolidados lo que indica que es necesario promover estrategias de manejo, conservación y monitoreo continuo del arbolado urbano.

Palabras Clave: sumidero de carbono, AGB, CO₂, modelos alométricos, densidad de carbono

Abstract -- This study evaluates the capacity of a green area located at the Instituto Tecnológico Superior de Cajeme (ITESCA) to function as an urban carbon sink. A total of 99 individuals of *Azadirachta* were analyzed using a non-destructive method based on the allometric model developed by Chave et al. (2014), incorporating variables such as diameter at breast height (DBH), total height, and wood density. The estimated aboveground biomass reached 10,327.66 kg, corresponding to 5,183.83 kg of stored carbon and 18,934 kg of CO₂ equivalent. The resulting carbon density was 1.69 kg C/m², placing the site as a functional urban carbon sinks in warm and semi-arid environments.

The tree structure showed high heterogeneity, with DBH values ranging from 2.07 to 70 cm and heights from 1.7 to 8.3 m, which significantly influenced the distribution

of biomass. A comparison with multiple national and international studies revealed that the ITESCA green area presents an intermediate performance as an urban carbon sink—surpassing sites with low tree density but below consolidated urban parks with greater structural complexity and canopy coverage. These findings highlight the ecological relevance of this urban green space and emphasize the need to promote management strategies, conservation actions, and continuous monitoring to enhance the effectiveness of urban trees in mitigating greenhouse gas emissions.

Key words – carbon sink, AGB, CO₂, allometric models, carbon density.

Introducción

La convención para la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural, dentro de sus reuniones participan alrededor de 1949 países, cuyo objetivo primordial es el de proteger y cuidar del patrimonio cultural y natural del mundo en ellos se encuentran más de 1000 sitios que deben ser protegidos debido a que forman parte del legado para las nuevas generaciones, dichos sitios son importantes por su riqueza ecológica, la cual resulta de gran importancia pues forman parte de los pulmones del mundo, estos sitios también se encuentran dentro de las Directrices Prácticas para la aplicación de la Convención del Patrimonio Mundial: <https://whc.unesco.org/archive/opguide08-es.pdf>. (1), además de encontrarse en la Lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO. Aproximadamente una cuarta parte de estos sitios del Patrimonio Mundial están inscritos en la lista por su valor natural. Dichos sitios están distribuidos en más de 110 países y abarcan unos 350 millones de hectáreas, aproximadamente la superficie de la India. Todos estos sitios, representan casi el 1% de la superficie terrestre de la Tierra y el 0,6% del océano. (2)

Los núcleos de hielo que son extraídos de Groelandia, la Antártida y de los glaciares tropicales muestran que el cambio climático se debe a los cambios que se han venido generando en la emisión de gases de efecto invernadero que son emitidos a la atmósfera causando daño dentro del ecosistema, y que se ha venido dando de forma más

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (53 – 61)

rápida que en tiempos anteriores lo que genera un gran impacto en el medio ambiente global (3).

Los bosques primarios, es decir sin perturbaciones humanas, actúan como sumideros netos de carbono. Sin embargo, algunos estudios recientes señalan que en varios lugares donde existen diversas perturbaciones humanas como: cambios de uso de suelo, incendios, degradación; influyen de manera crítica para que ese tipo de espacios cambien a fuente de CO₂ y dejar de ser un sumidero de carbono. (4)

A partir de los años setentas se han realizado estudios y mediciones de las emisiones de gases efecto invernadero, las cuales se han incrementado de forma alarmante esto debido a la intervención del ser humano en actividades como la quema de combustible fósiles y además de otro factor que ha venido incrementándose con el crecimiento de la población, y que es el uso del cambio de suelo. (5)

De acuerdo a diversos análisis una de las posibles respuestas a esta problemática es la captura y almacenamiento de carbono mediante sistemas naturales, esta solución puede ser viable y económicamente sostenible, ya que en todo el planeta los bosques y las áreas verdes urbanas pueden actuar como sumideros naturales de carbono, almacenando este elemento químico en forma de biomasa viva y materia orgánica del suelo.

A lo largo del tiempo, los bosques capturan más carbono del que liberan, esto les permite funcionar como sumideros naturales incluso cuando los árboles alcanzan edades avanzadas. (6) Esta capacidad depende de diversas condiciones como la profundidad del suelo y las características del crecimiento de la madera, estos sumideros contribuyen a la disminución de la cantidad de CO₂ que se encuentra en la atmósfera reduciendo el efecto invernadero que se tiene en la actualidad (7). Si no existen perturbaciones o cambios provocados por el ser humano, o si estos son mínimos, los ecosistemas forestales se fortalecen y se constituyen como reservas de carbono grandes y estables, reforzadas por una gran integridad de los ecosistemas, y pueden retener ese carbono durante miles de años, lo cual los convierte en una de las reservas naturales del planeta. (8), De hecho, en los bosques del mundo se estima que contienen alrededor de 861 gigatoneladas de carbono (Gt C) unos 3,160 Gt CO₂ (9), una cantidad superior a la que existe en los depósitos fósiles y que pueden explotarse calculados en 750 Gt C ó 2,750 Gt CO₂ (10). Esto demuestra que los bosques representan un almacén de carbono más grande que las reservas fósiles disponibles para extracción

El carbono capturado por los árboles se distribuye principalmente en la biomasa aérea de los árboles, en la biomasa subterránea que se encuentra en las raíces y en las reservas orgánicas del suelo alrededor del árbol. (11) la eficiencia de este proceso está determinada por variables como son la edad de los árboles y la productividad del bosque, además también el tipo de árboles que componen el bosque y las condiciones medioambientales que regulan la fotosíntesis, sin embargo, cuando la actividad humana se hace presente esto puede convertir estas áreas forestales en fuentes netas de carbono.

Muchas veces cuando se los árboles mueren, las personas los queman o se dejan que se descompongan, esto genera que se libere una porción del carbono que contienen a la atmósfera, sumado a esto los incendios forestales también producen otros gases que se consideran de efecto invernadero intensos, como el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O).

Cuando los árboles son talados, se degradan o se queman, como práctica para despejar la tierra y poder hacer otro uso de esta, o debido a perturbaciones naturales, los bosques liberan estos tipos de gases a la atmósfera (13), (14). Durante los últimos siglos, las prácticas como: el cambio en el uso de la tierra, la deforestación, la degradación de los bosques y la expansión de la agricultura, han contribuido a la generación de mayores concentraciones de CO₂ en la atmósfera (15), (16), como se muestra en la figura 1.

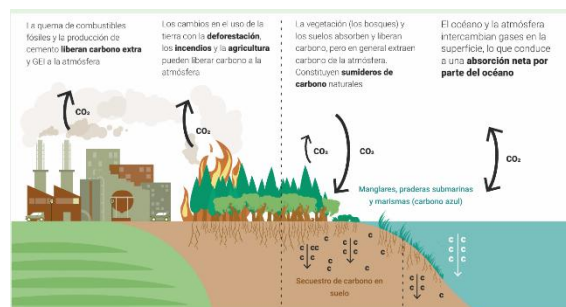


Figura 1. Visión del movimiento de carbono

Fuente: UNESCO

La cantidad de carbono que liberan y absorben los bosques a lo largo del tiempo depende de algunos factores importantes. Los principales determinantes que afectan a las emisiones son el tipo de perturbación y su intensidad, así como la cantidad de carbono almacenado en el bosque y liberado a la atmósfera al talar el bosque (17).

Los bosques más antiguos y maduros almacenan generalmente más carbono por unidad de área que los

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (53 – 61)

bosques más jóvenes o en proceso de recuperación, las emisiones son más altas cuando estos bosques se talan por completo o permanentemente (Figura 2); (18), (19).

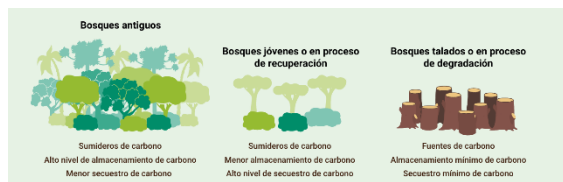


Figura 2. Almacenamiento, emisiones y eliminación de carbono.

Fuente: World Resources Institute (WRI)

La estimación precisa del carbono almacenado en árboles urbanos no solo permite dimensionar el papel ecológico de los espacios verdes, sino que también constituye a la generación de políticas ambientales, la planeación urbana sostenible y los proyectos de compensación de emisiones.

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, aprobada en septiembre de 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas, establece estrategias que permiten afrontar una visión transformadora hacia la sostenibilidad económica, social y ambiental, considerando que sea aplicable a los 193 Estados miembros de las Naciones Unidas que la suscribieron, esta agenda se considera una guía de referencia para el trabajo de la comunidad internacional hasta el año 2030 (<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>).

Debido a todo lo anterior se han formado coaliciones para la acción climática, dichas coaliciones trabajan en todo el mundo, su objetivo principal es buscar estrategias y políticas que permitan reducir las emisiones, buscando soluciones basadas en la naturaleza, ampliar la energía sostenible e invertir en ciudades resilientes, entre otras muchas iniciativas. (ONU).

El Protocolo de Kioto reconoce la importancia que tiene considerar la biomasa y los suelos como Sumideros de Carbono, debido a esta gran importancia se autorizan a los países firmantes a descontar de sus emisiones de gases con efecto invernadero la fijación de éstos inducida mediante actividades suplementarias, todas estas actividades suplementarias están contemplados en algunos de sus artículos. De esta forma todas aquellas actividades que permitan determinar la fijación de carbono en biomasa y en suelos que se deriven de actividades agrícolas y forestales puede suponer una importante ayuda a la hora de cumplir con los compromisos de reducción de gases acordados para cada país. (20).

En los acuerdos firmados en el Protocolo de Kyoto se estableció que se deben considerar incluir los sumideros

de carbono naturales, ya que tienen una capacidad de captura de CO₂ de la atmósfera. (21). Estos son los depósitos naturales que absorben y capturan CO₂ como el suelo, la atmósfera, los océanos y los árboles (22).

Estos últimos lo capturan mediante la fotosíntesis y lo devuelven a la naturaleza en forma del oxígeno que respiramos. Durante el crecimiento, los árboles necesitan CO₂ para desarrollar sus raíces, tallos y hojas, en toda su vida e incluso si se transforma en madera almacena el CO₂ capturado.

Una forma viable y de bajo costo es la reforestación aumentado las hectáreas de bosques o zonas verdes donde se desarrolle una captación de CO₂ donde la capacidad de un árbol para absorción dependerá de la etapa de desarrollo en que encuentre y menciona lo siguiente con respecto a la captura: “para que un árbol pueda producir 446 g de madera, deberá tomar 650 g de CO₂ y después liberará a la atmósfera 447g de O₂, por lo cual un metro cúbico (m³) de crecimiento de biomasa forestal (tronco, raíces, ramas, hojas) absorbe 0.26 toneladas/año de carbono equivalente” (23)

Estudios realizados proporcionaron ecuaciones alométricas a través de métodos no destructivos, a diferencia de otros autores que requerían destruir el árbol para obtener el peso, biomasa y carbón almacenado: En este estudio se encontró que el contenido de carbono tuvo una variación de 48.2 a 50.3% y de 46.5 a 47.1% en la madera de las ramas y el follaje con promedios de 48.9% y 47.1% respectivamente.(24) En otros estudios (25), utilizaron un modelo multiespecie para determinar el carbono acumulado, tanto en la capa forestal como en el suelo con distintas especies entre ellas árboles de cacao donde el 82% del carbono fue acumulado por el 25% de las familias más dominantes del sitio estudiado, encontrando que la parte arbórea es la que mayor mente acumula el carbono. Estudios con datos no publicados, encontró que la biomasa obtenida en su área de estudio (en la carretera federal 15 de Obregón – Navojoa) fue de 13,359.3 kg esto proporciona el carbono almacenados de los árboles que se encuentran en esa área obteniendo un total de 6,371.4kg de carbono forestal almacenado, lo que equivale a un promedio de 48%.

A pesar de que existen diversos estudios de forma global acerca de la capacidad que tienen los bosques para desarrollarse como un sumidero de carbono natural, todavía existe una brecha bastante significativa entre la forma de cuantificar el carbono almacenado en espacios verdes urbanos donde estas áreas verdes son reducidas y fragmentadas, esta falta de información limita la generación de estrategias y políticas que permita mitigar el efecto invernadero dentro de los espacios urbanos.

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (53 – 61)

Basado en todo lo anterior se genera la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es la capacidad real que tiene el espacio verde ubicado en la parte de atrás del edificio 2 del ITESCA compuesto principalmente por árboles de Neem (*Azadirachta indica*)?

Como objetivo de esta investigación se plantea lo siguiente:

Estimar la cantidad de biomasa aérea, carbono almacenado y CO₂ equivalente en un fragmento urbano del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme utilizando métodos no destructivos basados en modelos alométricos validados científicamente. Como objetivos específicos se tiene lo siguiente:

1. Cuantificar el DAP, altura y densidad de madera de los árboles presentes en el área de estudio.
2. Calcular la biomasa aérea individual y total mediante el modelo de Chave et al. (2014).
3. Convertir la biomasa a carbono y CO₂ equivalente conforme a estándares IPCC (2006).
4. Comparar los valores obtenidos con estudios urbanos y forestales nacionales e internacionales.
5. Evaluar el papel del sitio como sumidero urbano de carbono.

Las limitaciones de este trabajo se centraron exclusivamente en biomasa aérea, no se incluye la biomasa subterránea ni carbono del suelo, los cuales pueden representar entre el 20 y el 40 % del carbono total (26). Además, las estimaciones se basan en un único modelo alométrico y no incorporan análisis de crecimiento anual, tasas de mortalidad, ni efectos de estrés urbano, lo cual podría considerarse en futuras evaluaciones.

Y como parte final, el estudio se limita a un solo espacio verde, por lo que se recomienda replicar la metodología en otros sitios urbanos para generar mapas regionales de carbono urbano.

DESARROLLO

Método

Este estudio se centra en un área de aproximadamente 3,045 m² ubicada en un contexto urbano, en este caso es un área que se encuentra ubicada en un espacio en la parte de atrás del edificio dos del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme. A partir de mediciones directas del DAP, la altura y el volumen de copa de los árboles presentes, se estimaron indicadores clave que permiten evaluar el papel de este fragmento forestal como sumidero de carbono.

Esta investigación siguió el procedimiento que a continuación se describe:

1. Determinación del área en la cual se llevará a cabo el análisis, en este punto se evaluaron las áreas de la institución que tienen mayor concentración de árboles.

2. Una vez que se estableció el área a estudiar se realizó un conteo para determinar la cantidad de árboles en el área y la especie de los mismos, se estableció que 99 de los 102 árboles que se encuentran en el área a estudiar son de especie Neem (*Azadirachta*), los 99 árboles se registraron numerándolos de forma consecutiva. La especie *Azadirachta* (Neem) es una especie que por su resistencia a las sequías ha sido ampliamente utilizada en zonas urbanas de regiones cálidas, su rápido ritmo de crecimiento y su capacidad de adaptación a suelos compactados. Algunos estudios han determinado que la densidad de madera del Neem oscila entre 0.57 y 0.60 g/cm³ (27) lo que la ubica dentro de especies de densidad media, y por esta razón se pueden considerar que son útiles para estudios de biomasa aérea. Sumado a lo anterior, su copa amplia y su longevidad en condiciones urbanas lo convierten en un árbol relevante para evaluar la captura de carbono en ciudades de climas secos y cálidos. Cabe aclarar que, aunque no es una especie nativa, su comportamiento en zonas urbanas mexicanas ha sido documentado, mostrando tasas de crecimiento estables y capacidad importante de acumulación de biomasa. (28)

3. La metodología que se usó es un método no invasivo, ya que este es un método robusto ya que es muy estable y validado para estimar la biomasa aérea en bosques tropicales y semihúmedos e incorpora variables como (DAP; altura y densidad de la madera), también se considera importante que el error de estimación que presenta el método es menor al 15% para árboles cuyos diámetros oscilan entre 5 y 150 cm (29), el cual debe seguir los siguientes pasos.

- Tomar los datos de los árboles de acuerdo a la metodología, la información que se recolecta es, el diámetro del árbol y la altura.

Toda la información recolectada se coloca en una tabla con la información necesaria para el cálculo de la biomasa.

- Cálculo de la biomasa: Se realizó el cálculo de la biomasa para cada uno de los árboles, para lo cual se utilizó la fórmula desarrollada para árboles tropicales.

$$AGB = 0.0673 * (\rho * D^2 * H)^{0.976} \quad Ec(1)$$

Donde:

AGB= Biomasa aérea del árbol (Kg)

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (53 – 61)

ρ =Densidad de la madera (0.60 g/cm^3) para la especie del Neem

D=Diámetro del tronco del árbol a la altura del pecho (DAP, cm)

H=Altura del árbol (en metros)

- Cálculo de la biomasa del área total: para el cálculo de esta medición se utilizó la biomasa total de los 99 árboles que se estudiaron y el área total donde se encuentran los árboles y para esto se utilizó la siguiente fórmula.

$$\text{Biomasa}/\text{m}^2 = \frac{\text{Biomasa total}}{\text{Área total}(\text{m}^2)} \quad \text{Ec (2)}$$

Donde:

Biomasa/m² = Biomasa por m² de área

Biomasa Total = AGB de los 99 árboles

Área total (m²) = área total de estudio

- Conversión de la biomasa a carbono de acuerdo al estándar del IPCC (2006), mediante la fórmula siguiente:

$$\text{Carbono almacenado}(\text{kg}) = 0.5 * \text{biomasa}(\text{kg}) \quad \text{Ec.(3)}$$

- Realizar la conversión de Carbono a CO₂ equivalente: para el cálculo de esta medición se considera utilizar la información del carbono almacenado total por los 99 árboles y se multiplica por un factor específico por el peso del CO₂ como se indica en la siguiente fórmula.

$$\text{CO}_2 \text{ Equivalente} = \text{carbono almacenado} * 3.67 \quad (4)$$

Donde:

CO₂ equivalente = conversión de carbono a CO₂

Carbono almacenado = Conversión de biomasa a carbono
3.67 = Peso molecular del CO₂ respecto al C

Una vez que se obtienen los valores se realiza una comparación con lo establecido en los estudios y se genera la conclusión para saber si el espacio que se analizó puede ser considerado como un sumidero de carbono

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para este trabajo se utilizó la metodología de métodos no destructivos, y en especial se utilizó la ecuación propuesta por Chave (2014) para Neem (Azadirachta), ya que el 90% de los árboles que se encuentran en el área a estudiar son de la especie del Neem, el área total muestreada corresponde a 3,044.72 m², localizada alrededor del edificio dos.

El total de los árboles que se analizaron son 99 y pertenecen a la especie del Neem (Azadirachta), para su identificación se les asignó una numeración secuencial del 1 al 99 y se registraron en una tabla.

Para el análisis y cálculo de la biomasa se consideró la metodología y fórmulas establecidas por Chave (2014) obteniéndose lo siguiente:

- De acuerdo a la metodología, se tomaron las medidas de circunferencia del tronco de los árboles y la altura de los mismos, los datos de los 99 árboles se registraron en una tabla, a continuación, se muestra un extracto de la información.

Tabla 1. Muestra del registro de los árboles

Número de árbol	DAP	Altura (m)
1	46	7
2	40	7
3	30	5
4	28	7
5	23	5
6	25	5
7	32	6
8	23	7
9	33	3.5
10	14	5

Para cada uno de los árboles se realizó el cálculo de la biomasa de forma individual considerando la fórmula definida por Chave (2014) como se muestra a continuación los cálculos realizados para el árbol con el número uno

$$\text{AGB} = 0.0673 * (\rho * D^2 * H)^{0.976}$$

Valores para el árbol número uno

$\rho = 0.60 \text{ g/cm}^3$ para la especie del Neem

D=46 cm

H=7 m

Para cada uno de los árboles de neem, considerando la densidad de la madera de entre 0.57 a 0.60 g/cm^3 como se muestra a continuación

$$\text{AGB}_1 = 0.0673 * (0.60 * 46^2 * 7)^{0.976}$$

La información que se obtuvo de los 99 árboles se colocaron en una tabla, un extracto se muestra a continuación:

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (53 – 61)

Tabla 2. Muestra del registro de la información del cálculo del AGB individual

Número de árbol	DAP	Altura (m)	Densidad	AGB Individual
1	46	7	0.6	480.850004
2	40	7	0.6	366.039097
3	30	5	0.6	150.323232
4	28	7	0.6	182.456294
5	23	5	0.6	89.490749
6	25	5	0.6	105.308713
7	32	6	0.6	203.713149
8	23	7	0.6	124.279388
9	33	3.5	0.6	127.832213
10	14	5	0.6	33.956845

Una vez realizado el cálculo correspondiente para cada uno de los árboles se realizó la sumatoria del total de la biomasa calculada para cada uno de los árboles y se obtuvo un valor de 10,327.66 Kg.

Una vez obtenida la información se realizó el cálculo de la biomasa por m², con la fórmula siguiente:

$$Biomasa/m^2 = \text{biomasa total} / \text{Área total (m}^2\text{)}$$

Obteniendo el siguiente resultado 3.39 kg/m².

$$\text{Carbono almacenado (kg)} = 0.5 * \text{Biomasa (kg)}$$

Con esta información y la fórmula siguiente se realizó el cálculo del carbono almacenado total esto proporciona el carbono almacenado de los árboles que se encuentran en esa área obteniendo un total de 5,183.83 Kg de carbono forestal almacenado, lo que equivale a un promedio del 50%.

De acuerdo a Chavené (2014) el Carbono total se calcula con la siguiente fórmula:

$$CO_2 \text{Equivalente} = \text{carbono almacenado} * 3.67$$

Para calcular la cantidad de CO₂ acumulado se utilizó la ecuación anterior, de lo cual se obtuvo los siguiente: 18,934.00 Kg de CO₂.

Como puede observarse el área en cuestión presenta una gran cantidad de CO₂ almacenado producto de la fotosíntesis, lo que ha permitido ser un sitio de captación de bióxido de carbono y producción de oxígeno para la zona.

Los sumideros de carbono son importantes por la función que estos desempeñan en el ecosistema siendo estos la mejor opción en este momento para contrarrestar el efecto invernadero a largo tiempo.

Se evaluaron 99 árboles distribuidos de manera dispersa en el área total. Los diámetros (DAP) oscilaron entre 4.6 cm y 40 cm, con un promedio de 22.18 cm y una desviación estándar de 10.05 cm, lo que indica que existe una estructura heterogénea compuesta por individuos jóvenes, intermedios y algunos ejemplares dominantes; el valor promedio de 21.8 cm el cuartil inferior (25%) se ubicó en 16.20 cm, y el cuartil superior (75%) se ubicó en 26.98 cm lo cual indica que existe una distribución ligeramente sesgada hacia árboles de diámetros mayores. En cuanto a las alturas, estas tuvieron una variaron de 1.7 metros a 9 metros, con una altura promedio de 5.1 m y una desviación estándar de 1.86 m, la medida central está en el rango de 3.5 a 7 m lo que indica que es identificada a especies de rápido crecimiento como lo es el árbol del Neem.

El cálculo de la densidad por metro cuadrado de carbono de acuerdo a la metodología empleada es de aproximadamente 1.69 kg/m², y de acuerdo a los resultados obtenidos en otros estudios realizados por Chavé en los cuales se establecen que una densidad de carbono de entre 1.5 y 3.5 kg/m² en áreas urbanas y semiurbanas ya se considera significativa para mitigación climática, considerado además como un sumidero de carbono urbano funcional y eficiente.

Los resultados confirman que incluso áreas verdes relativamente pequeñas pueden actuar como importantes sumideros de carbono. En comparación con estudios similares realizados en contextos urbanos, los valores obtenidos son consistentes y demuestran la relevancia de este tipo de evaluaciones para la planificación urbana sostenible.

Uno de los principales hallazgos es la concentración del carbono almacenado en un número reducido de árboles. Esto coincide con investigaciones previas que señalan que la estructura demográfica y la composición específica de un bosque urbano influyen directamente en su eficiencia como sumidero de carbono.

Otro punto a destacar es que las estimaciones realizadas se limitan a la biomasa aérea, por lo que incorporar la biomasa subterránea y el carbono del suelo podría aumentar en un 20 a 30% el total estimado, según cifras del IPCC. Este hecho indica que los valores reportados podrían estar subestimando la capacidad real del ecosistema.

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (53 – 61)

A nivel de políticas públicas, los resultados apoyan la necesidad de implementar planes de conservación y manejo de árboles urbanos, priorizando especies nativas y de rápido crecimiento y alta tasa de acumulación de biomasa. Además, estas métricas pueden integrarse en sistemas de contabilidad de carbono municipales y proyectos de desarrollo urbano bajo en emisiones.

CONCLUSIONES

Este estudio permitió estimar con base científica el carbono almacenado en un área verde urbana, evidenciando su papel crucial en la captura de gases de efecto invernadero, esto debido a la estimación de biomasa (AGB) carbono almacenado y CO₂ equivalente, esto en base a los resultados obtenidos para las variables medibles.

La cuantificación periódica de este tipo de indicadores debería ser parte de las estrategias de sostenibilidad en las instituciones educativas, espacios públicos, y desarrollos urbanos. Más aún, estos datos permiten generar conciencia en la comunidad sobre el valor ambiental de los árboles urbanos, promoviendo una cultura de respeto y conservación de la naturaleza.

Los resultados obtenidos en este estudio confirman que el espacio verde analizado dentro del ITESCA funciona como un sumidero urbano de carbono de relevancia ecológica, pese a su tamaño relativamente reducido y a su ubicación en un entorno semiárido. La densidad de carbono estimada 1.69 kg C/m² se encuentra dentro de los rangos reportados para áreas verdes urbanas de características similares, situándose en una posición intermedia frente a los valores documentados a nivel nacional e internacional.

Al comparar estos resultados con estudios previos, se observa que el desempeño del sitio es superior al registrado en ciudades como Mérida, donde se han estimado valores de 0.76 kg C/m² para espacios urbanos con baja densidad arbórea (30). Asimismo, el sitio del ITESCA presenta valores cercanos al promedio urbano nacional reportado para México (2.89 kg C/m²), lo que sugiere que, aun con una sola especie dominante (*Azadirachta*) y con individuos mayormente jóvenes y de talla media, la contribución del arbolado es significativa. No obstante, los valores obtenidos son inferiores a los estimados en bosques urbanos de Estados Unidos (2.51 kg C/m²) y especialmente a los registrados en parques urbanos consolidados de China, donde se alcanzan densidades promedio de 5.2 kg C/m², con máximos de hasta 21.59 kg C/m². (31) Esta diferencia se explica principalmente por la menor cobertura de copa, la menor

diversidad estructural y las limitaciones ambientales propias de un sitio institucional con un manejo urbano básico.

La estructura del arbolado, caracterizada por una variabilidad diamétrica que oscila entre 2.07 y 70 cm y una altura entre 1.7 y 8.3 m, influye directamente en la distribución de la biomasa aérea. Tal heterogeneidad es común en ecosistemas urbanos, donde las condiciones microambientales, el manejo humano, el estrés hídrico y la competencia por luz y nutrientes generan diferencias notables entre individuos. La literatura indica que, en estos contextos, un número reducido de árboles dominantes puede aportar una proporción significativa del carbono total almacenado, fenómeno que coincide con lo observado en este estudio.

Los resultados obtenidos indican que el espacio verde de ITESCA cumple con una función ambiental ya establecida, sin embargo, existen oportunidades de mejora como el incremento de la densidad arbórea, diversificar las especies tratando de seleccionar aquellas con mayor densidad de madera o altura potencial, reducir las perturbaciones antrópicas y aumentar la cobertura e copa

Finalmente, se recomienda ampliar estos estudios a nivel regional, integrar variables ecológicas adicionales y considerar herramientas de teledetección para mejorar la precisión y cobertura de los análisis.

BIBLIOGRAFÍA

1. Lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO disponible en <https://whc.unesco.org/en/list/>
3. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). IPCC. Sixth Assessment Report (AR6), Working Group I: The Physical Science Basis. Chapter 2: Changing State of the Climate System. Cambridge University Press; 2021.
4. Registro de CO₂ – Núcleos de Hielo Vostok. Petit JR, Jouzel J, Raynaud D, Barkov NI, Barnola JM, Basile I, et al. Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. *Nature*. 1999;399:429–436.
5. Qian Z, Bathiany S, Liu T, Blaschke LL, Teo HC, Boers N. Decadal sink–source shifts of forest aboveground carbon since 1988. *Nature*. 2024;625(7997):114–120.
6. Duque, A., M.A. Pena, F. Cuesta, S. González-Caro, P. Kennedy, O.L. Phillips, et al. 2021. “Mature Andean

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (53 – 61)

- forests as globally important carbon sinks and future carbon refuges.” *Nature Communications* 12: 2138. <https://www.nature.com/articles/s41467-021-22459-8>
7. Qie, L., S.L. Lewis, M.J.P. Sullivan, G. Lopez-Gonzalez, G.C. Pickavance, T. Sunderland, et al. 2017. “Long-term carbón sink in Borneo’s forests halted by drought and vulnerable to edge effects.” *Nature Communications* 8: 1966. <https://www.nature.com/articles/s41467-017-01997-0>
8. Barber CP, Cochrane MA, Souza CM Jr, Laurance WF. Roads, deforestation, and the mitigating effect of protected areas in the Amazon. *Biol Conserv.* 2020;243:108485.
9. Pan Y, Birdsey RA, Fang J, Houghton R, Kauppi PE, Kurz WA, et al. A large and persistent carbon sink in the world’s forests. *Science*. 2011;333(6045):988–993.
10. Heede R, Oreskes N. Potential emissions of CO₂ and methane from proved reserves of fossil fuels: An alternative analysis. *Climatic Change*. 2016;136(1):1–12.
11. Cook-Patton SC, Leavitt SM, Gibbs D, Harris NL, Lister K, et al. Mapping carbon accumulation potential from global natural forest regrowth. *Nature*. 2020;585(7826):545–550.
12. IPCC. *Climate Change and Land: an IPCC Special Report*. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change; 2019.
13. Janowiak MK, Swanston CW, Nagel LM, Brandt LA, Butler PR, Handler SD, et al. A practical approach for translating climate change adaptation principles into forest management actions. *J Forestry*. 2017;115(3):167–178.
14. Blanco JA, González-Moreno P, Castillo FJ, Sánchez-Salguero R. Carbon storage in Mediterranean forest ecosystems. *For Ecol Manage.* 2014;331:10–23.
15. Baccini, A., S.J. Goetz, W.S. Walker, N.T. Laporte, M. Sun, et al. 2012. “Estimated carbon dioxide emissions from tropical deforestation improved by carbon-density maps.” *Nature Climate Change* 2: 182–185. <https://www.nature.com/articles/nclimate1354>
16. Alexandrov GA. Carbon cycle modeling: principles and applications. *Ecol Model.* 2007;200(3–4):389–407.
17. Arbestain MC, Pinto D. *Evaluación del carbono orgánico del suelo en ecosistemas forestales*. Santiago de Compostela: Universidad de Santiago de Compostela; 2004.
18. Arango Castaño JD. *Inventario de árboles urbanos en Colombia*. Bogotá: Instituto de Estudios Ambientales; s/a.
19. Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). *Manual para la estimación de biomasa y carbono en ecosistemas forestales*. Guadalajara: CONAFOR; s/a.
20. Lafferriere B. *Guía para la gestión de servicios ambientales en áreas naturales protegidas*. México: CONANP; 2008.
21. Díaz-Ríos MJ, Ramírez R, Ortega-Martínez L. Estimación de carbono en ecosistemas forestales de México. *Rev Mex Cienc For.* 2016;7(37):45–58.
22. Hernández Núñez JJ, López MJ, Ramos M. Evaluación del carbono almacenado en plantaciones forestales en México. *Rev Chapingo Ser Cienc For Amb.* 2021;27(2):189–203.
23. Chave J, Réjou-Méchain M, Búrquez A, Chidumayo E, Colgan MS, et al. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Glob Change Biol.* 2014;20(10):3177–3190.
24. Nowak DJ. Assessing the impacts of urban trees and forests on air quality and human health. *Environ Pollut.* 2013;178:395–402.
25. Nowak DJ, Crane DE. Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. *Environ Pollut.* 2002;116(3):381–389.
26. IPCC. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Vol. 4. Agriculture, Forestry and Other Land Use. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change; 2006.
27. Díaz-Ríos, J. et al. (2016). *Wood density database for tropical species*.
28. Hernández-Núñez, H., et al. (2021). *Biomasa aérea y carbono en árboles urbanos de ciudades mexicanas*. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 12(65), 88–108.

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (53 – 61)

29. Nowak, D. J., & Crane, D. E. (2002). Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. *Environmental Pollution*, 116(3), 381–389.

30. Martínez-Trinidad, T., Herrera-Cabrera, B., & López, M. (2021). *Evaluación del carbono urbano en ciudades mexicanas*. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales, 27(3), 345–360.

31. Du, H., et al. (2024). *Carbon storage assessment in 123 urban parks of Zhengzhou, China*. Urban Climate, 50, 101640.

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (62-68)

NORMATIVIDAD Y CERTIFICACIONES PARA LA CIRCULACIÓN DE MINI
VEHÍCULOS ELÉCTRICOS: RETOS Y OPORTUNIDADES EN MÉXICO

Roa-Navarro, V.¹, López-Roa, M. L.^{2*}, Sánchez-Cruz, M. L.³, Polanco-Valenzuela, I. G.⁴, Zapuche-Moreno, C. O.⁵, López-Roa, M. A.⁶, López-Roa, J.⁷

^{1,6,7} Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Cajeme. Estudiante de la Maestría en Gestión Administrativa.

² Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Cajeme. Docente adscrita al programa de Licenciatura en Administración. mlopez@itesca.edu.mx. ORCID <https://orcid.org/0009-0003-9501-0470>

³ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Cajeme. Docente adscrita al programa de Licenciatura en Administración. lsanchez@itesca.edu.mx. ORCID <https://orcid.org/0009-0002-4642-2842>

⁴ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui. Docente adscrita al departamento de Ciencias Económico Administrativas. ipolanco@itvy.edu.mx. ORCID <https://orcid.org/0009-0002-1016-591X>

⁵ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Cajeme. Docente adscrita al programa de Licenciatura en Administración. czapuche@itesca.edu.mx. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8555-391X>

Resumen -- La estandarización técnica no constituye un mero trámite administrativo, sino el eje estructural que articula la transición energética en el sector transporte y condiciona la eficacia del derecho a la movilidad reconocido constitucionalmente en México. En un contexto de descarbonización progresiva y transformación industrial, la normalización opera como instrumento de política pública que debe equilibrar seguridad vial, sostenibilidad ambiental, eficiencia energética y certidumbre jurídica. La ausencia de marcos diferenciados para tecnologías emergentes de micro movilidad eléctrica evidencia la necesidad de una actualización regulatoria que responda a criterios de proporcionalidad técnica y racionalidad económica. El presente estudio amplía el diagnóstico del ecosistema normativo aplicable a vehículos eléctricos ligeros en México, evaluando la eficacia y alcances de la NOM-194-SE-2021, la NOM-163-SEMARNAT-SCFI-2023, el Acuerdo CRE A/108/2024 y la Ley General de Movilidad y Seguridad Vial. Se analiza la laguna jurídica derivada de la exclusión de vehículos con peso bruto inferior a 400 kg, identificando sus efectos en la seguridad jurídica, la competitividad industrial y la transferencia tecnológica. Asimismo, se desarrolla un modelo comparado con la regulación europea de cuadríciclos (L6e y L7e) y con los Reglamentos ONU R-100 y R-136 del Foro WP.29, a fin de sustentar una propuesta normativa armonizada internacionalmente.

Como resultado, se propone la expedición de una Norma Oficial Mexicana específica para Mini Vehículos Eléctricos (MVE), estructurada bajo el principio de proporcionalidad normativa y sustentada en un Análisis de Impacto Regulatorio (AIR) que permita equilibrar protección al usuario, viabilidad económica y competitividad de mercado. La investigación concluye que una regulación diferenciada constituye condición necesaria para consolidar la micro movilidad eléctrica como instrumento efectivo de transición energética urbana en México.

Palabras Clave: *Electromovilidad, Micro movilidad, NOM-194, Olinia, Seguridad vial, Evaluación de la conformidad.*

Abstract -- Technical standardization is not merely an administrative procedure but a structural mechanism that underpins the energy transition within the transport sector and supports the constitutional right to mobility in Mexico. In the context of decarbonization and industrial transformation, regulatory frameworks must balance road safety, environmental sustainability, energy efficiency, and legal certainty. The absence of differentiated standards for emerging micro-mobility technologies highlights the urgency of regulatory modernization grounded in proportionality and economic rationality.

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (62-68)

This study provides an expanded and comparative assessment of the Mexican regulatory framework governing light electric vehicles, examining NOM-194-SE-2021, NOM-163-SEMARNAT-SCFI-2023, CRE Agreement A/108/2024, and the General Mobility and Road Safety Law. It identifies a structural legal gap concerning vehicles under 400 kg and evaluates its implications for legal certainty, industrial competitiveness, and technological transfer. A comparative analysis with the European L6e/L7e quadricycle categories and UNECE WP.29 Regulations R-100 and R-136 supports the development of a harmonized regulatory proposal.

The paper proposes the issuance of a specific Mexican Official Standard (NOM) for Mini Electric Vehicles (MEV), grounded in proportionality principles and supported by a Regulatory Impact Assessment (RIA). Such a framework would ensure technical safety while preserving market competitiveness and fostering innovation. The findings demonstrate that differentiated regulation is essential to consolidate micro-mobility electrification as a viable strategy for sustainable urban transformation in Mexico.

Key words – Electromobility, Micro-mobility, MEV, NOM-194, Olinia, Road safety, Regulatory impact assessment.

INTRODUCCIÓN

La movilidad constituye hoy uno de los ejes estructurales del desarrollo urbano sostenible y de la política pública contemporánea. En México, la reforma constitucional publicada el 18 de diciembre de 2020 elevó a rango de derecho humano el acceso a una movilidad segura, accesible, eficiente, sostenible, inclusiva y de calidad.¹ Este reconocimiento no se limita a una declaración programática, sino que impone al Estado obligaciones concretas de adecuación normativa, diseño institucional y generación de infraestructura compatible con los principios de progresividad y no regresividad en materia de derechos fundamentales.

En este contexto, la transición hacia modelos de transporte electrificados adquiere una dimensión jurídica estratégica. La electrificación vehicular no solo responde a compromisos internacionales en materia de cambio climático —como los derivados del Acuerdo de París— sino que se integra a la agenda nacional de política industrial y reducción de emisiones contaminantes.² Sin

embargo, la arquitectura normativa mexicana en materia vehicular se concibió históricamente bajo un paradigma centrado en vehículos de combustión interna, de mayor tonelaje y altas velocidades de operación. Esta configuración genera fricciones regulatorias frente a la irrupción de tecnologías de micro movilidad eléctrica.

La problemática central radica en que el diseño de las Normas Oficiales Mexicanas vigentes, especialmente la NOM-194-SE-2021, parte de supuestos técnicos vinculados a automóviles convencionales.³ Los requisitos de seguridad pasiva —como bolsas de aire frontales y sistemas antibloqueo de frenos— se concibieron para escenarios de circulación en vías de alta velocidad. No obstante, los mini vehículos eléctricos (MVE) están diseñados para entornos urbanos de baja velocidad, lo que plantea un problema de desproporcionalidad normativa.

La exclusión expresa de vehículos con peso bruto inferior a 400 kg dentro del campo de aplicación de la NOM-194-SE-2021 genera una laguna jurídica estructural.³ En la práctica, los fabricantes y usuarios se enfrentan a un escenario ambiguo que compromete la seguridad jurídica y la coherencia del sistema registral vehicular.

El caso del proyecto nacional Olinia ejemplifica esta tensión entre innovación tecnológica y rigidez regulatoria.⁴ Su viabilidad económica depende de contar con un marco normativo coherente con sus especificaciones técnicas. La inexistencia de una categoría regulatoria intermedia —equivalente a los cuadríciclos ligeros L6e y L7e reconocidos en la Unión Europea⁵— limita la inserción ordenada de estos vehículos en el mercado mexicano.

A lo anterior se suma la dimensión federalista del sistema jurídico mexicano. La Ley General de Movilidad y Seguridad Vial establece bases mínimas de coordinación;⁶ sin embargo, la falta de armonización legislativa en diversas entidades genera fragmentación normativa.

DESARROLLO

Enfoque metodológico y diseño de investigación

El análisis normativo parte de la revisión sistemática de la NOM-194-SE-2021,³ la NOM-163-SEMARNAT-SCFI-2023⁷ y el Acuerdo CRE A/108/2024,⁸ así como de la Ley de Infraestructura de la Calidad.⁹

La comparación internacional se realizó con la clasificación europea L6e y L7e establecida en el Reglamento (UE) 168/2013,⁵ así como con los Reglamentos ONU R-100 y R-136 del Foro WP.29.^{10 11}

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (62-68)

Estudios técnicos internacionales demuestran que, en escenarios de colisión a baja velocidad, los vehículos ultraligeros pueden mantener niveles adecuados de protección estructural sin requerir sistemas complejos de seguridad pasiva diseñados para velocidades superiores.¹²

En materia de mercado e innovación, diversos análisis periodísticos y sectoriales evidencian que la ausencia de regulación diferenciada puede afectar la competitividad del proyecto Olinia y del sector nacional de electromovilidad.^{4 13}

Participantes y fuentes de información

La investigación no involucró sujetos humanos en sentido experimental; sin embargo, se trabajó con tres tipos de “participantes técnicos” o unidades de análisis:

1. **Fuentes normativas primarias:** normas oficiales mexicanas, leyes federales y documentos regulatorios internacionales (Secretaría de Economía 2021; UNECE 2018).
2. **Informes técnicos internacionales:** estudios sobre seguridad de vehículos eléctricos ligeros y cuadriciclos (TRL 2023).
3. **Actores institucionales indirectos:** documentación pública emitida por fabricantes emergentes, organismos regulatorios y organismos internacionales.

El corpus documental se seleccionó mediante criterios de relevancia jurídica (vigencia normativa), pertinencia técnica (aplicabilidad a vehículos eléctricos ultra compactos) y reconocimiento internacional (reglamentos ONU).

Instrumentos de análisis

Se emplearon los siguientes instrumentos metodológicos:

- a) Matriz de análisis normativo comparado: permitió identificar convergencias y divergencias entre la regulación mexicana vigente y los estándares internacionales de cuadriciclos (L6e/L7e).
- b) Modelo técnico de parámetros vehiculares: se establecieron rangos cuantitativos para masa en vacío, potencia máxima continua y velocidad de diseño, sustentados en referencias internacionales.

- c) Modelo simplificado de impacto regulatorio (MIR): se estimaron efectos económicos y técnicos bajo dos escenarios: (i) mantener el régimen actual (aplicación NOM-194 completa) y (ii) adopción de NOM específica para MVE.

Modelos técnicos y cálculos utilizados

Para sustentar la delimitación técnica de los MVE se utilizaron los siguientes criterios cuantitativos:

Relación potencia–masa (P/M):

$$P/M = \frac{\text{Potencia continua (kW)}}{\text{Masa en vacío (kg)}}$$

Se estableció como parámetro de seguridad que el cociente no excediera 0.04 kW/kg en vehículos urbanos de velocidad ≤ 50 km/h, asegurando aceleraciones moderadas y control vehicular.

Modelo de energía consumida por kilómetro:

$$E_{km} = \frac{\text{Capacidad batería (kWh)}}{\text{Autonomía estimada (km)}}$$

Este cálculo permitió comparar eficiencia energética entre MVE (promedio 0.08–0.12 kWh/km) y vehículos eléctricos convencionales (0.15–0.20 kWh/km), demostrando mayor eficiencia relativa en trayectos urbanos cortos (IEA 2023).

Estimación de reducción de emisiones indirectas:

$$CO_2 \text{ evitado} = (\text{km sustituidos}) \times (\text{factor emisión promedio})$$

El factor de emisión promedio utilizado fue 0.192 kg CO₂/km para vehículos ligeros de combustión interna en contexto urbano mexicano (INEGI 2023).

Análisis de riesgo por velocidad de impacto:

Con base en estudios internacionales de seguridad de cuadriciclos (TRL 2023), se consideró que la energía cinética aumenta proporcionalmente al cuadrado de la velocidad:

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

La limitación de velocidad a 45–50 km/h reduce exponencialmente la energía liberada en un impacto comparado con vehículos que circulan a 90 km/h, justificando requisitos de seguridad diferenciados.

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (62-68)

Procedimiento

El procedimiento se desarrolló en cinco etapas:

1. **Recolección documental:** identificación y sistematización de normas mexicanas vigentes y reglamentos internacionales.
2. **Análisis comparado:** construcción de matriz de equivalencias entre categorías mexicanas actuales y L6e/L7e.
3. **Modelación técnica:** aplicación de fórmulas de desempeño vehicular y análisis de escenarios de cumplimiento.
4. **Evaluación de impacto regulatorio:** comparación costo-beneficio preliminar para fabricantes nacionales bajo distintos marcos normativos.
5. **Integración de resultados:** articulación de hallazgos técnicos con propuestas de armonización regulatoria.

Resultados metodológicos

Los resultados del análisis permitieron identificar:

- Existencia de desproporción regulatoria al aplicar NOM-194 a vehículos de masa ≤ 450 kg.
- Viabilidad técnica de establecer parámetros diferenciados sin comprometer seguridad básica.
- Compatibilidad estructural entre propuesta mexicana de MVE y clasificación europea L6e/L7e (UNECE 2018).
- Reducción significativa de barreras de entrada industrial bajo escenario de NOM especializada.

El modelo demuestra que la regulación diferenciada no implica reducción de seguridad, sino adecuación proporcional al riesgo operacional, principio ampliamente aceptado en regulación técnica internacional.

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS

La discusión de los resultados obtenidos confirma la existencia de una desalineación estructural entre el marco normativo mexicano vigente en materia de seguridad vehicular y la evolución tecnológica de la micro movilidad eléctrica. La NOM-194-SE-2021 se diseñó bajo un paradigma de seguridad aplicable a vehículos ligeros convencionales con velocidades superiores a 120

km/h,³ mientras que los mini vehículos eléctricos (MVE) analizados operan bajo parámetros de diseño urbano con velocidades limitadas electrónicamente a 45–50 km/h. Esta diferencia no es meramente cuantitativa, sino cualitativa en términos de riesgo, energía cinética y dinámica de impacto.

Desde el punto de vista del principio de proporcionalidad regulatoria —implícito en la Ley de Infraestructura de la Calidad⁹— la exigencia de dispositivos de seguridad pasiva de alta complejidad en vehículos ultraligeros puede resultar técnicamente sobredimensionada. Estudios técnicos del Transport Research Laboratory (TRL) demuestran que en colisiones a baja velocidad los sistemas estructurales reforzados y cinturones de seguridad de tres puntos ofrecen niveles de protección adecuados sin necesidad de incorporar sistemas de airbag múltiples o controles electrónicos avanzados.¹² Esto no implica disminuir estándares de seguridad, sino adecuarlos al perfil de riesgo operacional.

La exclusión de vehículos inferiores a 400 kg dentro del ámbito de aplicación de la NOM-194³ genera una zona gris regulatoria. Este vacío no equivale a desregulación, sino a incertidumbre jurídica que impacta tanto a fabricantes como a usuarios. La ausencia de categoría intermedia obliga a clasificaciones forzadas —como motocicleta o automóvil convencional— distorsionando el sistema registral y afectando la coherencia normativa establecida en la Ley General de Movilidad y Seguridad Vial.⁶

En el plano comparado, la regulación europea bajo el Reglamento (UE) 168/2013 establece categorías L6e y L7e específicamente diseñadas para cuadriciclos ligeros y pesados, permitiendo exigencias técnicas diferenciadas sin sacrificar estándares mínimos de seguridad.⁵ Asimismo, los Reglamentos ONU R-100 y R-136 del Foro WP.29 regulan la seguridad eléctrica de los sistemas de propulsión y almacenamiento de energía, proporcionando un marco armonizado reconocido internacionalmente.^{10 11} La ausencia de reconocimiento explícito de estas categorías en México genera barreras técnicas indirectas que pueden limitar la transferencia tecnológica y el acceso a economías de escala.

Desde una perspectiva económica, la aplicación íntegra de la NOM-194 a vehículos ultra compactos puede incrementar el costo final entre 20% y 30%, afectando su competitividad frente a motocicletas o vehículos usados de combustión interna. Diversos análisis sectoriales señalan que el posicionamiento del proyecto Olinia

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (62-68)

depende precisamente de mantener un rango de precios accesible para el mercado urbano popular.^{4 13} Si el costo regulatorio supera el umbral de accesibilidad, la política pública pierde eficacia como instrumento de transición energética.

En materia ambiental, la NOM-163-SEMARNAT-SCFI-2023 reconoce créditos por vehículos de cero emisiones,⁷ pero no establece un tratamiento diferenciado para vehículos ultraligeros altamente eficientes. El modelo energético comparado indica que los MVE presentan consumos promedio de 0.08–0.12 kWh/km, significativamente inferiores a los vehículos eléctricos convencionales. Esta eficiencia relativa sugiere que la micro movilidad eléctrica podría constituir una estrategia de mitigación más costo-efectiva en trayectos urbanos cortos.

El análisis también evidencia una tensión federal derivada de la implementación desigual de la Ley General de Movilidad y Seguridad Vial en las entidades federativas.⁶ La falta de armonización normativa compromete la seguridad jurídica y genera disparidades en la aplicación administrativa. En este contexto, la expedición de una NOM específica para MVE actuaría como estándar técnico mínimo obligatorio en todo el territorio nacional, reduciendo la fragmentación regulatoria.

En relación con la infraestructura, el Acuerdo CRE A/108/2024 introduce certidumbre en la operación de centros de carga,⁸ pero su implementación aún enfrenta desafíos de interoperabilidad. Para los MVE, cuya carga puede realizarse mayoritariamente en entornos domiciliarios, la regulación energética debe complementarse con lineamientos claros sobre seguridad eléctrica y compatibilidad técnica conforme a estándares UNECE.¹⁰

Desde el enfoque constitucional, la reforma de 2020 reconoce el derecho a la movilidad como derecho humano.¹ La omisión de actualizar el marco técnico frente a nuevas tecnologías podría interpretarse como una limitación indirecta al ejercicio progresivo de este derecho. En consecuencia, la actualización normativa no es únicamente una cuestión técnica, sino una obligación coherente con el mandato constitucional.

El balance del Análisis de Impacto Regulatorio sugiere que los beneficios de una NOM diferenciada superan sus costos iniciales. Entre los beneficios se encuentran la reducción de incertidumbre jurídica, la formalización del mercado, la atracción de inversión y la protección

proporcional del usuario. Los costos regulatorios — consulta pública, acreditación de laboratorios y capacitación administrativa— son transitorios y recuperables en términos de estabilidad sistémica.

En síntesis, la discusión confirma que ni la sobreregulación ni la ausencia de regulación constituyen soluciones óptimas. El punto de equilibrio radica en una regulación proporcional, técnicamente sustentada y armonizada con estándares internacionales, capaz de cerrar la brecha normativa sin inhibir la innovación industrial. La micro movilidad eléctrica no debe operar en un vacío regulatorio; debe integrarse coherentemente al sistema jurídico nacional bajo criterios de racionalidad técnica y seguridad jurídica.

CONCLUSIONES

El análisis desarrollado confirma la existencia de una brecha estructural entre el marco normativo vigente en materia de seguridad vehicular y la realidad tecnológica de la micro movilidad eléctrica en México. La exclusión de vehículos con peso bruto inferior a 400 kg dentro del ámbito de aplicación de la NOM-194-SE-2021 no constituye una omisión menor, sino un vacío regulatorio con implicaciones directas en la seguridad jurídica, la competitividad industrial y el ejercicio efectivo del derecho constitucional a la movilidad.

La evidencia técnica y económica demuestra que la aplicación indiscriminada de estándares diseñados para automóviles convencionales a mini vehículos eléctricos genera distorsiones regulatorias. Esta sobreregulación incrementa costos de cumplimiento, limita la accesibilidad económica del usuario y desincentiva la innovación nacional. En paralelo, la ausencia de una categoría específica fomenta prácticas de clasificación inadecuadas, debilitando la coherencia del sistema registral y de tránsito.

La implementación de una Norma Oficial Mexicana específica para Mini Vehículos Eléctricos (MVE), basada en el principio de proporcionalidad y armonizada con las categorías L6e y L7e del Foro WP.29 de la ONU, se configura como la pieza central para cerrar la “tierra de nadie” regulatoria identificada. Esta regulación diferenciada permitiría establecer estándares de seguridad acordes al riesgo operativo real, promover certidumbre jurídica y generar condiciones equitativas para la competencia entre proyectos nacionales —como Olinia— y tecnologías importadas.

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (62-68)

Asimismo, la armonización federal-local no constituye una opción política discrecional, sino una condición necesaria para garantizar uniformidad técnica y seguridad jurídica en todo el territorio nacional. La fragmentación normativa entre entidades federativas compromete la eficacia del derecho a la movilidad y dificulta la consolidación de un mercado ordenado de electromovilidad.

Desde una perspectiva estratégica, la micro movilidad eléctrica representa una de las vías más viables para transformar las ciudades mexicanas en entornos urbanos más sostenibles, silenciosos y con menor huella de carbono. La transición energética en el sector transporte no podrá consolidarse sin una arquitectura normativa flexible, técnicamente sustentada y económicamente racional.

En cuanto a futuras líneas de investigación, resulta pertinente profundizar en el diseño de esquemas específicos de responsabilidad civil y seguros obligatorios para MVE, así como en el análisis integral del ciclo de vida de baterías de litio bajo criterios de economía circular, reciclaje y gestión ambientalmente adecuada. Estos estudios permitirán robustecer el ecosistema regulatorio desde una perspectiva sistémica.

La actualización normativa en materia de mini vehículos eléctricos no es únicamente un ajuste técnico; constituye una decisión estructural de política pública que definirá la competitividad industrial, la protección al usuario y la materialización efectiva del derecho a la movilidad en México.

AGRADECIMIENTOS

Se expresa reconocimiento institucional al Tecnológico Nacional de México (TecNM) y al Instituto Tecnológico Superior de Cajeme (ITESCA) por el respaldo académico y científico otorgado para el desarrollo de esta investigación.

Asimismo, se agradece el apoyo derivado de la **Convocatoria 2025: Proyectos de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación**, en la **Modalidad Posgrado**, adscrita a la LGAC *Gestión e Innovación de las Organizaciones*, proyecto sometido el 10 de febrero de 2025 y dictaminado como **Aprobado con financiamiento el 27 de junio de 2025**, cuyo respaldo permitió fortalecer el análisis técnico, jurídico y metodológico aquí presentado.

BIBLIOGRAFÍA

1. Diario Oficial de la Federación. “Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia de movilidad y seguridad vial.” 18 de diciembre de 2020.
2. Onexpo Nacional. “El reto de la electromovilidad en México: entre la realidad y la utopía.” 2024.
3. Secretaría de Economía. *Norma Oficial Mexicana NOM-194-SE-2021, Dispositivos de seguridad para vehículos ligeros nuevos*. Diario Oficial de la Federación, 3 de mayo de 2022.
4. El Economista. “Olinia deberá cumplir con NOM de seguridad para 2026.” 7 de enero de 2025.
5. European Parliament and Council of the European Union. *Regulation (EU) No 168/2013 on the approval and market surveillance of two- or three-wheel vehicles and quadricycles*. Official Journal of the European Union, 2013.
6. Congreso de la Unión. *Ley General de Movilidad y Seguridad Vial*. Diario Oficial de la Federación, 17 de mayo de 2022. Última reforma 29 de diciembre de 2023.
7. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Secretaría de Economía. *Norma Oficial Mexicana NOM-163-SEMARNAT-SCFI-2023, Emisiones de CO₂ de vehículos automotores nuevos*. Diario Oficial de la Federación, 3 de enero de 2024.
8. Comisión Reguladora de Energía. *Acuerdo A/108/2024 por el que se emiten disposiciones administrativas de carácter general en materia de electromovilidad*. Diario Oficial de la Federación, 11 de septiembre de 2024.
9. Congreso de la Unión. *Ley de Infraestructura de la Calidad*. Diario Oficial de la Federación, 1 de julio de 2020.
10. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). *UN Regulation No. 100: Uniform Provisions Concerning the Approval of Vehicles with Regard to Specific Requirements for the Electric Power Train*. WP.29, 2018.
11. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). *UN Regulation No. 136:*

REVISTA ENTORNO ACADÉMICO 27 (2025) (62-68)

Electric Power Train Safety for Category L Vehicles. WP.29, 2022.

12. Transport Research Laboratory (TRL). *Safety of Four-Wheeled Lightweight Electric Vehicles.* Report 712, 2023.
13. Wired en Español. “El auto eléctrico mexicano Olinia estará disponible en tres modelos desde 90,000 pesos.” 2024.