

Año 14, N.º 41, Mayo-Agosto 2026

EDICIÓN ESPECIAL

DRAGÓN UNIVERSITARIO

Universidad Tecnológica Fidel Velázquez

Innovación y Transformación Digital
Sostenibilidad y Medio Ambiente
Gestión, Economía y Social
Ciencia y Tecnología
Salud y Bienestar

EDITORES

Rafael Adolfo Núñez González
Giovanni García Domínguez
María Elena Sánchez Vergara
Leon Hamui Balas



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA FIDEL VELÁZQUEZ

RECTOR

Dr. Rafael Adolfo Núñez González

SECRETARÍA ACADÉMICA

Mtro. José Ramiro Álvarez Flores

UNIVERSIDAD ANÁHUAC MÉXICO

RECTOR

Dr. Cipriano Sánchez García, L.C.

VICERRECTORÍA ACADÉMICA

Dr. Jose Rodrigo Pozón López

Dra. Lorena Rosalba Martínez Verduzco

DIRECTOR DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Dr. Marco Antonio Paz Ramos

DIRECTORA DE INVESTIGACIÓN

Dra. Rebeca Illiana Arévalo Martínez

EDITOR DE REVISTAS ACADÉMICAS

Lic. Alexander Ramírez López

REVISTA + CIENCIA

DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

AÑO 14, N.º 41, MAYO-AGOSTO 2026

DIRECTORA EDITORIAL

Dra. María Elena Sánchez Vergara

EDITORES INVITADOS

Dr. Rafael Adolfo Núñez González

Mtro. Giovanni García Domínguez

Dr. Leon Hamui Balas

ASESOR Y REVISOR DE CONTENIDO

Pablo Vidal García, L.C.

COMITÉ EDITORIAL

Dra. María Elena Sánchez Vergara

Profesora-Investigadora

Valentina Sabrina Dávila Millán

Judá Jireh Mondragón Cruz

Alumnos de Ingeniería Industrial

Yoana Navidad Seseña Gómez

Alumnos de Ingeniería Biomédica

Ingrid Sofía Rincón von Pastor

Aldo Lara Rodríguez

Alumnos de Ingeniería Mecatrónica

Carmina Villegas Toraya

Alumna de Ingeniería Ambiental

Ana Lucía Velázquez Gutiérrez

Alumna de Ingeniería Mecatrónica

CORRECCIÓN DE ESTILO

Armando Rodríguez Briseño

CONCEPTO, DISEÑO EDITORIAL Y PORTADA

Daniel Hurtado Rivera

PORTADA

Vía VistaCreate

+Ciencia. Revista de la Facultad de Ingeniería, año 14, número 41, mayo-agosto 2026, es una publicación cuatrimestral editada por Investigaciones y Estudios Superiores, S.C. (conocida como Universidad Anáhuac México), a través de la Facultad de Ingeniería. Avenida Universidad Anáhuac 46, colonia Lomas Anáhuac, Huixquilucan, Estado de México, C.P. 52786. Tel. 55 5627.0210. Editor responsable: María Elena Sánchez Vergara. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo: 04-2022-091511373400-102, ISSN electrónico: 2954-4408. Cualquier información y/o artículo y/u opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Asimismo, el editor investiga sobre la seriedad de sus anunciantes, pero no se responsabiliza de las ofertas relacionadas con los mismos. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del editor.



CONTENIDO

05 CARTA EDITORIAL

	5
Puntos cuánticos de carbono: una nueva herramienta para la biotecnología	8
Materiales en la nanomedicina	11
De residuo a material de alto desempeño. Filamentos 3D con nanorrefuerzo, reciclaje avanzado de ABS, PLA y PE	15
Instrumentación virtual y sistemas de adquisición de datos	18
Simulación de un robot manipulador planar, un enfoque técnico en el ecosistema ROS 2	23
De la teoría al rack. Implementación de infraestructura de servidor para la optimización del aprendizaje en sistemas operativos	26
Narrativa visual y rediseño morfológico en <i>Rise of the Teenage Mutant Ninja Turtles</i> (2018–2020): análisis cromático, estructural y simbólico del diseño de personajes	28
Un viaje al siglo xvi desde tu pantalla. La Hacienda de la Encarnación cobra vida con realidad aumentada	32
Computo analógico como herramienta práctica para el aprendizaje de las ecuaciones diferenciales en ingeniería	35
Economía circular en acción. PET reciclado para el desarrollo de nuevos materiales	39
La huella ambiental del caucho y cómo podemos reducirla	42
¿Conoces a Vermi?	45
Los amigos invisibles: microorganismos que cuidan (y restauran) nuestros ecosistemas	49
Evaluación de la eficacia de productos químicos y extractos aplicando química verde en el control de <i>Phytophthora infestans</i>	53
La oxidación química: un aliado en el tratamiento de agua residual industrial	58
Plantas superpoderosas. ¿Superhéroes y supervillanos?	61
Tizón tardío en jitomate: una enfermedad silenciosa de alto impacto agrícola	66
<i>Made in Abyss</i> . Cuando la ciencia cambia la bata por el casco	69
Defensa invisible en la agricultura: biofungicida de nanopartículas de plata para prevenir y tratar enfermedades	74



CONTENIDO

Ansiedad bajo la lupa: ciencia y acción para el bienestar integral en la UT Fidel Velázquez	78
La resiliencia y su asociación con el rendimiento académico en alumnos con padres divorciados, escuela secundaria Juana de Asbaje, Nicolás Romero, 2024	82
Cuidar al docente para educar mejor: intervención fisioterapéutica para reducir el estrés docente	86
La mente renovada	90
Pequeñas partículas, grandes beneficios: Cuessence y el cuidado de la piel diabética	93
La digitalización de las tutorías universitarias: una solución inteligente para el acompañamiento académico	97
<i>Marketing</i> automatizado con inteligencia artificial: fundamentos, aplicaciones y desafíos	100
Aplicación de inteligencia artificial para la optimización de procesos logísticos en almacenes	104
Diseño de cápsula de simbiosis terapéutica multisensorial para la intervención del síndrome de <i>burnout</i> laboral	107
Diseño de dispositivo para control de enrollado de tela en máquina tejedora ILT3 para la industria textil	110
La última milla como determinante de la productividad logística en México: evidencia estadística y análisis territorial en el Estado de México	119
La cadena de suministro en México y su impacto en el comercio exterior	123
Importancia del transporte terrestre refrigerado en la cadena de frío	127
Impacto de la globalización en las normas de los derechos humanos: la doble cara de la globalización	132
La seguridad e higiene en las microempresas: mucha conciencia, poca acción	137
Centro de Cooperación Academia-Industria. ¿Qué es y por qué resulta clave para el desarrollo tecnológico?	141



CARTA EDITORIAL

La Universidad Tecnológica Fidel Velázquez tiene como una de sus mayores fortalezas el talento, compromiso y capacidad de transformación de su comunidad académica. Por ello, es motivo de orgullo presentar esta edición especial de Dragón Universitario, un espacio que refleja el trabajo que realizan nuestras y nuestros estudiantes, docentes e investigadores para generar conocimiento con impacto real en la sociedad.

Los artículos que integran este número muestran que la investigación universitaria no es una actividad aislada de la realidad, sino una herramienta para comprender y atender desafíos concretos de nuestro entorno. A lo largo de estas páginas, encontraremos propuestas relacionadas con la sostenibilidad ambiental, el reciclaje de materiales, la nanotecnología, la agricultura, la salud, la transformación digital, la inteligencia artificial, la logística, la manufactura avanzada y el bienestar humano. Cada uno de estos trabajos representa una búsqueda constante de soluciones innovadoras a problemáticas que afectan a nuestras comunidades, sectores productivos y organizaciones.

Esta edición también evidencia el valor de la formación tecnológica basada en la práctica y la investigación aplicada. Resulta especialmente satisfactorio observar la participación activa de estudiantes que, acompañados por sus profesores, desarrollan proyectos capaces de transformar ideas en propuestas viables para mejorar procesos, optimizar recursos, impulsar la sostenibilidad y contribuir al desarrollo económico y social de nuestra región.

La investigación que se realiza en la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez tiene un propósito claro: generar conocimiento útil, pertinente y orientado a resolver necesidades reales.



Por ello, cada artículo publicado representa no solamente un logro académico, sino también una contribución al fortalecimiento de una sociedad más innovadora, competitiva y comprometida con su futuro.

Reconozco y agradezco el esfuerzo de todas y todos los autores que participan en esta edición, así como el trabajo de quienes hicieron posible este proyecto editorial. Su dedicación demuestra que la colaboración entre estudiantes y docentes es capaz de generar resultados que trascienden las aulas y contribuyen al bienestar colectivo. Asimismo, expreso un especial agradecimiento a la Universidad Anáhuac Norte por la estrecha vinculación y colaboración académica que mantiene con nuestra institución, relación que ha permitido fortalecer espacios de divulgación científica, impulsar proyectos conjuntos y consolidar alianzas orientadas a la generación y difusión del conocimiento.

Confío en que esta publicación inspire nuevas vocaciones científicas, fortalezca la cultura de la investigación y motive a nuestra comunidad universitaria a seguir desarrollando proyectos que respondan a los grandes retos de nuestro tiempo.

Fraternalmente,

Dr. Rafael Adolfo Núñez González

Rector de la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez

Ciencia y Tecnología

Hablar de ciencia y tecnología en esta edición especial de +*Ciencia* es fundamental, debido a que estas son los motores principales de la transformación, desarrollo y comprensión del mundo moderno. En esta sección de la revista se plasman diferentes temas desarrollados por docentes e investigadores que promueven temas diversos, como son los relacionados con ciencia de materiales: puntos cuánticos de carbono, filamentos 3D con nanorrefuerzo, materiales en nanomedicina, temas de automatización y robótica y también se habla de la realidad aumentada, la instrumentación virtual y los sistemas computacionales.





Puntos cuánticos de carbono: una nueva herramienta para la biotecnología

JORGE ALBERTO GRANADOS OLVERA, ALONDRA NEREIDA ABONCE MÉNDEZ,
MANUEL MEDINA MENDOZA

Universidad Tecnológica Fidel Velázquez

alberto.granados@utfv.edu.mx, alondra.abonce@utfv.edu.mx,
manuel.medina@utfv.edu.mx

La biotecnología contemporánea enfrenta el reto de desarrollar materiales seguros, económicos y sostenibles. Cada año se generan más de 50 000 toneladas de desechos electrónicos que contienen puntos cuánticos metálicos con cadmio y plomo, altamente tóxicos. Frente a ello, los carbon quantum dots (CQD) emergen como una alternativa revolucionaria, con alta biocompatibilidad, baja toxicidad y propiedades ópticas únicas que los convierten en una herramienta versátil para aplicaciones médicas, ambientales y energéticas.

Los puntos cuánticos fueron descubiertos en la década de 1980, pero su producción con metales como cadmio y plomo generó preocupaciones ambientales y de salud. En 2004 se identificaron los primeros CQD, lo que abrió la puerta a una alternativa más segura y económica [1]. Investigaciones recientes destacan que los CQD presentan fluorescencia intrínseca estable incluso en medios biológicos, se pueden sintetizar a partir de fuentes naturales como carbohidratos, frutas o residuos orgánicos, y ofrecen ventajas en bioimagen, biosensores y liberación controlada de fármacos. En 2024, estudios publicados en *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology* confirmaron su eficacia como agentes de contraste para visualizar procesos celulares [2], mientras que en 2023 se reportaron avances en sensores electroquímicos basados en CQD para detectar contaminantes y biomoléculas con alta sensibilidad [3, 4].

En la investigación realizada dentro de la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez se empleó piloncillo como precursor orgánico rico en carbohidratos para la obtención de CQD. El proceso incluyó la preparación de soluciones con NaOH, HCl y NH_3 , sonicación en cuba ultrasónica y exposición en microondas para inducir la carbonización. Los CQD obtenidos mostraron luminiscencia azul bajo radiación ultravioleta (Figura 1) y la presencia de grupos funcionales (OH-, C-H, C-N, COOH) que favorecen su solubilidad y funcionalización.



Figura 1. Muestras de puntos cuánticos de carbono bajo radiación UV. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados confirmaron una máxima excitación a 280 nm y emisión cercana a 442 nm (Figura 2), además de una síntesis económica y sustentable con materiales accesibles y alta biocompatibilidad en medios acuosos. Estas características posicionan a los CQD como candidatos ideales para aplicaciones



en bioimagen y diagnóstico médico, sensores electroquímicos, liberación controlada de fármacos y en áreas de energía y medio ambiente, como la fotocátalisis y los dispositivos solares de nueva generación.

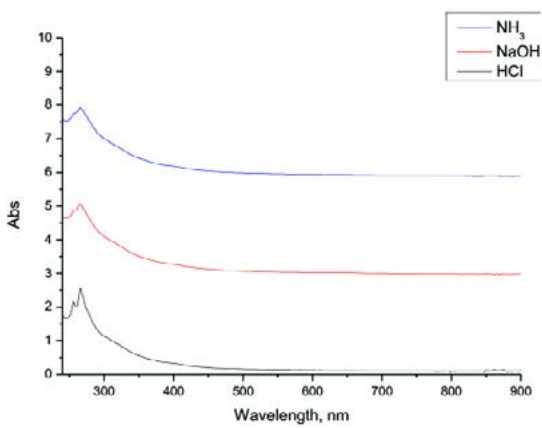


Figura 2. Espectro UV-Visible de los puntos cuánticos de carbono. Fuente: Elaboración propia.

Los CQD sintetizados presentan una máxima excitación a 280 nm y una emisión centrada en 442 nm. En contraste, puntos cuánticos metálicos como CdSe reportan emisiones entre 500–650 nm, dependiendo del tamaño de partícula, pero implican riesgos toxicológicos significativos. Aunque este estudio no incluye una comparación experimental directa, la literatura demuestra que los CQD ofrecen propiedades ópticas competitivas con ventajas claras en términos de biocompatibilidad y sostenibilidad. Para visualizar las ventajas de los CQD frente a puntos cuánticos metálicos, se presenta la Tabla 1, donde se comparan toxicidad, costo, estabilidad y aplicaciones.

Tabla 1. Comparación entre puntos cuánticos metálicos y puntos cuánticos de carbono (CQD).

Característica	Puntos cuánticos metálicos (Cd, Pb, etc.)	Puntos cuánticos de carbono (CQD)
Toxicidad	Alta, riesgo ambiental y biológico	Baja, alta biocompatibilidad
Costo de síntesis	Elevado, requiere precursores especializados	Bajo, puede usar fuentes naturales (carbohidratos, residuos orgánicos)
Estabilidad en medios biológicos	Limitada, degradación rápida	Alta, fluorescencia estable
Impacto ambiental	Negativo, residuos peligrosos	Positivo, síntesis verde y sostenible
Aplicaciones principales	Bioimagen limitada, optoelectrónica	Bioimagen, biosensores, liberación controlada de fármacos, energía y fotocátalisis
Funcionalización química	Compleja, requiere ligandos específicos	Sencilla, grupos funcionales abundantes (OH-, COOH, C-N)

Fuente: Elaboración propia con base en [1–4]



Como se observa en la comparación, los CQD superan ampliamente a los puntos cuánticos metálicos en aspectos clave como biocompatibilidad, costo y sostenibilidad. Esta evidencia refuerza la pertinencia de su desarrollo y aplicación en biotecnología, posicionándolos como una alternativa responsable y eficiente frente a materiales tradicionales.

En conclusión, los CQD representan una herramienta innovadora y sustentable para la biotecnología. Su síntesis a partir de recursos accesibles como el piloncillo demuestra que la ciencia puede ser creativa y responsable, con aplicaciones que abarcan desde la bioimagen hasta la energía renovable.

Referencias

1. Xu X, Ray R, Gu Y, et al. Electrophoretic analysis and purification of fluorescent single-walled carbon nanotube fragments. *J Am Chem Soc.* 2004;126(40):12736-12737.
2. Granados-Olvera JA, Calvillo-Beltrán SV, Arroyo-Ordóñez I, Rangel-Ruiz KL. Synthesis and characterization of carbon-based quantum dots for use in biotechnology. *J Exp Syst.* 2024;11(30):1-7.
3. Dong Y, Pang H, Yang HB, et al. Carbon-based dots co-doped with nitrogen and sulfur for high quantum yield and excitation-independent emission. *Angew Chem Int Ed.* 2013;52(30):7800-7804.
4. Li H, Kang Z, Liu Y, Lee ST. Carbon nanodots: synthesis, properties and applications. *J Mater Chem B.* 2023;11(15):3456-3468.



Materiales en la nanomedicina

MITCA VASTI JUÁREZ HEREDIA, MARÍA TERESA FUENTES ROMERO, JIMENA ABIGAIL VALDEZ ACOSTA,
JESÚS NICOLÁS BERMÚDEZ, MANUEL MEDINA MENDOZA

Universidad Tecnológica Fidel Velázquez

24313023@utfv.edu.mx

Resumen

La nanotecnología aplicada a la medicina ha abierto nuevas posibilidades para el diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades mediante el uso de materiales a escala nanométrica. En este tamaño, las partículas presentan propiedades físicas, químicas y biológicas distintas a las observadas a escala macroscópica, lo que permite diseñar sistemas capaces de interactuar de forma directa con células y biomoléculas. Las nanopartículas pueden emplearse para liberar fármacos de manera controlada, mejorar la biodisponibilidad de compuestos terapéuticos, actuar como agentes de contraste en técnicas de imagen y participar en terapias anticancerígenas menos invasivas. Asimismo, han demostrado potencial en la regeneración tisular y en el desarrollo de vacunas y terapias génicas. El presente artículo analiza los principales tipos de nanopartículas utilizadas en medicina, sus aplicaciones biomédicas más relevantes y los desafíos asociados a su seguridad, regulación y producción a gran escala. A pesar de los retos existentes, la nanomedicina se consolida como un pilar estratégico para el avance de la medicina personalizada.

Palabras clave: nanotecnología, nanomedicina, nanopartículas, diagnóstico, liberación controlada, medicina personalizada.

Introducción

En las últimas décadas, la investigación científica ha impulsado el desarrollo de tecnologías orientadas a mejorar la precisión y eficacia de los tratamientos médicos. En este contexto surge la nanotecnología, disciplina que trabaja con materiales cuyo tamaño se encuentra en el rango de 1 a 100 nanómetros. A esta escala, los materiales pueden presentar mayor área superficial, cambios en su reactividad química y propiedades ópticas o magnéticas particulares.

La aplicación de esta tecnología en el ámbito sanitario ha dado origen a la nanomedicina, un campo interdisciplinario que integra química, biología, física e ingeniería para resolver problemas clínicos complejos. Actualmente, el mercado global de la nanomedicina supera los 200 mil millones de dólares y mantiene una tasa de crecimiento sostenida. Además, existen múltiples formulaciones nano-particuladas aprobadas para uso clínico, principalmente en oncología y en sistemas de liberación de ácidos nucleicos [1, 2].



A pesar de los avances logrados por la medicina convencional, persisten limitaciones importantes. Muchos tratamientos sistémicos afectan tanto a células sanas como a células enfermas, generando efectos adversos significativos. Asimismo, diversas patologías se diagnostican en etapas avanzadas, lo que reduce las probabilidades de éxito terapéutico. Frente a este panorama, las nanopartículas ofrecen una alternativa prometedora, ya que pueden diseñarse para reconocer tejidos específicos, responder a estímulos biológicos y liberar su carga terapéutica de manera controlada [1].

El objetivo de este trabajo es analizar de forma integral el papel de las nanopartículas en la medicina moderna, describiendo sus principales tipos, aplicaciones clínicas, alcances, limitaciones y perspectivas futuras dentro del marco de la medicina personalizada.

Tipos de nanopartículas utilizadas en medicina

Nanopartículas metálicas

Las nanopartículas metálicas han sido ampliamente estudiadas debido a sus propiedades ópticas, electrónicas y antimicrobianas. Entre las más utilizadas se encuentran las de oro, plata, óxido de zinc y dióxido de titanio.

Las nanopartículas de oro destacan por su estabilidad química y su capacidad de convertir la energía luminosa en calor mediante resonancia plasmónica superficial. Esta propiedad permite su aplicación en terapias fototérmicas, donde el calentamiento localizado induce la destrucción selectiva de células tumorales [3].

Por otro lado, las nanopartículas de plata y de óxido de zinc presentan una notable actividad antibacteriana. Su mecanismo de acción incluye la generación de especies reactivas de oxígeno y la alteración de la membrana celular bacteriana. Por esta razón, se emplean en recubrimientos de dispositivos médicos y materiales destinados a la prevención de infecciones [4].

El dióxido de titanio en escala nanométrica posee propiedades fotocatalíticas y puede utilizarse en procesos de desinfección, bioimagen y terapias activadas por luz [5].

Nanopartículas poliméricas

Las nanopartículas poliméricas biodegradables representan uno de los sistemas más utilizados para la liberación controlada de fármacos. Estos materiales permiten encapsular principios activos, protegerlos de la degradación prematura y prolongar su tiempo de circulación en el organismo [6].

Entre los polímeros más empleados se encuentran el ácido poliláctico-co-glicólico (PLGA), el polietilenglicol (PEG) y el quitosano. Estos compuestos presentan alta biocompatibilidad y pueden modificarse químicamente para dirigirlos hacia tejidos específicos [6].

Nanopartículas lipídicas

Las nanopartículas lipídicas sólidas y los liposomas son estructuras formadas por lípidos que imitan la composición de la membrana celular. Gracias a esta similitud, pueden fusionarse con células y facilitar la liberación intracelular de su contenido.

Estos sistemas han adquirido gran relevancia en el transporte de ARN mensajero y otros ácidos nucleicos, así como en el desarrollo de vacunas y terapias génicas [2].

Aplicaciones biomédicas

En la Figura 1 se muestran las diferentes aplicaciones biomédicas de las nanopartículas, así como los desafíos y las consideraciones de seguridad que se deben tomar en cuenta.

Liberación dirigida de fármacos

Una de las aplicaciones más importantes de las nanopartículas es la administración selectiva de medicamentos. Mediante la modificación de su superficie con ligandos, anticuerpos o péptidos específicos, es posible favorecer su

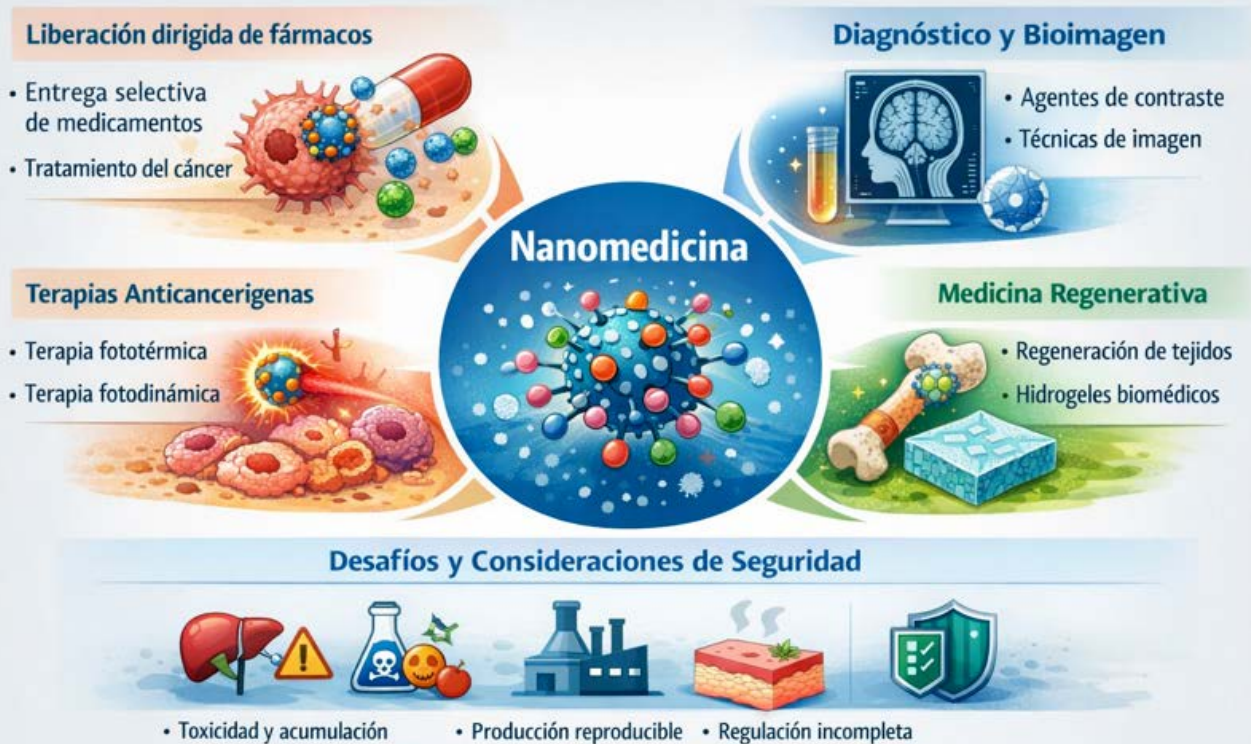


Figura 1. Principales aplicaciones de las nanopartículas en medicina: liberación dirigida de fármacos, diagnóstico por imagen, terapias anticancerígenas y regeneración tisular. Fuente: Elaborada con ChatGPT.

acumulación en tejidos enfermos y reducir la exposición sistémica [1].

Diagnóstico y bioimagen

Algunas nanopartículas presentan propiedades fluorescentes, magnéticas o plasmónicas que permiten su utilización como agentes de contraste en técnicas de imagen médica [5]. Esto facilita la detección temprana de enfermedades y el monitoreo de la respuesta terapéutica, como se muestra en la Figura 1.

Terapias anticancerígenas

Las terapias fototérmica y fotodinámica basadas en nanopartículas constituyen alternativas menos invasivas que los tratamientos tradicionales. Por ejemplo, en la terapia fototérmica se emplean nanopartículas de oro, las cuales, al ser irradiadas con luz en el rango del infrarrojo cercano, generan un calentamiento localizado que permite destruir células tumorales

sin afectar significativamente el tejido sano. En la terapia fototérmica, las nanopartículas convierten la luz en calor para destruir células tumorales; mientras que en la terapia fotodinámica generan especies reactivas de oxígeno que inducen apoptosis celular [3].

Medicina regenerativa y cicatrización

En el ámbito de la ingeniería de tejidos, los nanomateriales pueden incorporarse en hidrogeles y andamios biomédicos para estimular la proliferación celular y la regeneración estructural.

Desafíos, límites y consideraciones de seguridad

A pesar de sus ventajas, la aplicación clínica de nanopartículas enfrenta desafíos significativos, como la posible toxicidad a largo plazo y la acumulación en órganos específicos. También existen retos relacionados con la estandarización regulatoria y la producción



industrial reproducible. No obstante, diversos avances han permitido mitigar estos riesgos. Por ejemplo, el uso de nanopartículas recubiertas con polietilenglicol (PEG) ha demostrado reducir su reconocimiento por el sistema inmunológico y mejorar su tiempo de circulación en el organismo. Asimismo, el desarrollo de nanopartículas biodegradables, como las basadas en PLGA, ha permitido su degradación controlada y eliminación segura, disminuyendo problemas de acumulación [7].

Perspectivas futuras y relevancia en la medicina

El desarrollo de nanopartículas inteligentes capaces de responder a estímulos específicos del microambiente biológico (como variaciones de pH, temperatura, irradiación luminosa o la aplicación de campos magnéticos externos) representa uno de los avances más prometedores en nanomedicina. Estos sistemas responsivos permiten una liberación controlada y localizada del fármaco únicamente en el sitio de acción, como el entorno ácido característico de los tumores, lo que incrementa la eficacia terapéutica y reduce significativamente los efectos secundarios sistémicos.

Asimismo, la incorporación de herramientas de modelado computacional, simulaciones moleculares e inteligencia artificial está revolucionando el diseño racional de nanomateriales. Mediante algoritmos predictivos es posible optimizar parámetros como tamaño, morfología, carga superficial y composición química antes de su síntesis experimental, acelerando el desarrollo de plataformas más seguras, estables y eficaces [8].

Desde una perspectiva profesional y clínica, la nanomedicina se posiciona como una de las áreas con mayor potencial transformador en la atención sanitaria de las próximas décadas. Su capacidad para ofrecer tratamientos menos invasivos, diagnósticos más tempranos y estrategias terapéuticas adaptadas a las ca-

racterísticas individuales de cada paciente la convierte en un pilar fundamental de la medicina personalizada.

Conclusiones

Las nanopartículas representan una innovación determinante en la medicina contemporánea. No obstante, es fundamental continuar con investigaciones que aseguren su seguridad y eficacia clínica antes de su implementación masiva.

Referencias

1. Mitchell MJ, Billingsley MM, Haley RM, Wechsler ME, Peppas NA, Langer R. Engineering precision nanoparticles for drug delivery. *Nat Rev Drug Discov.* 2021;20(2):101–124.
2. Hou X, Zaks T, Langer R, Dong Y. Lipid nanoparticles for mRNA delivery. *Nat Rev Mater.* 2021;6(12):1078–1094.
3. Dykman L, Khlebtsov N. Gold nanoparticles in biomedical applications: recent advances and perspectives. *Chem Soc Rev.* 2019;48(8):2413–2446.
4. Sirelkhatim A, Mahmud S, Seeni A, *et al.* Zinc oxide nanoparticles: antibacterial activity and toxicity mechanism. *Nano-Micro Lett.* 2015;7(3):219–242.
5. Chen X, Mao SS, Huang T. Titanium dioxide nanomaterials: synthesis, properties and biomedical applications. *Chem Rev.* 2020;120(16):6503–6552.
6. Danhier F, Ansorena E, Silva JM, Coco R, Le Breton A, Préat V. PLGA-based nanoparticles: an overview of biomedical applications. *J Control Release.* 2012;161(2):505–522.
7. Khan I, Saeed K, Khan I. Nanoparticles: properties, applications and toxicities. *Arab J Chem.* 2022;15(1):103–120.
8. Makadia HK, Siegel SJ. Poly lactic-co-glycolic acid (PLGA) as biodegradable controlled drug delivery carrier. *Polymers (Basel).* 2011;3(3):1377–1397. doi:10.3390/polym3031377.



De residuo a material de alto desempeño. Filamentos 3D con nanorrefuerzo, reciclaje avanzado de ABS, PLA y PE

ING. YARA ELEANI COTARDO VELÁZQUEZ, ING. MARIELA CARRASCO MONDRAGÓN,
MTRO. RODRIGO SALAZAR SALAZAR, MTRO. JOSÉ TRINIDAD RAZO PAREDES
Universidad Tecnológica Fidel Velázquez – División Académica de Tecnología Ambiental

Resumen

La acumulación global de residuos plásticos constituye uno de los principales desafíos ambientales contemporáneos. Este ensayo analiza la convergencia entre reciclaje mecánico y manufactura aditiva mediante Fabricación por Filamento Fundido (FFF), como estrategia para reincorporar polímeros al ciclo productivo, por ejemplo, el Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS) un termoplástico muy resistente al impacto y al calor, que se usa mucho en impresión 3D y en productos industriales como las piezas automotrices y bloques tipo LEGO, así como el Ácido Poliláctico (PLA), un bioplástico derivado de recursos renovables como el maíz o la caña de azúcar, es el material más común en impresión 3D doméstica, lo mismo que el Polietileno (PE), uno de los polímeros más utilizados en el mundo (botellas, bolsas y envases plásticos). Asimismo, se examina la incorporación de nanografeno como mecanismo de mejora mecánica en matrices recicladas, destacando su potencial dentro de la economía circular.

Palabras clave: economía circular, reciclaje mecánico, manufactura aditiva, FFF, nanorrefuerzo, valorización de residuos, ABS, PLA, PE.

Introducción

La producción masiva de plástico ha generado una acumulación histórica de residuos sin precedentes. Se estima que para 2015 se habían producido alrededor de 6300 millones de toneladas métricas de desechos plásticos,

de los cuales solo el 9 % fue reciclado [1]. En el ámbito marino, millones de toneladas ingresan anualmente a los océanos [2]. Ante este panorama, la economía circular propone mantener los materiales en uso mediante reutilización y valorización tecnológica [4].



¿Sabías que...?

- Si las tendencias actuales continúan, se proyecta que grandes volúmenes de residuos plásticos terminarán en rellenos sanitarios o en el ambiente hacia 2050 [1].
- La calidad del reciclaje depende del control del proceso y de la ruta (mecánica o química); las revisiones técnicas subrayan tecnologías industriales predominantes y estrategias de diseño para reciclabilidad [3].
- En impresión 3D, un filamento “bueno” exige diámetro estable y extrusión consistente; de lo contrario, se incrementan fallas y obstrucciones [4].

Lo que se realiza en la UTFV: del residuo al filamento 3D

En la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez (UTFV) se impulsa el proyecto: “Desarrollo de filamentos para impresión 3D a partir de ABS, PLA y PE reciclados con refuerzo de nanomateriales para mejora de propiedades mecánicas y funcionales” [5].

El objetivo general es desarrollar filamentos a partir de ABS, PLA y PE reciclados incorporando nanomateriales. La problemática identificada es doble: la expansión de la impresión 3D aumenta la demanda de filamentos y genera residuos, mientras que el reciclaje de ABS, PLA y PE aún no se explota plenamente para este fin [5].

La Figura 1 muestra el esquema de valorización circular del residuo plástico hacia filamento para manufactura aditiva (FFF)

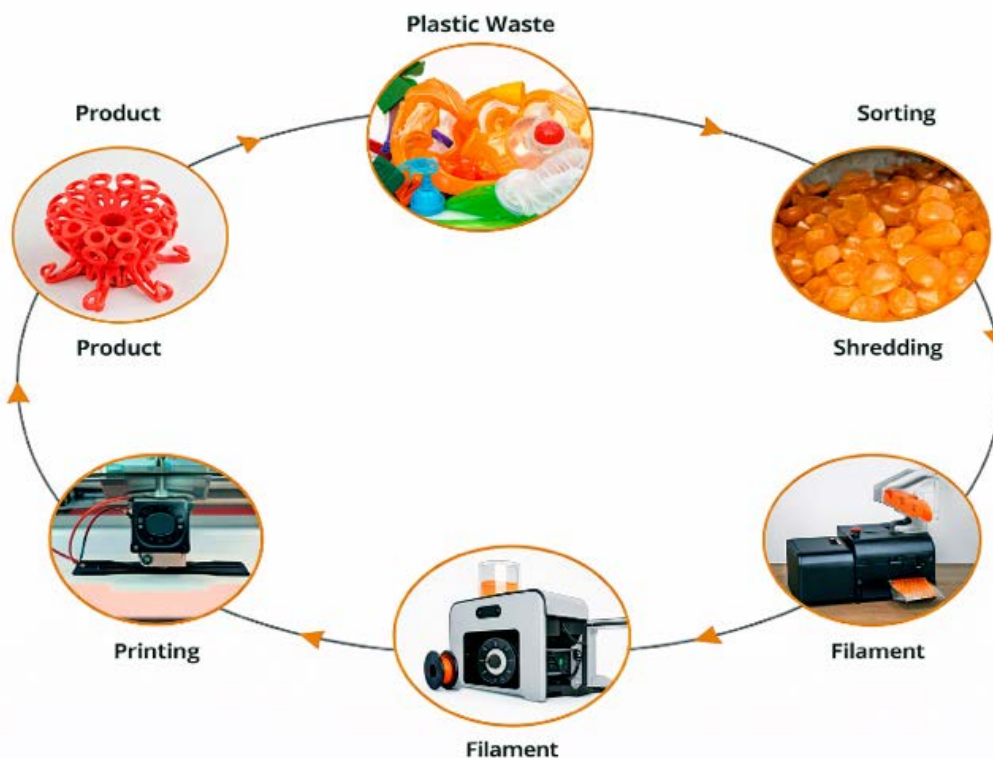


Figura 1. Esquema de valorización circular del residuo plástico hacia filamento para manufactura aditiva (FFF). Fuente: Elaborada con IA.



Reciclaje y manufactura aditiva

El reciclaje mecánico consiste en triturar, limpiar y volver a fundir el plástico sin modificar su composición química. En la manufactura aditiva mediante *Fused Filament Fabrication* (FFF), también conocida como *Fused Deposition Modeling* (FDM), un filamento termoplástico se funde y deposita capa por capa para construir una pieza tridimensional. Para garantizar calidad, el filamento debe mantener un diámetro uniforme, una extrusión estable, y consistencia del material. En la impresión 3D, el filamento debe mantener también un diámetro uniforme, ya que variaciones pueden provocar sobreextrusión o subextrusión, afectando la precisión dimensional de la pieza. Asimismo, una extrusión estable asegura un flujo continuo del material, evitando defectos como huecos o capas irregulares. Finalmente, la consistencia del material influye en la adherencia entre capas y en las propiedades mecánicas finales, como la resistencia y durabilidad de la pieza impresa (Figura 2) [2].

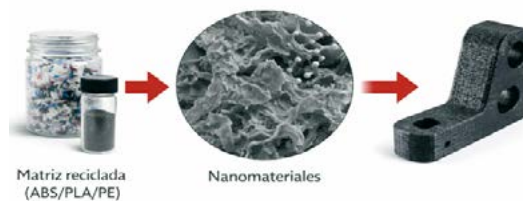


Figura 2. Parámetros críticos de control de calidad del filamento reciclado para impresión 3D. Fuente: IA.

Nanorrefuerzo y valorización

Una estrategia de nanorrefuerzo consiste en la incorporación de nanoplaquetas de grafeno en matrices poliméricas recicladas, las cuales se obtienen comúnmente a partir de la exfoliación de grafito. Estas nanoplaquetas se incorporan mediante procesos de mezclado en fundido o extrusión, permitiendo su dispersión dentro del polímero [4], como se observa en la Figura 4.

Esta estrategia no solo reutiliza el material, sino que puede optimizar su desempeño dentro de un modelo de economía circular [3].



Mejora de propiedades mecánicas y funcionales

Figura 3. Estrategia de nanorrefuerzo en matrices poliméricas recicladas mediante nanoplaquetas de grafeno. Fuente: IA.

Conclusión

La integración de reciclaje avanzado y manufactura aditiva demuestra que el plástico reciclado puede transformarse en un material funcional con valor agregado. La valorización mediante nanorrefuerzo redefine el residuo como recurso estratégico dentro de la ingeniería contemporánea. El trabajo de la UTFV se alinea con esta visión al convertir residuos de ABS, PLA y PE en filamentos para impresión 3D reforzados con nanomateriales, con metas verificables de desempeño mecánico, térmico y de impresión [5].

Referencias

1. Geyer R, Jambeck JR, Law KL. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Sci Adv.* 2017;3(7):e1700782.
2. Jambeck JR, Geyer R, Wilcox C, et al. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science.* 2015;347(6223):768–771.
3. Ragaert K, Delva L, Van Geem K. Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste. *Waste Manag.* 2017;69:24–58.
4. Caminero MÁ, Chacón JM, García-Plaza E, et al. Additive Manufacturing of PLA-Based Composites Using FFF. *Polymers.* 2019;11(5):799.
5. Universidad Tecnológica Fidel Velázquez (UTFV). Desarrollo de filamentos para impresión 3D a partir de ABS, PLA y PE reciclados con refuerzo de nanomateriales. 2025.



Instrumentación virtual y sistemas de adquisición de datos

ING. CARLOS HERNÁNDEZ BORJA

Profesor de tiempo completo asociado C de la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez

Los estudiantes de ingeniería podrían lograr construir su propio sistema de monitoreo industrial sin depender de equipos industriales comerciales de costo elevado. En los entornos educativos de bajos recursos, la disponibilidad de estos equipos es muy limitada y restringe a los estudiantes a la práctica individual. Dada la situación, el diseño de sistemas de adquisición de bajo costo presenta una alternativa viable para fortalecer el aprendizaje aplicado a los sistemas de automatización de control y monitoreo.

Los sistemas de adquisición de datos, tanto analógicos como digitales, desempeñan un papel fundamental en la automatización, el monitoreo y el control de procesos industriales en tiempo real [1]. En el ámbito educativo, estos sistemas permiten al estudiante comprender la interacción entre el mundo físico y los sistemas de control, fortaleciendo competencias en instrumentación electrónica, programación y análisis de señales.

En la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez (UTFV), dichas competencias se desarrollan en asignaturas como *Instrumentación Virtual*

y *Visualización y Control de Procesos*, impartidas en los programas educativos de Ingeniería en Mecatrónica e Ingeniería en Mantenimiento Industrial. No obstante, el uso exclusivo de equipos comerciales especializados suele estar limitado por su alto costo y disponibilidad, lo que reduce las oportunidades de experimentación individual y el aprendizaje práctico.

El software empleado para el monitoreo y control de procesos, así como para el desarrollo de instrumentos virtuales, es LabVIEW, desarrollado por National Instruments. Este entorno de programación gráfica permite la adquisición, procesamiento y visualización de datos, además de ofrecer conectividad con diversos instrumentos y dispositivos electrónicos [2].

Con el propósito de fortalecer el aprendizaje práctico y reducir costos, se desarrolló un sistema de adquisición de datos de bajo costo con fines didácticos, que permite a los estudiantes diseñar, construir y programar su propia tarjeta de adquisición de datos (Figura 1), integrándola con el entorno de programación gráfica LabVIEW.

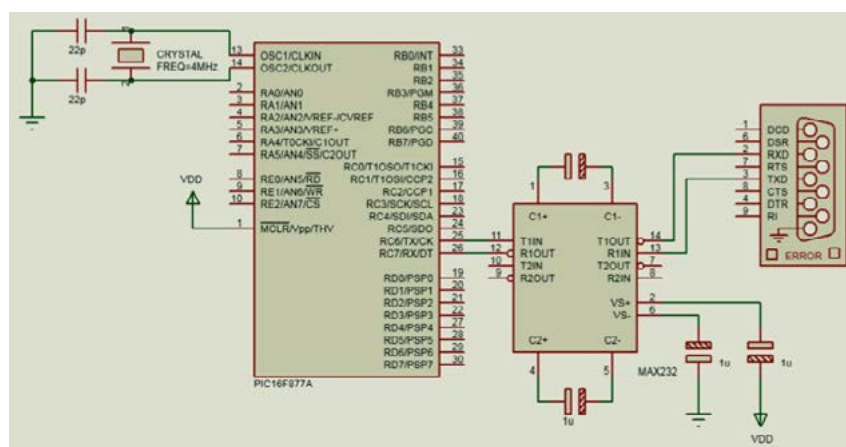


Figura 1. Tarjeta de adquisición de datos.
Fuente: Elaboración propia.



La tarjeta de adquisición de datos puede configurarse para operar bajo dos modalidades:

- 1) 8 entradas digitales y 8 salidas digitales, o
- 2) 1 entrada analógica y 8 salidas digitales.

En ambos casos, la comunicación con LabVIEW se realiza mediante el protocolo de comunicación serial RS-232, este protocolo es utilizado en la industria para la transmisión de datos entre dispositivos mediante señales eléctricas secuenciales [3].

La programación del microcontrolador PIC16F877A se desarrolló en lenguaje C, utilizando la plataforma MPLAB X IDE. Se emplearon dos puertos digitales de 8 bits (uno configurado como entrada y otro como salida) y, en la modalidad analógica, un canal de conversión analógico-digital.

Sistema de 8 entradas y 8 salidas digitales

En la configuración de 8 entradas y 8 salidas digitales, el panel frontal desarrollado en LabVIEW (Figura 2) contiene ocho botones de control (I0–I7) y ocho indicadores (O0–O7), que permiten realizar tareas de monitoreo y control en tiempo real.

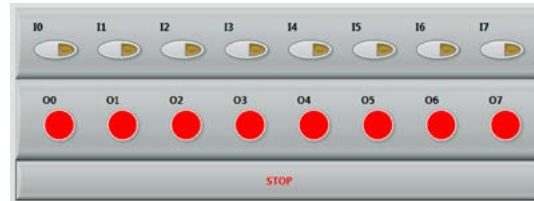


Figura 2. Panel frontal del sistema de 8 entradas y 8 salidas digitales.

Fuente: Elaboración propia.

El diagrama de bloques correspondiente a este sistema se muestra en la Figura 3.

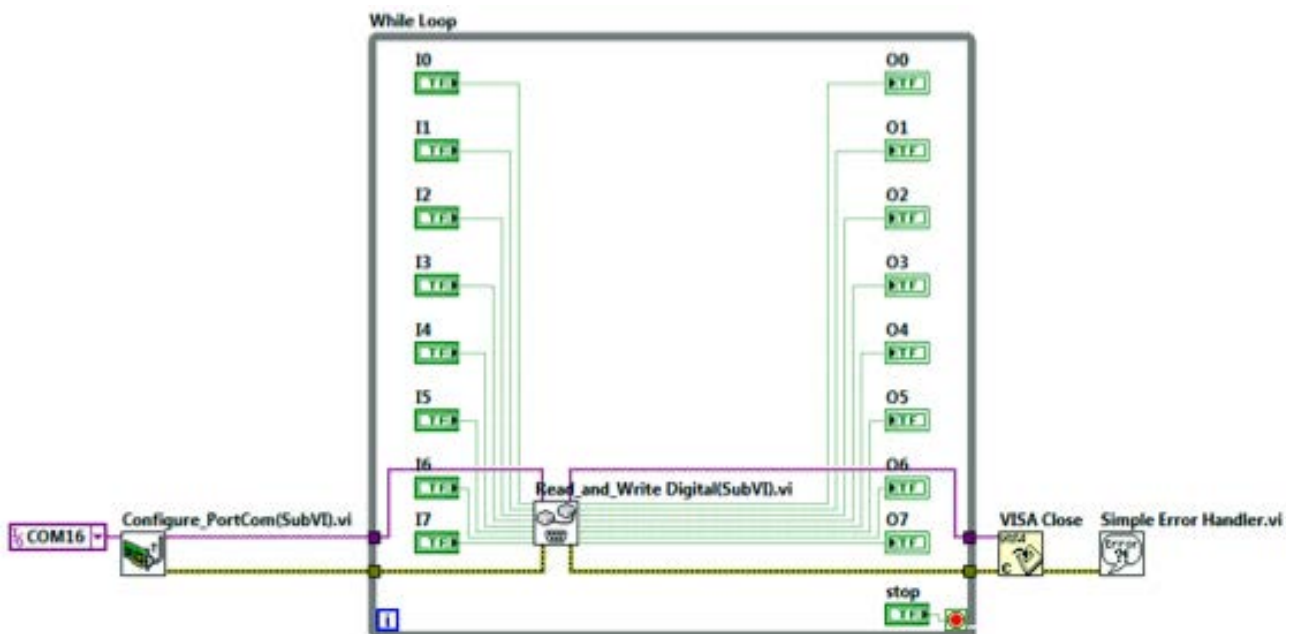


Figura 3. Diagrama de bloques del sistema de 8 entradas y 8 salidas digitales.

Fuente: Elaboración propia.



En el diagrama de bloques, el subVI denominado *Configure_PortCom* se encarga de fijar los parámetros de comunicación serial, tales como velocidad de transmisión, bits de datos, paridad y bits de parada (Figura 4). Los subVI en LabVIEW son bloques funcionales que representan subrutinas de programación [2].

Dentro de la estructura *While Loop* se encuentra el subVI denominado *Read_and_Write_Digital*, cuya función es gestionar la lectura (Rx) y escritura (Tx) de datos durante la comunicación serial. La estructura *While Loop* es un ciclo de programación iterativo que se ejecuta siempre y cuando se cumpla la condición determinada, en este caso cuando el control booleano llamado *stop* mande un valor verdadero (TRUE). La programación interna de este bloque se presenta en la Figura 5.

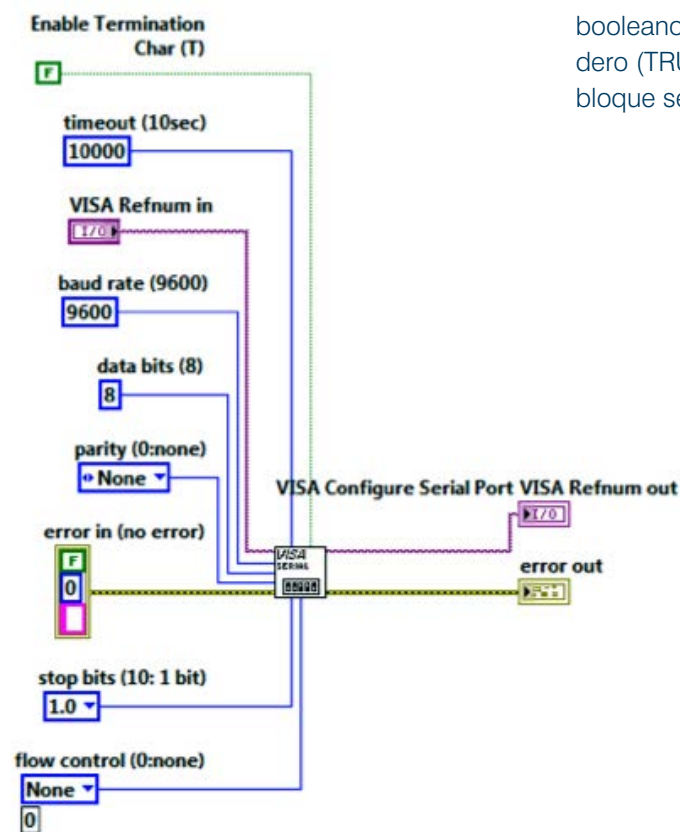


Figura 4. Configuración de la comunicación serial.
Fuente: Elaboración propia.

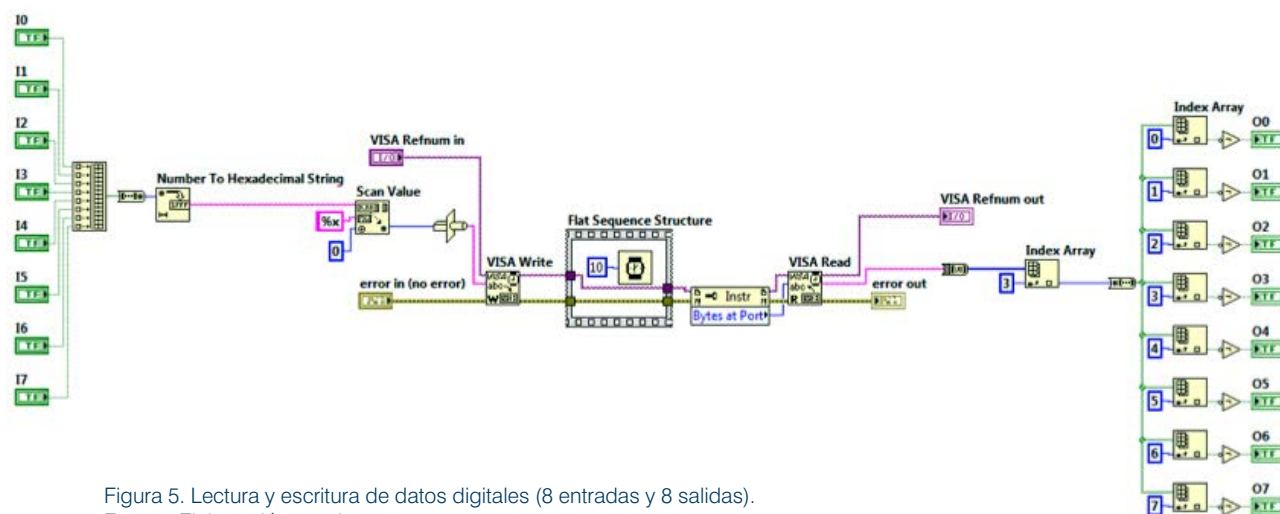


Figura 5. Lectura y escritura de datos digitales (8 entradas y 8 salidas).
Fuente: Elaboración propia.



Sistema de 1 entrada analógica y 8 salidas digitales

En la segunda configuración, el sistema incluye una entrada analógica (AN0) y 8 salidas digitales. El panel frontal correspondiente (Figura 6) está conformado por ocho botones de control y un indicador numérico que muestra el valor resultante de la conversión analógico-digital. La conversión analógica-digital (ADC) es la función de un sistema o dispositivo de convertir una señal continua (analógica) que toma valores infinitos a una señal que toma un valor finito, en este caso un valor codificado solo por unos y ceros para ser procesado por un sistema digital [3].



Figura 6. Panel frontal del sistema de 1 entrada analógica y 8 salidas digitales.

Fuente: Elaboración propia.

El diagrama de bloques de esta configuración se presenta en la Figura 7, mientras que en la Figura 8 se muestra el contenido del subVI *Read_and_Write_Digital* implementado dentro de la estructura iterativa.

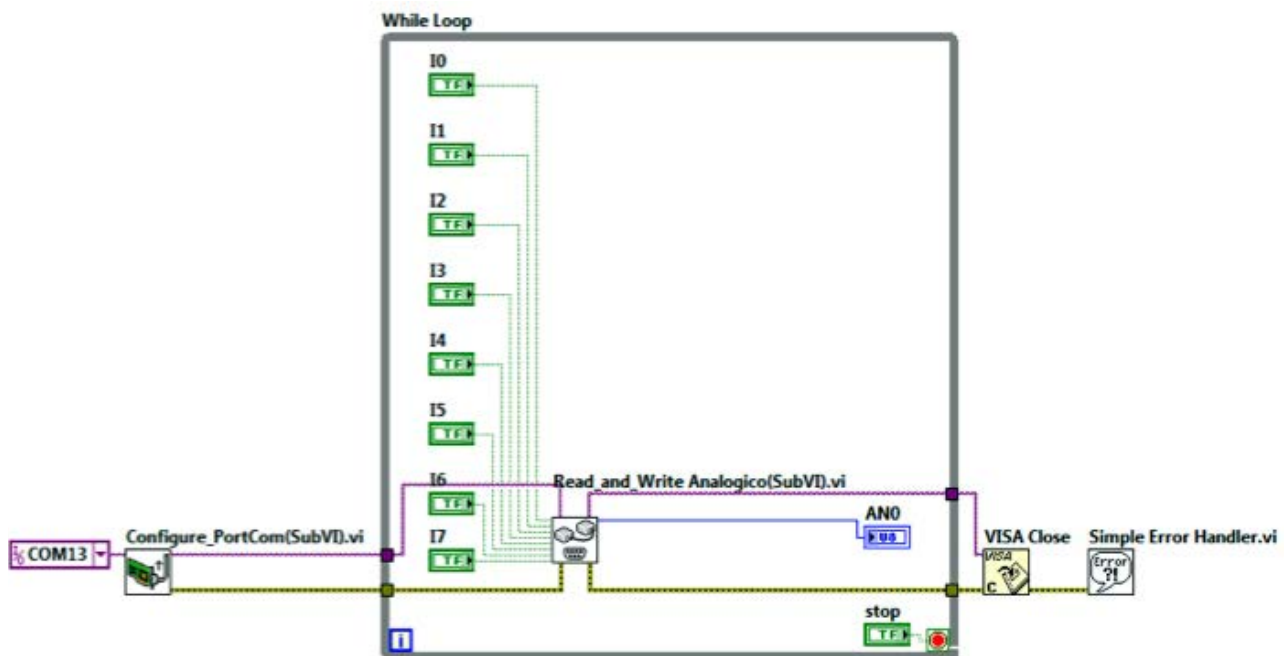


Figura 7. Diagrama de bloques del sistema de 1 entrada analógica y 8 salidas digitales.

Fuente: Elaboración propia.

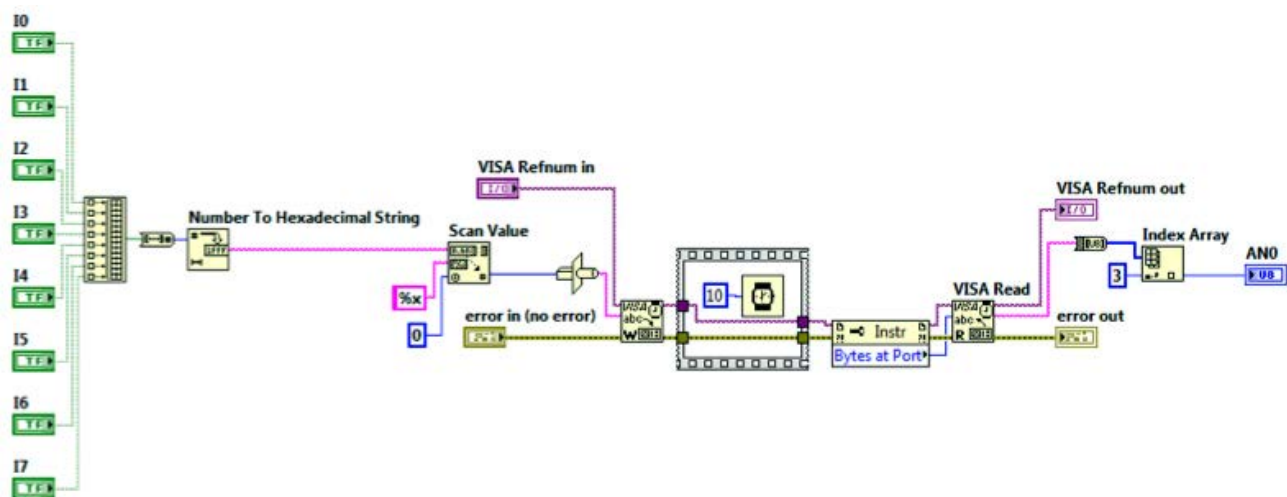


Figura 8. Lectura y escritura de datos digitales con 1 entrada analógica y 8 salidas digitales
Fuente: Elaboración propia.

Aplicaciones didácticas

A partir de estos sistemas de adquisición de datos basados en instrumentación virtual, es posible desarrollar diversas aplicaciones académicas e industriales, tales como:

- Monitoreo y registro de temperatura.
- Control de velocidad y posición de servomecanismos.
- Control de nivel y caudal en procesos industriales.
- Registro, medición y análisis de variables físicas.

Este enfoque favorece el aprendizaje activo, el desarrollo de competencias técnicas y la integración entre *hardware* y *software* en entornos educativos de ingeniería.

Referencias

1. Alciatore DG, Hstand MB. Introducción a la mecatrónica y a los sistemas de medición. México: McGraw-Hill.
2. National Instruments. ¿Qué es NI LabVIEW? <https://www.ni.com/es/shop/labview.html>.
3. Del Río J, Shariat-Panahi S, Sarria D, Lazaro A (2011). LabVIEW. Programación para sistemas de instrumentación. México: Alfaomega.



Simulación de un robot manipulador planar, un enfoque técnico en el ecosistema ROS 2

ENRIQUE GARCÍA-TRINIDAD, VÍCTOR MANUEL CASAS-GÓMEZ, GRISELDA OLMOS-ZARIÑÁN,
EMMANUEL ARCOS-HERNÁNDEZ

División de Telemática, Universidad Tecnológica Fidel Velázquez

enrique.garcia@utfv.edu.mx

Introducción y contexto

La robótica se ha consolidado como un eje motor del progreso tecnológico y socioeconómico en la cuarta revolución industrial. En este panorama, el diseño y simulación de sistemas robóticos representan competencias críticas para la ingeniería moderna. No obstante, en países en desarrollo como México, la brecha educativa se acentúa por los altos costos y la dependencia técnica del *hardware* extranjero. Ante esto, el uso de plataformas de código abierto como Robot Operating System (ROS) 2 y Robot Visualization (RViz) surge como una solución estratégica indispensable [1], permitiendo a las instituciones ofrecer experiencias prácticas de alta fidelidad y entornos de experimentación seguros sin la necesidad de inversión en equipo físico costoso.

Fundamentos matemáticos

El estudio de un manipulador robótico comienza con su descripción cinemática, la cual establece las relaciones geométricas entre las articulaciones y la posición del efector final. Para un robot planar RR, el modelo consiste en una cadena serial de dos eslabones rígidos unidos por juntas de rotación que operan en un plano bidimensional. Una representación esquemática de este modelo, incluyendo todos los parámetros y sistemas de coordenadas, se representa en la Figura 1(a).

La cinemática directa se define como el proceso de determinar la posición del efector final a partir de valores conocidos de los ángulos articulares. Utilizando un enfoque trigonométrico,

se asignan sistemas de coordenadas a cada junta. Para el primer eslabón de longitud l_1 y ángulo θ_1 , las coordenadas del origen de la segunda articulación se expresan como $(x_1, y_1) = (l_1 \cos(\theta_1), l_1 \sin(\theta_1))$. Considerando el segundo eslabón de longitud l_2 y ángulo relativo θ_2 , la posición final del efector (x_2, y_2) se deriva de la suma vectorial $(l_1 \cos(\theta_1) + l_2 \cos(\theta_1 + \theta_2), l_1 \sin(\theta_1) + l_2 \sin(\theta_1 + \theta_2))$.

La cinemática inversa busca encontrar los ángulos articulares necesarios para alcanzar una posición objetivo (x_2, y_2) . Para este manipulador, se puede encontrar una solución en forma cerrada utilizando un enfoque geométrico. Si $c_1 = \cos(\theta_1)$, $s_1 = \sin(\theta_1)$, $c_{12} = \cos(\theta_1 + \theta_2)$ y $s_{12} = \sin(\theta_1 + \theta_2)$ para resolver a θ_2 se elevan al cuadrado y se suman los componentes (x_2, y_2) $x_2^2 + y_2^2 = (l_1 c_1 + l_2 c_{12})^2 + (l_1 s_1 + l_2 s_{12})^2 = l_1^2 + l_2^2 + 2l_1 l_2 c_2$ es decir, $x_2^2 + y_2^2 = (l_1 c_1 + l_2 c_{12})^2 + (l_1 s_1 + l_2 s_{12})^2 = l_1^2 + l_2^2 + 2l_1 l_2 c_2$ aplicando el teorema del coseno para obtener soluciones en forma cerrada. El coseno de la segunda articulación se obtiene como
$$c_2 = \frac{x^2 + y^2 - l_1^2 - l_2^2}{2l_1 l_2}$$

Para determinar θ_2 de manera unívoca, se utiliza la función arcotangente de dos argumentos (atan2).

$$\theta_2 = \text{atan2}(\pm \sqrt{1 - c_2^2}, c_2) \quad (1)$$

Una vez que se conoce θ_2 , se puede resolver para θ_1 . De los componentes (x_2, y_2) , estos se pueden reescribir como un sistema lineal para c_1 y s_1 como $x_2 = (l_1 + l_2 c_2)c_1 - (l_2 s_2)s_1$ y $y_2 = (l_2 s_2)c_1 + (l_1 + l_2 c_2)s_1$. Resolver el sistema de expresiones para c_1 y s_1 , da como resultado el ángulo de la primera articulación θ_1 . Las Ecuaciones (1) y (2) dan solución al



posicionamiento de la mano del robot en un espacio bidimensional.

$$\theta_1 = \text{atan2}(y_2(l_1 + l_2 c_2) - x_2 l_2 s_2, x_2(l_1 + l_2 c_2) + y_2 l_2 s_2) \quad (2)$$

Implementación en el ecosistema ROS 2

La transición de modelos matemáticos a sistemas funcionales se logra mediante ROS 2 y el formato Unified Robot Description Format (URDF), una especificación XML que define la morfología y jerarquía cinemática del robot para tareas de simulación y planificación [2]. En este esquema, tras establecer un eslabón virtual de anclaje, cobran especial relevancia *link1* y *link2*, los cuales representan los componentes físicos móviles del manipulador con longitudes l_1 y l_2 , respectivamente. Estos eslabones se modelan geoméricamente como cilindros cuyo origen visual debe desplazarse mediante la etiqueta *origin* para alinearse correctamente con las articulaciones. Con los eslabones definidos, se crean las articulaciones para conectarlos y definir su movimiento. Este es el paso más crítico, donde se codifican los parámetros cinemáticos derivados en las Ecuaciones (1) y (2). El modelo generado en URDF se presenta en la Figura 1(b) como grafo y Figura 1(c) en visualización 3D.

La validación del modelo cinemático se lleva a cabo mediante el grafo de cómputo de ROS 2, el cual gestiona la comunicación entre los nodos de control y visualización en RViz. Este flujo de datos es fundamental para garantizar que la respuesta del *hardware* abierto coincida con las predicciones del modelo matemático.

El diagrama de la Figura 2 ilustra la implementación en tiempo real de la cadena cinemática del robot. El proceso inicia en el nodo */state_publisher*, que genera un vector de coordenadas generalizadas para cada θ_1 . Estos datos se transmiten a través del tópico */joint_states* hacia el nodo */robot_state_publisher*, el cual actúa como el motor de la cinemática directa. Utilizando la descripción almacenada en el parámetro */robot_description*, el sistema resuelve la pose de cada eslabón mediante el producto sucesivo de matrices de transformación homogénea. Los resultados de este cálculo se publican en el tópico */tf* utilizando cuaterniones para la orientación y vectores para la traslación, permitiendo que */rviz* realice la proyección geométrica en el espacio euclidiano $\mathbb{R}^3$ como se muestra en la Figura 3.

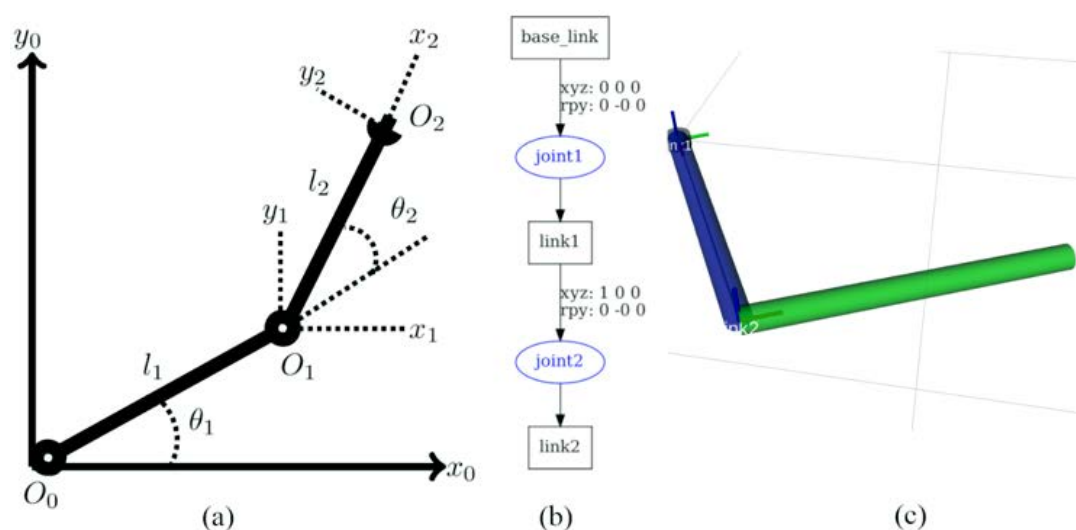


Figura 1. (a) Cadena cinemática del robot. (b) Modelo URDF. (c) Visualización en 3D del modelo URDF. Fuente: Elaboración propia.

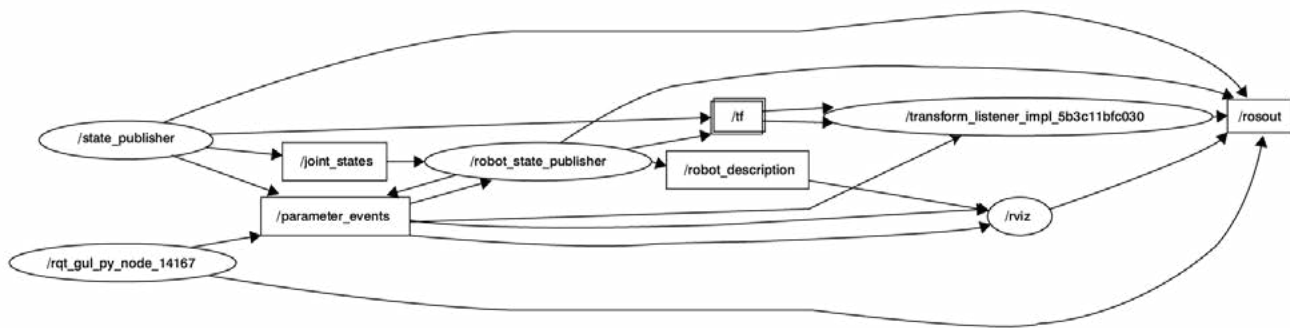


Figura 2. Interacción de nodos en ROS 2. Fuente: Elaboración propia obtenida mediante el comando `rqt_graph`.

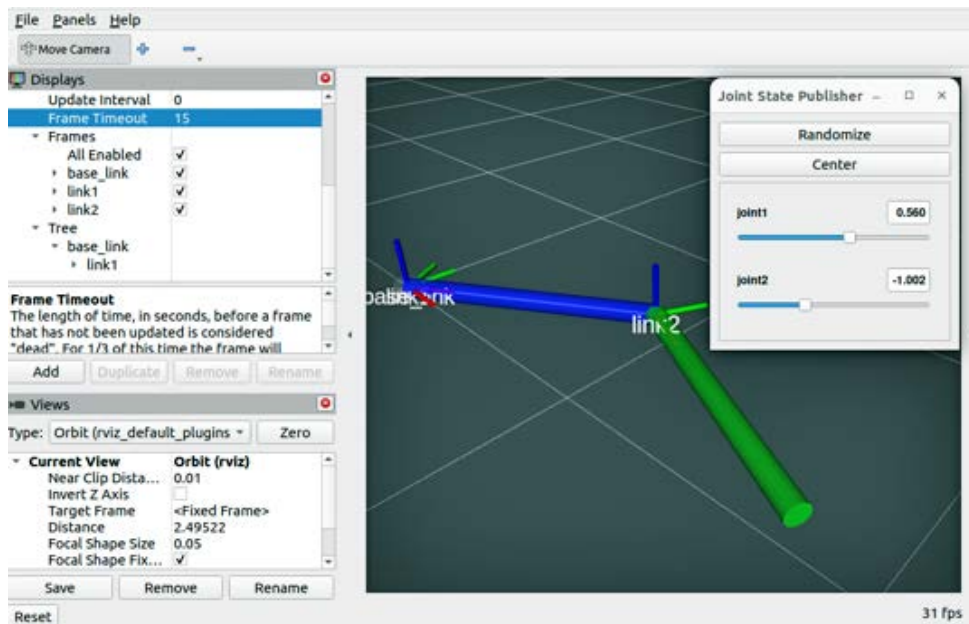


Figura 3. Simulación del robot en RViz y panel de control de articulaciones. Fuente: Elaboración propia a partir del entorno de simulación.

Validación y conclusiones

Este trabajo demostró que la simulación en ROS 2 constituye una herramienta pedagógica de bajo costo que transforma abstracciones matemáticas en salidas visuales tangibles, permitiendo a los estudiantes experimentar interactivamente con la cinemática directa e inversa. La implementación logró conectar de forma intuitiva el espacio articular con el cartesiano, facilitando la comprensión de conceptos complejos como las singularidades y los límites del espacio de trabajo que suelen ser difíciles de asimilar mediante métodos estáticos. En conclusión, se desarrolló con

éxito un sistema funcional y accesible que valida la eficacia de los modelos matemáticos en un entorno de *software* abierto, fortaleciendo la formación técnica en robótica sin la dependencia de *hardware* costoso.

Referencias

1. Kam HR, Lee SH, Park T, Kim Ch. RViz: a toolkit for real domain data visualization. *Telecommun Syst.* 2015 oct;60(2):337-345. doi: 10.1007/s11235-015-0034-5.
2. Macenski S, Foote T, Gerkey B, Lalancette C, Woodall W. *Robot Operating System 2: Design, architecture, and uses in the wild.* *Sci Robot.* 2022 may 25;7(66):eabm6074. doi: 10.1126/scirobotics.abm6074.



De la teoría al rack. Implementación de infraestructura de servidor para la optimización del aprendizaje en sistemas operativos

MARÍA DEL CARMEN HIDALGO BAEZA, VÍCTOR MANUEL CASAS GÓMEZ, CAROLINA MORENO LOAIZA, GRISELDA OLMOS ZARIÑÁN, YUNUEN ISLAS GONZÁLEZ

Universidad Tecnológica Fidel Velázquez

mcarmen.hidalgo@utfv.edu.mx, victor.casas@utfv.edu.mx, carolina.moreno@utfv.edu.mx, griselda.olmos@utfv.edu.mx, yunuen.islas@utfv.edu.mx

Introducción

En la formación académica sobre *Cloud Computing* y Ciberseguridad, el uso de máquinas virtuales (VM) locales suele presentar limitaciones críticas: alta demanda de recursos de *hardware* (CPU y RAM) en los equipos personales de los alumnos, aislamiento de redes reales y pérdida de persistencia de datos. Para superar estos obstáculos, se ha implementado una infraestructura de servidor físico en formato rack, utilizando Ubuntu Server 24.04 LTS, el estándar de la industria por su robustez en microservicios [1].

Especificaciones técnicas del nodo

A diferencia de los servidores de torre, el chasis de rack permite una gestión térmica superior mediante un flujo de aire frontal-posterior, evitando el estrangulamiento térmico (*thermal throttling*) durante procesos de compilación intensivos [2, 3].

La configuración del sistema incluye:

- *Procesador (CPU)*: Intel Xeon Silver con 12 núcleos físicos para soportar cargas concurrentes.
- *Memoria (RAM)*: 64 GB DDR4 ECC, permitiendo que cada sesión de usuario consuma apenas 50 MB adicionales gracias a la ligereza del kernel de Ubuntu.
- *Almacenamiento*: Arreglo RAID 1 de unidades

de estado sólido (SSD) para redundancia de datos.

- *Infraestructura de red*: Conectividad mediante un *switch* gestionable L2/L3, permitiendo la futura implementación de las VLAN para segmentar el tráfico de estudiantes y administración.

Metodología de *hardening* y seguridad

Para garantizar un entorno multiusuario seguro, es necesario una estrategia de seguridad en capas [4]:

1. *Aislamiento de privilegios*: Restricción de acceso directo a la cuenta *root* y creación de directorios */home* independientes con permisos 700.
2. *Prevención de intrusos (Fail2Ban)*: Un sistema de monitoreo de logs que bloquea automáticamente las direcciones IP tras detectar intentos fallidos de fuerza bruta.
3. *Filtrado de tráfico (UFW)*: Configuración de un *firewall* dinámico que limita la superficie de ataque, permitiendo únicamente el tráfico a través del protocolo SSH.

Resultados y medición de desempeño

Se realizó una prueba de carga con 20 estudiantes conectados simultáneamente. El rendimiento se monitorea con herramientas de diagnóstico de sistemas:



- *Carga del sistema*: El uso de CPU se mantuvo estable entre el 15 y 20 %, demostrando la eficiencia de la arquitectura.
- *Latencia*: Se registraron tiempos de respuesta de entre 2 y 5 ms mediante pruebas, se utilizó la herramienta de diagnóstico de red ping, basada en el protocolo ICMP (Internet Control Message Protocol), asegurando una experiencia de usuario fluida sin retrasos en la terminal.

- *Herramienta utilizada*: Utilidad ping estándar en entornos Linux para medir el Round-Trip Time (RTT).
- *Procedimiento*: Se ejecutaron ráfagas de 100 paquetes desde los nodos clientes hacia la interfaz del servidor conectado al switch.
- *Protocolo*: Envío de paquetes *ICMP Echo Request* y recepción de *Echo Reply* para determinar el retardo en la capa de red.

Conclusión

Este proyecto no es solo *hardware*; es un laboratorio de entrenamiento donde el estudiante deja de jugar con simulaciones para gestionar recursos en un entorno de producción la infraestructura actual es el cimiento para escalar hacia tecnología de orquestación como Docker o virtualización con KVM.

Referencias

1. Canonical. Ubuntu Server documentation [Internet]. Londres: Canonical Ltd; 2024 [citado 2024 mayo 22]. Disponible en: <https://ubuntu.com/server/docs/>.
2. Nemeth E, Snyder G, Hein TR, Whaley B, Mackin D. UNIX and Linux System Administration Handbook. 5a ed. Boston: Addison-Wesley Professional; 2017.
3. Stallings W. Operating Systems: Internals and Design Principles. 9a ed. Nueva York: Pearson; 2018.
4. Tanenbaum AS, Bos H. Modern Operating Systems. 5a ed. Londres: Pearson; 2023.



Narrativa visual y rediseño morfológico en *Rise of the Teenage Mutant Ninja Turtles* (2018–2020): análisis cromático, estructural y simbólico del diseño de personajes

LIC. VERÓNICA GONZÁLEZ GARCÍA

Universidad Tecnológica Fidel Velázquez

Introducción

El diseño de personajes constituye una herramienta narrativa fundamental dentro de la animación contemporánea [1]. A través del color, la silueta, las proporciones y los elementos simbólicos, un personaje comunica su personalidad, rol y evolución incluso antes de pronunciar una palabra. Un caso paradigmático de esta evolución visual se observa en la franquicia *Teenage Mutant Ninja Turtles*, creada en 1984 por Kevin Eastman y Peter Laird.

Desde su primera adaptación animada en 1987 hasta sus reinterpretaciones posteriores (2003, 2012, versiones cinematográficas CGI y *live action*), la identidad de las Tortugas Ninja ha sido constantemente rediseñada para responder a nuevas audiencias y contextos culturales. Sin embargo, la serie *Rise of the Teenage Mutant Ninja Turtles* (2018–2020) representa un punto de inflexión en términos de construcción visual, al proponer una diferenciación estructural radical entre los cuatro protagonistas.

El objetivo del presente artículo es analizar cómo el rediseño de personajes en *Rise of the TMNT* emplea narrativa cromática, morfología geométrica base, diferenciación de especies y diseño de *props* (armas y accesorios) como sistema coherente de construcción identitaria individual.

Marco teórico

El diseño de personajes en animación se sustenta en principios formales que trascienden lo estético y operan como lenguaje visual.

Narrativa cromática

La psicología del color establece asociaciones simbólicas que influyen en la percepción del espectador [2]. El azul suele vincularse con liderazgo y estabilidad; el rojo con impulso y energía; el morado con intelectualidad y creatividad, mientras que el naranja con entusiasmo y expresividad. En franquicias serializadas, el color funciona como identificador inmediato y como extensión emocional del personaje.

Morfología y formas básicas

La teoría de formas geométricas en *character design* propone que las siluetas construidas a partir de triángulos transmiten dinamismo y tensión; las basadas en cuadrados evocan fuerza y estabilidad; los rectángulos sugieren estructura y lógica; los círculos comunican amabilidad, fluidez y cercanía. La repetición de estas formas en la anatomía del personaje genera coherencia psicológica [3].

Diseño de silueta

La claridad de silueta es un principio fundamental en animación. Un personaje debe ser reconocible incluso en sombra [4]. La diferenciación morfológica fortalece la identidad visual y evita la dependencia exclusiva del color como recurso distintivo.

Props como extensión psicológica

El arma o herramienta del personaje no es un elemento accesorio: funciona como prolongación simbólica de su personalidad. El tipo de arma, su alcance y uso narrativo refuerzan el arquetipo que representa.



Evolución del diseño en la franquicia

En versiones anteriores de la serie animada, particularmente la de 1987, las Tortugas presentaban una morfología prácticamente idéntica entre sí, diferenciándose principalmente por el color del antifaz y el arma asignada [5]. Aunque esto permitía identificación básica, el diseño corporal no variaba significativamente.

Las versiones de 2003 y 2012 introdujeron mayor diferenciación en proporciones y actitud, pero mantuvieron un modelo anatómico base común.

En contraste, *Rise of the TMNT* (2018) propone un rediseño estructural completo: cada tortuga pertenece a una especie distinta, posee proporciones únicas y responde a una forma geométrica dominante que articula su construcción visual.

Análisis del rediseño en *Rise of the TMNT*

Las diferencias morfológicas entre los cuatro personajes se evidencian no solo en sus proporciones corporales, sino también en su postura, silueta y distribución del peso visual. Estas características pueden observarse en la representación comparativa como se muestra en la Figura 1.

La Figura 1 evidencia la representación visual de la diferenciación morfológica de los personajes principales en *Rise of the Teenage Mutant Ninja Turtles*. La ilustración permite observar las diferencias de proporción corporal, silueta y postura entre Leonardo, Raphael, Michelangelo y Donatello, elementos que refuerzan la construcción identitaria individual en el rediseño de la serie.



Figura 1. Ilustración de la serie *Rise of the TMNT*. Fuente: Elaboración propia



Las diferencias estructurales entre los personajes pueden sintetizarse en el sistema comparativo presentado en la Tabla 1.

versión asume inicialmente el liderazgo, lo cual refuerza la lectura del cuadrado como figura de contención y protección.

Personaje	Especie	Forma geométrica base	Arma principal
Leonardo	Tortuga de orejas rojas	Triángulo	Odachi
Donatello	Tortuga de caparazón blando	Rectángulo	Bastón bō
Raphael	Tortuga mordedora	Cuadrado	Tonfas místicas
Michelangelo	Tortuga de caja	Círculo	Kusari-fundo

Tabla 1. Sistema de diferenciación morfológica de los personajes en *Rise of the Teenage Mutant Ninja Turtles*
Fuente: Elaboración propia con base en los personajes.

Leonardo

Especie: Tortuga de orejas rojas.
Forma base: Triángulo.
Arma: Odachi (espada larga).
Su silueta enfatiza agilidad y dirección ascendente. La repetición de ángulos en su diseño refuerza su carácter ingenioso y su liderazgo en formación. El azul mantiene la asociación tradicional con control y estrategia, aunque en esta versión su personalidad es más sarcástica y espontánea.

Donatello

Especie: Tortuga de caparazón blando.
Forma base: Rectángulo.
Arma: Bastón bō tecnológico.
Su estructura corporal alargada y vertical enfatiza lógica y orden. El visor y los gadgets integrados en su diseño convierten la tecnología en parte orgánica de su identidad. El morado consolida su asociación con la intelectualidad.

Raphael

Especie: Tortuga mordedora.
Forma base: Cuadrado.
Arma: Tonfas místicas.
Es el más robusto y voluminoso. Su silueta transmite peso y estabilidad. El rojo intensifica su naturaleza impulsiva y emocional. En esta

Michelangelo

Especie: Tortuga de caja.
Forma base: Círculo.
Arma: Kusari-fundo.
Su construcción redondeada y menor complejidad transmiten cercanía y creatividad. Los *stickers* en su caparazón funcionan como declaración identitaria. El naranja mantiene su vínculo con energía lúdica y sensibilidad artística.

Sistema de coherencia visual

En *Rise*, la identidad no depende únicamente del color. Se construye mediante un sistema integrado: forma geométrica + especie + proporción corporal + arma + paleta cromática + lenguaje corporal. Esta articulación convierte el diseño en narrativa visual activa.

Discusión

El rediseño de *Rise of the Teenage Mutant Ninja Turtles* no representa una ruptura arbitraria con la tradición, sino una estrategia de actualización estética orientada a fortalecer la individualidad de cada personaje. Mientras que versiones anteriores apostaban por la uniformidad grupal con diferenciación cromática, *Rise* introduce diferenciación estructural, aumentando la legibilidad y profundidad psicológica.



Sin embargo, esta transformación visual no estuvo exenta de resistencia por parte de sectores de la audiencia tradicional. Parte del público que creció con versiones previas interpretó el cambio morfológico como una ruptura con la identidad “clásica” de la franquicia. Esta reacción evidencia cómo el diseño de personajes no solo construye identidad narrativa, sino que también activa vínculos emocionales e históricos en el espectador. La modificación de una silueta consolidada durante décadas puede percibirse como alteración simbólica, aun cuando responda a decisiones estratégicas de actualización visual.

Desde una perspectiva contemporánea, la diferenciación corporal implementada en *Rise* puede leerse también como una respuesta a discursos actuales sobre diversidad y representación. La variación de especies, proporciones y siluetas rompe con la homogeneidad visual tradicional y propone una lectura más plural de identidad, donde la individualidad no depende exclusivamente del color distintivo, sino de una construcción integral del cuerpo como lenguaje narrativo. En este sentido, el rediseño no solo moderniza la franquicia, sino que la alinea con una sensibilidad visual más acorde a las narrativas del siglo XXI.

Conclusión

El rediseño en *Rise of the Teenage Mutant Ninja Turtles* demuestra que el diseño de personajes puede funcionar como sistema narrativo autónomo. La combinación de psicología del color, morfología geométrica, diferenciación de especies y diseño de *props* consolida una identidad individual clara sin sacrificar la coherencia colectiva del equipo.

Lejos de debilitar la esencia de la franquicia, esta reinterpretación fortalece su vigencia cultural y evidencia cómo el lenguaje visual evoluciona para dialogar con nuevas generaciones. El caso de *Rise* confirma que el diseño no es únicamente estética: es construcción simbólica, estrategia narrativa y herramienta de identidad.

Este caso evidencia cómo el diseño contemporáneo de personajes en animación ya no responde únicamente a criterios estéticos o comerciales, sino a sistemas complejos de construcción simbólica que articulan identidad, narrativa y estrategia visual.

Referencias

1. Bancroft T. Creating characters with personality: for film, TV, animation, video games, and graphic novels. Nueva York: Watson-Guptill; 2006.
2. Eiseman L. The complete color harmony: expert color information for professional color results. Gloucester: Rockport; 2017.
3. Tillman B. Creative character design. Burlington: Focal Press; 2011.
4. Williams R. The animator's survival kit. Londres: Faber and Faber; 2001.
5. Eastman K, Laird P. Teenage Mutant Ninja Turtles. Northampton: Mirage Studios; 1984.



Un viaje al siglo xvi desde tu pantalla. La Hacienda de la Encarnación cobra vida con realidad aumentada

DRA. CAROLINA MORENO LOAIZA, DRA. GRISELDA OLMOS ZARIÑAN,
DRA. MARÍA DEL CARMEN HIDALGO BAEZA, MTRA. YUNUEN ISLAS GONZÁLEZ

Universidad Tecnológica Fidel Velázquez

carolina.moreno@utfv.edu.mx, griselda.olmos@utfv.edu.mx,
mcarmen.hidalgo@utfv.edu.mx, yunuen.islas@utfv.edu.mx



Código QR de realidad aumentada. Escanea esta imagen con la cámara de tu celular para visualizar el modelo interactivo en 3D del logotipo de la UTFV (Fuente: Elaboración propia)

Un testigo del tiempo en riesgo, la Hacienda de la Encarnación, situada en el municipio de Nicolás Romero, representa un vestigio fundamental de la arquitectura industrial y agrícola del Estado de México. Fundada en el siglo xvi, su estructura ha sido testigo de las transformaciones socioeconómicas de la región; desde su auge productivo hasta convertirse en un icónico set de filmación entre 1954 y 1959 de al menos 19 películas mexicanas [1]. No obstante, tras siglos de historia y una transición funcional que la llevó a albergar a la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez en 1995, el complejo enfrenta hoy un proceso de degradación natural que pone en riesgo su memoria arquitectónica.

Del polvo al píxel: Nuestra travesía hacia la realidad aumentada

En la realidad aumentada, lograr una experiencia inmersiva no es solo una tarea técnica, sino un viaje que nos lleva de lo tangible a lo virtual.

Transitamos este camino dividiendo nuestro esfuerzo en fases críticas que convierten la piedra en datos.

La captura de la memoria (Levantamiento)

Primero, identificamos los espacios y nos adentramos en el terreno con herramientas de medición manual, además de emprender la búsqueda de fotografías antiguas que reflejaran su esplendor original.

Nuestra misión en esta etapa es absorber la realidad geométrica del lugar; no nos limitamos a observar, sino que digitalizamos las fachadas principales y las áreas comunes para establecer una base sólida.

La reconstrucción del tiempo (Renderizado)

Posteriormente, nos enfrentamos al desafío de emular la vida de los materiales. Entendemos la estructura técnica, pero sabemos que una pared lisa no cuenta historia. Mediante *soft-*



ware especializado de modelado 3D, recreamos la estructura arquitectónica para mantener viva la idea de la construcción original. Generamos renders que respetan la atmósfera original, como se muestra en la Figura 1 y la Figura 2.



Figura 1. Render de fachada de la entrada a la capilla de la Hacienda de la Encarnación. Fuente: Elaboración propia.



Figura 2. Render de fachada de espacio de servicios. Fuente: Elaboración propia.



Figura 3. Código QR de realidad aumentada. Escanea esta imagen con la cámara de tu celular para visualizar el modelo interactivo en 3D de la fachada de la capilla. Fuente: Elaboración propia.

La ventana al pasado (Interfaz de RA)

Finalmente, entregamos la visión mediante una interfaz optimizada para dispositivos móviles que funciona como una lente mágica. Al escanear un código QR (Figura 3 y Figura 4), el estudiante o visitante permite que la pantalla superponga la historia sobre el presente, permitiendo comprender la estructura de manera interactiva.



Figura 4. Código QR de realidad aumentada. Escanea esta imagen con la cámara de tu celular para visualizar el modelo interactivo en 3D de la fachada de espacio de servicios. Fuente: Elaboración propia.

Un puente entre disciplinas: Un modelo para el futuro

Nos situamos en el punto exacto donde la ingeniería se da la mano con las humanidades. El objetivo es abrir un portal para que las nuevas generaciones interactúen con su patrimonio.



nio; de ahí que nuestro esfuerzo se enfoque en transformar la observación pasiva en una experiencia viva. Este proyecto es un prototipo metodológico replicable para la salvaguarda digital de otros monumentos en riesgo a lo largo de México, como lo ilustran la Figura 5 y la Figura 6.



Figura 5. Render de Modelo 3D de muros perimetrales con ojivas. Fuente: Elaboración propia.



Figura 6. Código QR de realidad aumentada. Escanea esta imagen con la cámara de tu celular para visualizar el modelo interactivo en 3D de la fachada de muros perimetrales con ojivas. Fuente: Elaboración propia.

El horizonte digital: Más allá de la primera piedra

Esta etapa inicial representa el cimiento de un ecosistema de preservación mucho más ambicioso (Figura 7). Actualmente nos encontramos en la transición hacia nuevas etapas de desarrollo que buscan profundizar en la experiencia del usuario, aplicando la metodología propuesta por Olmos *et al.* [2].

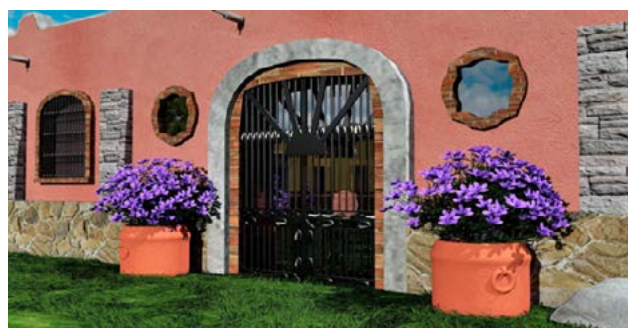


Figura 7. Render de detalle de texturizado y vegetación en fachadas de la zona de caballerizas. Fuente: Elaboración propia.

La entrega de esta primera fase es la prueba de concepto que valida nuestra metodología; es el primer paso firme en nuestra misión de asegurar que la historia del municipio de Nicolás Romero no se desvanezca, sino que se transforme en un legado indestructible para las generaciones venideras, gracias al uso de tecnologías con la realidad aumentada, con la cual fue posible hacer que cobren vida las fachadas de la Hacienda de la Encarnación.

Referencias

1. Zavala L, Salcedo A, García Canseco E, Vivar J, Vargas J, Haye R *et al.* Ontología, estética y teoría cinematográfica I, Deconstrucción y análisis del audiovisual. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México; 2024. p. 109-122.
2. Olmos G, Moreno C, Islas Y, Hidalgo MC. Digital recovery strategy for the Hacienda de la Encarnación as Historical/Cultural Heritage Site. En: Handbook T-XXVIII Advances in Engineering and Technology. 7a. ed. México: ECORFAN-México; 2025. p. 42-56. doi: 10.35429/H.2025.9.42.56.



Computo analógico como herramienta práctica para el aprendizaje de las ecuaciones diferenciales en ingeniería

M. EN C. E I. EDEBALDO PEZA ORTÍZ

Profesor en TSU Automotriz, Universidad Tecnológica Fidel Velázquez

Las ecuaciones diferenciales son un área de las matemáticas que, en el contexto de la ingeniería, interesa conocer qué representan y cómo se resuelven. Todo estudiante de ingeniería ha de desarrollar la capacidad de identificarlas, comprender qué representan, de resolverlas, pero sobre todo interpretar la o las soluciones. Durante su estudio es común que los alumnos tengan dificultades para relacionar los términos que las componen con variables físicas del mundo real, por lo que los profesores o profesoras de esas asignaturas hemos de buscar métodos o medios que ofrezcan facilidades a los alumnos para entenderlas. Antes de la electrónica digital el control de sistemas se realizaba con electrónica analógica, a estos circuitos se les denomina *computadores analógicos*, estos circuitos utilizan variables físicas continuas en lugar de datos discretos y resuelven ecuaciones diferenciales de forma instantánea [1], pero ¿cómo lo hacen? Esta es la clave para usar los computadores analógicos como medio para relacionar variables físicas con el concepto de ecuaciones diferenciales. Por ejemplo, una ecuación diferencial lineal (EDL) ordinaria de primer orden tiene la forma

$$a_1(t) \frac{dy}{dt} + a_0(t)y = x(t) \dots (1)$$

Donde $y(t)$ es la función desconocida y por ende la solución de la ecuación que se busca. Si escribimos (1) como

$$\frac{dy}{dt} = \frac{x(t) - a_0(t)y}{a_1(t)} \dots (2)$$

Entonces resulta sencillo representar (2) con un diagrama de bloques

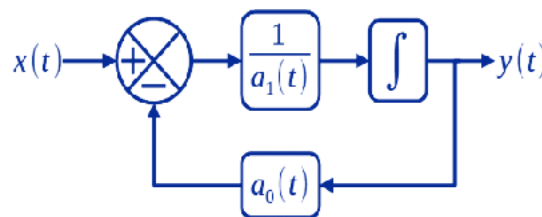


Figura1. Diagrama de bloques de una ecuación diferencial de primer orden. Fuente: Elaboración propia.

Al identificar las operaciones que se muestran en la Figura 1, una resta, una multiplicación, una división y una integración, todas estas las podemos realizar con amplificadores operacionales [2], y de este modo empleamos una computadora analógica que resuelve una ecuación diferencial del tipo (1).

Por ejemplo, si se presenta una ecuación diferencial como (3).

$$3 \frac{dy}{dt} + 10y = 1 \dots (3)$$

Donde $a_1(t) = 3$, $a_0(t) = 10$ y $x(t) = 1$. A (3) A (3) la podemos resolver por el método de variación de parámetros y encontraremos que la solución es (4).

$$y(t) = 0.1(1 - e^{-103/t}) \dots (4)$$

Si resolvemos numéricamente a (3) para un escalón unitario en un intervalo de 0 a 4 segundos obtenemos una solución gráfica (Figura 2).

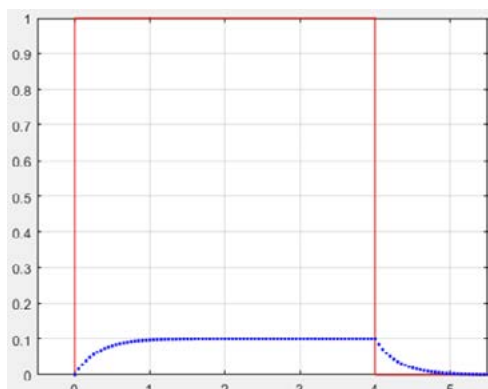


Figura 2. Solución numérica de (3). Fuente: Elaboración propia.

La gráfica en rojo es la entrada $x(t)$ para $0 < t < 4$, y la gráfica azul es $y(t)$ la solución de la ecuación diferencial para ese mismo periodo de tiempo, observemos que $y(t)$ alcanza un valor en estado estable de 0.1 de magnitud, a simple vista podemos notar que la constante de tiempo es menor a 0.5 unidades temporales. Ahora podemos construir el circuito de la Figura 2 y determinar la combinación de valores para las resistencias y el capacitor tales que el circuito realice las operaciones de (2) para resolver (3).

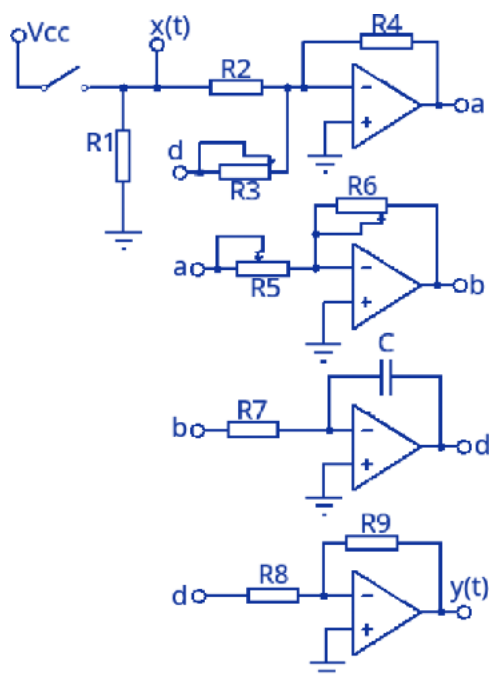


Figura 3. Circuito con amplificadores operaciones que resuelve una EDL de primer orden. Fuente: Elaboración propia.

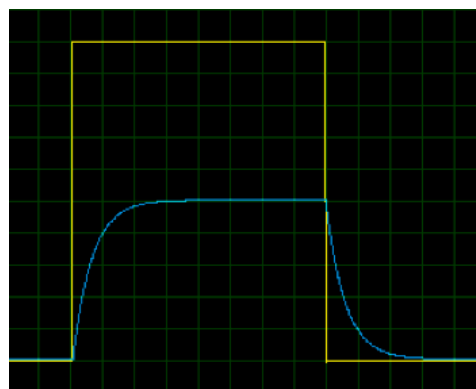


Figura 4. Solución empírica de (3). Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 4, vemos las señales de entrada $x(t)$ en color amarillo y salida $y(t)$ en color azul del circuito de la Figura 2 en una pantalla de osciloscopio, $x(t)$ y $y(t)$ son valores de voltaje, la escala horizontal la definen las líneas verticales y el espacio entre una y otra corresponde a 0.5 unidades temporales, la escala vertical la definen las líneas horizontales, para $x(t)$ la escala es de 0.1 unidades de voltaje y para $y(t)$ la escala es de 0.02 unidades de voltaje. Se puede observar que la gráfica azul alcanza un valor en estado estable de 0.1 unidades de voltaje. Al comparar las Figuras 2 y 4 se puede notar que la solución numérica y la obtenida por el circuito de la Figura 3 toman los mismos valores, con ello comprobamos la funcionalidad de la computadora analógica, de esta forma se aterriza la ecuación (1) a un dispositivo tangible con el cual el estudiante puede identificar la relación de todos los elementos que la componen [3].

Ahora los estudiantes pueden determinar las combinaciones de valores de resistencias con las ecuaciones de cada configuración de amplificador operacional, sumador para la etapa de la resta, amplificador inversor para los productos con los coeficientes $a_0(t)$ y $a_1(t)$, e integrador.

Las operaciones que resuelven cada amplificador del circuito de la Figura 3 son (5), (6) (7) y (8).



$$a = -\left(\frac{R4}{R2}x(t) - \frac{R4}{R3}d\right) \dots (5)$$

Donde el cociente de R4 y R3 es el valor de $a_0(t)$, (5) es la salida del amplificador sumador, esta corresponde al punto de suma de la Figura 1.

$$b = -\frac{R6}{R5}a \dots (6)$$

(6) cambia el signo de la salida del sumador y a su vez amplifica la señal en el inverso de $a_1(t)$.

$$d = -\frac{1}{R7C} \int b dt \dots (7)$$

(7) obtiene el valor de $y(t)$ pero lo representamos con d pues se añade un signo negativo propio del amplificador integrador, signo que se cambia con (8).

$$y(t) = -d \dots (8)$$

Conclusiones

Presentar el circuito de la Figura 3 permite que los estudiantes vinculen los elementos de (1) y conceptos como coeficiente, constantes, variables, dominio, rango y funciones con los dispositivos de resistencias, capacitores y amplificadores de modo que puede ayudar a que reconozcan, al emplear equipo electrónico, aplicaciones prácticas de las ecuaciones diferenciales, aumentando con ello el interés por las mismas e incluso abre el debate sobre los aspectos tecnológicos para su solución.

Referencias

1. Boylestad RL, Nashelsky L. Aplicaciones del amplificador operacional. En: Electrónica: Teoría de circuitos y dispositivos electrónicos. México: Pearson Educación; 2003. p. 715-729.
2. Zill DG. Ecuaciones diferenciales de primer orden. En: Ecuaciones diferenciales con aplicaciones de modelado. México: Thomson Learning; 2002. p. 80-86.
3. Dorantes-González DJ, Manzano-Herrera M, Sandoval-Benítez G, Vázquez-López V. Simulación analógica y digital de sistemas mecánicos. En: Automatización y control: Prácticas de laboratorio. México: Mc Graw Hill; 2004. p. 215-18.

Sostenibilidad y Medio Ambiente

La publicación de artículos sobre sostenibilidad y medio ambiente en esta edición especial de *+Ciencia* cumple con ayudar a reconocer necesidades científicas, sociales y hasta éticas. En un contexto marcado por el cambio climático, la contaminación ambiental y el agotamiento de recursos naturales para la obtención de materiales y combustibles, la divulgación del conocimiento permite acercar soluciones innovadoras y fomentar una cultura de responsabilidad ambiental. Temas como la economía circular, el reciclaje de materiales, la química verde, el tratamiento de aguas residuales, la agricultura sostenible y el uso de microorganismos benéficos, por mencionar algunos de los presentados en esta sección, muestran cómo la ciencia y la tecnología pueden contribuir a la protección de los ecosistemas y al bienestar humano.





Economía circular en acción. PET reciclado para el desarrollo de nuevos materiales

GIOVANNI GARCÍA DOMÍNGUEZ,¹ ARISTEO GARRIDO HERNANDEZ²

¹ Universidad Tecnológica Fidel Velázquez, Emiliano Zapata s/n,
El Tráfico, Ciudad Nicolás Romero, Estado de México, 54400, Mexico.

² Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, Departamento de Materiales, 02128,
Alcaldía Azcapotzalco, CDMX, México.

Resumen

El uso masivo de plásticos ha generado uno de los mayores retos ambientales a nivel global. Entre estos materiales, el polietileno tereftalato (PET) destaca por su amplio consumo en envases y botellas, así como por su baja tasa de reciclaje efectivo. Frente a este escenario, la economía circular propone estrategias para reincorporar los residuos al ciclo productivo, transformándolos en recursos con mayor valor. Este artículo aborda el problema ambiental del PET desde una perspectiva global y presenta cómo la modificación de sus propiedades permite el desarrollo de nuevos materiales compuestos con mejores características mecánicas, contribuyendo a soluciones sostenibles.

El reto global del plástico

En las últimas décadas, la producción mundial de plásticos ha superado los 400 millones de toneladas anuales, de las cuales una proporción significativa corresponde a productos de un solo uso [1]. El PET es uno de los polímeros más utilizados debido a su bajo costo, ligereza y resistencia, especialmente en envases para bebidas. No obstante, se estima que menos del 30 % del PET es reciclado de manera efectiva a nivel global, mientras que el resto se acumula en rellenos sanitarios o en ecosistemas naturales [2]. Este problema ha generado impactos severos en el ambiente, particularmente en cuerpos de agua y suelos.

Economía circular: más allá del reciclaje

La economía circular surge como una alternativa al modelo lineal tradicional de “extraer–

producir–desechar”, proponiendo un sistema donde los materiales se mantengan en uso durante el mayor tiempo posible [3]. Este enfoque busca reducir la generación de residuos, optimizar el uso de recursos y disminuir la presión sobre materias primas vírgenes.

Reciclar no implica únicamente reprocesar materiales, sino mejorar sus propiedades para ampliar su vida útil y sus aplicaciones. Transformar residuos plásticos en materiales con mayor desempeño mecánico representa una estrategia clave para cerrar el ciclo de los materiales y avanzar hacia modelos productivos más sostenibles [4].

Cuando la ciencia mejora los residuos

Para superar estas limitaciones, la ciencia de materiales ha desarrollado tratamientos quí-



Figura 1. Reto global del plástico. Fuente: Elaboración propia

micos que modifican la superficie del PET reciclado. Estos procesos generan cambios controlados en la estructura superficial del material, incrementando su rugosidad y creando sitios activos que favorecen la unión con la matriz del material compuesto [5].

Desde una perspectiva sencilla, una superficie más rugosa facilita una mejor unión con otros materiales, lo que se traduce en una mayor resistencia mecánica. Este proceso general de mejora del PET reciclado se ilustra en la Figura 2.

Nuevos materiales a partir de residuos plásticos

El uso de PET reciclado tratado en materiales compuestos abre la posibilidad de desarrollar nuevos productos para aplicaciones estructurales ligeras, elementos constructivos, paneles y componentes industriales [5, 6]. Estos materiales no solo aprovechan residuos existentes, sino que también reducen la demanda de polímeros vírgenes y la huella ambiental asociada a su producción.



Figura 2. Proceso general de modificación de PET reciclado. Fuente: Elaboración propia



Además, mejorar las propiedades del PET reciclado contribuye a la viabilidad técnica y económica de soluciones basadas en economía circular, favoreciendo su adopción a mayor escala [7].

Impacto social y ambiental

El desarrollo de nuevos materiales a partir de PET reciclado tiene un impacto directo en la reducción de residuos plásticos, la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero y la mitigación de la contaminación ambiental [8].

Desde una perspectiva social, estas estrategias impulsan modelos productivos más responsables y fomentan la creación de cadenas de valor alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, particularmente aquellos relacionados con producción responsable, acción climática y protección de ecosistemas [9].

Reflexión final

El problema del plástico no puede resolverse únicamente mediante campañas de reciclaje. Es necesario replantear el valor de los residuos y aprovechar el conocimiento científico para transformarlos en soluciones funcionales. La economía circular ofrece un marco sólido para este cambio, donde materiales como el PET reciclado pueden convertirse en recursos estratégicos.

Transformar residuos en nuevos materiales no solo representa una alternativa técnica viable,

sino también una oportunidad para avanzar hacia un modelo de desarrollo más sostenible, en el que la innovación y la responsabilidad ambiental convergen.

Referencias

1. Plastics Europe. Plastics – The fast facts 2023. Bruselas: Plastics Europe; 2023.
2. United Nations. The Sustainable Development Goals Report 2023. Nueva York: United Nations; 2023.
3. Ellen MacArthur Foundation. Completing the picture: How the circular economy tackles climate change. Nueva York: Ellen MacArthur Foundation; 2020.
4. United Nations Environment Programme (UNEP). From pollution to solution: A global assessment of marine litter and plastic pollution. Nueva York: UNEP; 2021.
5. Garrido-Hernández A, Sánchez-Ramírez E, Chávez-Gerónimo L, García-Domínguez G. Fibras poliméricas recicladas en la construcción de viviendas. Mexican Journal of Technology and Engineering, 2025;4(2): 5–14.
6. Geyer R, Jambeck JR, Law KL Production, use, and fate of all plastics ever made. Science Advances, 2017;3(7): e1700782.
7. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Global plastics outlook: Economic drivers, environmental impacts and policy options. París: OECD; 2022.
8. Asumani OML, Reid RG, Paskaramoorthy R. The effects of alkali-silane treatment on the tensile and flexural properties of short fibre non-woven kenaf reinforced polypropylene composites. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 2012;43(9): 1431–1440.
9. Azimi M, Asselin E Improving surface functionality, hydrophilicity, and interfacial adhesion properties of polyethylene with activated peroxides. ACS Applied Materials & Interfaces, 2022;14(2): 3601–3609.



La huella ambiental del caucho y cómo podemos reducirla

GIOVANNI GARCÍA DOMÍNGUEZ,¹ ARISTEO GARRIDO HERNANDEZ²

¹ Universidad Tecnológica Fidel Velázquez, Emiliano Zapata s/n, El Tráfico, Ciudad Nicolás Romero, Estado de México, 54400, Mexico.

² Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, Departamento de Materiales, 02128, Alcaldía Azcapotzalco, CDMX, México.



Figura 1. Ciclo de vida del caucho: producción, uso, desecho y acumulación de neumáticos fuera de uso como problema ambiental. Fuente: Elaborada con DALL-E

El caucho es un material indispensable en la vida moderna, especialmente en la fabricación de neumáticos, productos industriales y elementos de uso cotidiano. Sin embargo, su elevada durabilidad y el volumen de residuos que genera representan un reto ambiental significativo a escala global. Millones de neumáticos fuera de uso se acumulan cada año, convirtiéndose en una fuente de contaminación persistente. Este artículo aborda la huella ambiental del caucho, analiza su impacto social y ecológico y explora cómo el aprovechamiento del caucho reciclado puede contribuir a reducir este problema desde una perspectiva de economía circular.

Cada año se generan más de 1000 millones de neumáticos fuera de uso a nivel mundial, lo que equivale a millones de toneladas de residuos de caucho [1]. Debido a su resistencia al desgaste y a la degradación natural, estos residuos pueden permanecer durante décadas en rellenos sanitarios o acumularse en espacios abiertos.

La Figura 1 muestra el ciclo de vida del caucho, desde su producción hasta su disposición final, evidenciando los puntos donde se concentra el mayor impacto ambiental. La acumulación de neumáticos desechados no solo ocupa grandes extensiones de terreno, sino que también representa un riesgo de incendios, liberación de



Figura 2. Impacto de la contaminación ambiental por el uso de caucho. Fuente: Elaborada con DALL-E

sustancias tóxicas y proliferación de vectores de enfermedades [2].

La huella del caucho no se limita a su etapa de desecho. Su producción implica el consumo intensivo de energía, recursos naturales y procesos industriales que generan emisiones de gases de efecto invernadero [3]. A lo largo de su vida útil, el desgaste de neumáticos también libera partículas microscópicas que contribuyen a la contaminación del aire y agua. Como se observa en la Figura 2, la huella ambiental del caucho se manifiesta en diferentes etapas del ciclo de vida del producto, lo que refuerza la necesidad de adoptar estrategias integrales para reducir su impacto.

Frente a este escenario, la economía circular propone cambiar el enfoque tradicional de usar y desechar, por uno que priorice la reutilización y el aprovechamiento de materiales. En lugar de considerar los neumáticos fuera de uso como residuos, este modelo los reconoce como recursos con potencial de transformación [4].

El caucho reciclado puede emplearse en múltiples aplicaciones, como mezclas asfálticas, superficies deportivas, materiales compuestos, aislantes acústicos y elementos constructivos. Estas alternativas permiten aprovechar un residuo problemático y convertirlo en un insumo útil para distintos sectores. Además, el uso de caucho reciclado contribuye a reducir el volumen de residuos destinados a rellenos sanitarios y a disminuir la demanda de caucho virgen, generando beneficios tanto ambientales como económicos [5].

Reducir la huella ambiental del caucho no depende únicamente de la industria. También requiere la participación de gobiernos, comunidades y consumidores mediante políticas públicas, innovación tecnológica y una gestión responsable de los residuos.

El aprovechamiento del caucho reciclado no solo reduce la contaminación ambiental, sino que también genera oportunidades sociales, como la creación de empleos en cadenas de



reciclaje y el desarrollo de soluciones locales para la gestión de residuos [6].

Reflexión final

Desde una perspectiva ambiental, estas estrategias contribuyen a la mitigación del cambio climático, la protección de ecosistemas y el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, particularmente aquellos relacionados con producción responsable y acción climática [7].

La huella del caucho es un desafío ambiental que requiere soluciones innovadoras y sostenibles. Transformar neumáticos fuera de uso en nuevos materiales no solo reduce la acumulación de residuos, sino que también permite avanzar hacia un modelo de desarrollo más responsable.

Adoptar enfoques basados en economía circular representa una oportunidad para reducir el impacto ambiental del caucho y promover una relación más equilibrada entre la sociedad, la industria y el entorno natural.

Referencias

1. World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). Global ELT Management. A Global State of Knowledge on Collection Rates, Recovery Routes, and Management Methods. Ginebra: WBCSD; 2020.
2. United States Environmental Protection Agency (EPA). Scrap Tires: Handbook on Recycling Applications and Management. Washington, D. C.: EPA; 2021.
3. European Tyre and Rubber Manufacturers' Association (ETRMA). The Carbon Footprint of Tyres. Bruselas: ETRMA; 2022.
4. Ellen MacArthur Foundation. Completing the Picture: How the Circular Economy Tackles Climate Change. Cowes: Ellen MacArthur Foundation; 2020.
5. Thomas BS, Gupta RC. A comprehensive review on the applications of waste tire rubber in cement concrete. *Renew Sustain Energy Rev.* 2016;54:1323–1333.
6. OECD. Global Plastics Outlook. París: OECD; 2022.
7. United Nations. The Sustainable Development Goals Report 2023. Nueva York: United Nations; 2023.



¿Conoces a Vermi?

BRITHANY ANDREA DE NOVA MARTÍNEZ, MARÍA TERESA FUENTES ROMERO,
MANUEL MEDINA MENDOZA

Universidad Tecnológica Fidel Velázquez

24304028@utfv.edu.mx

Resumen

El manejo inadecuado de los residuos orgánicos constituye uno de los principales problemas ambientales de la actualidad, debido a su acumulación en rellenos sanitarios y a la generación de contaminantes que afectan suelo, agua y atmósfera.¹

A escala global, se ha estimado que una fracción significativa de los residuos sólidos urbanos es de naturaleza orgánica (frecuentemente reportada en el rango de 40–55 %), lo que evidencia el potencial de valorización de esta corriente, mediante estrategias de aprovechamiento.²

En este contexto, el *vermicompostaje* surge como una alternativa sustentable que permite transformar residuos orgánicos en un abono natural de alto valor nutricional, mediante la acción biológica de lombrices y microorganismos.³

En este artículo se introduce “Vermi” como un recurso didáctico que representa a la lombriz protagonista de este proceso, con el objetivo de facilitar la comprensión y difusión del vermicompostaje. Se analiza la importancia de esta técnica en la gestión de residuos orgánicos, destacando su relevancia ambiental, social y agrícola, así como sus beneficios, aplicaciones y consideraciones para su implementación.

Palabras clave: vermicompostaje, residuos orgánicos, sostenibilidad, gestión ambiental, lombrices.



Introducción

¿Conoces a Vermi? Aunque su nombre puede parecer sencillo, esta figura representa a uno de los organismos más importantes en los procesos naturales de reciclaje: la lombriz. A través de su actividad biológica, las lombrices participan en la transformación de residuos orgánicos que comúnmente se consideran desechos, convirtiéndolos en un recurso valioso para el suelo y la agricultura.³

En las últimas décadas, el crecimiento poblacional y el aumento del consumo han provocado una generación creciente de residuos sólidos urbanos, de los cuales una proporción considerable corresponde a residuos orgánicos. Cuando estos residuos no son manejados adecuadamente, se convierten en una fuente de contaminación y en un problema ambiental de gran escala.^{1,2}

El vermicompostaje es una técnica biológica que emplea lombrices para acelerar la descomposición de residuos orgánicos y producir vermicompost (véase Figura 1), un fertilizante natural rico en nutrientes y microorganismos benéficos. En divulgación científica, una personificación como “Vermi” ayuda a acercar este conocimiento a públicos no especializados, promoviendo la educación ambiental y fomentando una cultura de responsabilidad ecológica.^{3,4}

Antecedentes del vermicompostaje

El uso de organismos vivos para la descomposición de materia orgánica ha sido observado desde tiempos antiguos; sin embargo, el vermicompostaje comenzó a estudiarse de manera sistemática cuando se reconoció el papel fundamental de las lombrices en la mejora de la fertilidad del suelo.³



Figura 1. Proceso de vermicompostaje (esquema). Fuente: Elaborada con ChatGPT.

Frente a esta situación, se han desarrollado diversas estrategias orientadas al aprovechamiento de la materia orgánica. Entre ellas, el vermicompostaje destaca por su eficiencia, bajo costo relativo y potencial de aplicación en contextos domésticos, escolares, comunitarios e industriales.

Diversos estudios han demostrado que las lombrices no solo fragmentan la materia orgánica, sino que también favorecen la actividad microbiana, acelerando los procesos de mineralización y modificando propiedades bioquímicas del sustrato durante su procesamiento.⁴



Entre las especies más utilizadas destaca la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*, Figura 2), conocida por su alta tasa de reproducción, resistencia y capacidad de consumo de residuos orgánicos. El producto final del proceso suele mostrar una estructura más estable y una mayor disponibilidad de nutrientes en comparación con el compost tradicional^{3, 4} (véase Figura 3).

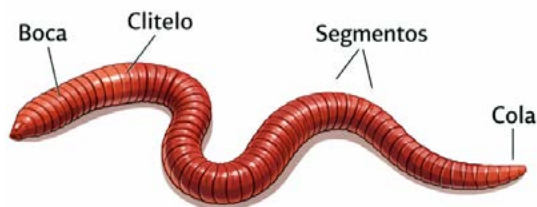


Figura 2. Lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*). Fuente: Elaborada con ChatGPT.

Importancia ambiental del vermicompostaje
Desde una perspectiva ambiental, el vermicompostaje representa una estrategia clave para la reducción de residuos orgánicos enviados a rellenos sanitarios. Al disminuir el volumen de estos residuos, se reduce también la producción de lixiviados y la emisión de gases de efecto invernadero, como el metano.¹ El vermicompost mejora la estructura del suelo, incrementa la retención de humedad y favorece la biodiversidad microbiana. Además, al sustituir parcial o totalmente el uso de fertilizantes químicos, se disminuye la contaminación de cuerpos de agua y se promueve una producción agrícola más limpia.^{3, 4}

Impacto social y educativo

El vermicompostaje no solo tiene beneficios ambientales, sino también un impacto social



Figura 3. Comparación visual: residuo orgánico vs. Vermicompost. Fuente: Elaborada con ChatGPT.



significativo. Su implementación en hogares, escuelas y comunidades permite involucrar a la población en prácticas sustentables, fortaleciendo la conciencia ambiental y la participación ciudadana.³

La utilización de un recurso didáctico como “Vermi” facilita la comprensión del proceso, especialmente en programas educativos donde se busca despertar el interés por el cuidado del medio ambiente desde edades tempranas. De esta manera, la técnica se convierte en una herramienta educativa que promueve valores como la responsabilidad, el reciclaje y el respeto por la naturaleza.

Aplicaciones agrícolas y económicas

El vermicompost producido mediante esta técnica se utiliza en agricultura, jardinería, viveros y producción orgánica. Sus propiedades contribuyen a mejorar el crecimiento de las plantas, incrementar la productividad de los cultivos y reducir la dependencia de insumos químicos.³

Desde el punto de vista económico, el vermicompostaje representa una alternativa de bajo costo, ya que aprovecha residuos orgánicos disponibles localmente y reduce gastos asociados al manejo de residuos y a la compra de fertilizantes. Esto lo convierte en una opción accesible para pequeños productores y comunidades rurales.³

Consideraciones para su implementación

Para asegurar el éxito del vermicompostaje, es fundamental mantener condiciones adecuadas de humedad, temperatura y alimentación de las lombrices. Un manejo inadecuado puede provocar malos olores, proliferación de plagas o disminución de la población de lombrices, afectando el rendimiento del proceso.³

Con capacitación básica y seguimiento, estas dificultades pueden controlarse. Como recomendación práctica para proyectos escolares o comunitarios, es útil registrar semanalmente variables simples (humedad percibida, temperatura del lecho, tipo de residuo incorporado y presencia de insectos), con la finalidad de ajustar el manejo de manera temprana.

Conclusiones

El vermicompostaje se consolida como una alternativa sustentable, eficiente y ecológica para la gestión de residuos orgánicos. Su aplicación contribuye a la reducción de la contaminación ambiental, al fortalecimiento de prácticas agrícolas sostenibles y a la promoción de la educación ambiental.^{1,3} Incorporar esta técnica en distintos ámbitos de la sociedad permite avanzar hacia modelos de desarrollo más responsables con el medio ambiente, donde los residuos dejan de ser un problema para convertirse en una oportunidad.

Referencias

1. Ministerio del Medio Ambiente. Vermicompostaje: técnica de manejo de residuos orgánicos para combatir el cambio climático [Internet]. Santiago de Chile: MMA; 2024 [citado 2026 feb 16]. Disponible en: <https://mma.gob.cl/vermicompostaje-tecnica-de-manejo-de-residuos-organicos-para-combatir-el-cambio-climatico/>
2. Kaza S, Yao L, Bhada-Tata P, Van Woerden, F. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Washington, D. C.: World Bank; 2018.
3. Nogales R. Vermicompostaje: una alternativa para el reciclado de residuos orgánicos [Internet]. Compostando Ciencia Lab. 2016 [citado 2026 feb 16]. Disponible en: <https://www.compostandociencia.com/2016/12/vermicompostaje-una-alternativa-reciclado-residuos-organicos-dr-rogelio-nogales/>
4. Atiyeh RM, Domínguez J, Subler S, Edwards CA. Changes in biochemical properties of cow manure during processing by earthworms (*Eisenia andrei*). *Biore-sour Technol.* 2000;75(2):149-156.



Los amigos invisibles: microorganismos que cuidan (y restauran) nuestros ecosistemas

MTRO. JOSÉ TRINIDAD RAZO PAREDES, MTRO. RODRIGO SALAZAR SALAZAR,
DR. JOSÉ DOMINGO RAFAEL CASTAÑEDA OLVERA, DR. JESÚS NICOLÁS BERMÚDEZ,
DR. FERNANDO GÓMEZ FLORES

Universidad Tecnológica Fidel Velázquez – División Académica de Tecnología Ambiental

Una ciudad microscópica en cada gota

Cuando miramos un río o un lago solemos describirlo por lo visible: el color del agua, la vegetación de la orilla o el olor tras la lluvia. Sin embargo, debajo de esa superficie existe un universo determinante: los microorganismos que habitan el agua, el suelo, las rocas y los sedimentos. Son tan abundantes que constituyen una fracción significativa de la vida en la Tierra y participan en la regulación del carbono y otros elementos a escala planetaria.¹

A estos seres les llamamos aquí los amigos invisibles debido a que, sin pedir reconocimiento, sostienen procesos que mantienen en funcionamiento a los ecosistemas: transforman materia orgánica, reciclan nutrientes y realizan reacciones químicas fundamentales para la vida. En microbiología ambiental, esta idea se resume así: gran parte de los ciclos del carbono, nitrógeno, azufre y oxígeno depende de reacciones catalizadas por microorganismos.²

¿Sabías que...?

En una sola cucharadita de suelo puede haber ya sea millones o miles de millones de microorganismos. Esa diversidad es una de las razones por las que los ecosistemas pueden reciclar nutrientes y recuperarse tras perturbaciones.^{1, 2}

¿Qué hacen los microorganismos por el ambiente?

De manera general, los microorganismos contribuyen a la estabilidad ambiental en tres planos complementarios:

- *Reciclaje de materia orgánica*: convierten restos vegetales y compuestos orgánicos en moléculas más simples, evitando la acumulación de desechos en el ambiente.
- *Ciclos de nutrientes*: transforman formas químicas del nitrógeno, fósforo y azufre, habilitando su disponibilidad para plantas y otros organismos.
- *Depuración natural del agua*: degradan compuestos orgánicos y transforman ciertos contaminantes, especialmente cuando se organizan como comunidades adheridas a superficies.

La mayoría de estas funciones se intensifican en particular cuando los microorganismos se organizan en comunidades. En vez de actuar de forma aislada, se adhieren a superficies y producen una matriz protectora que los mantiene unidos. Esto les permite comunicarse, repartirse tareas metabólicas y resistir cambios bruscos del entorno. Por eso, estas comunidades pueden entenderse como sistemas ecológicos a microescala: sistemas ecológicos sostenibles a pequeña escala.^{3, 4}

“Se protegen de ambientes adversos, se comunican entre sí y aumentan su resistencia.”⁵



Del fenómeno natural a una solución tecnológica: nuestro proyecto en la UTFV

En la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez, como equipo colaborativo, nos propusimos responder a un problema urgente: el incremento de contaminantes en cuerpos de agua (ríos, arroyos, lagos, lagunas y presas) asociado a actividades antropogénicas y descargas con alto contenido de materia orgánica. Además, gran número de enfoques convencionales de saneamiento pueden implicar altos costos, elevada demanda de energía e infraestructura significativa.⁵ En México, por ejemplo, en el año 2023 solo 67 % de las aguas residuales municipales fueron tratadas, lo que evidencia brechas entre cobertura e infraestructura operativa de saneamiento.¹²

Nuestra propuesta parte de una idea sencilla: si las comunidades de microorganismos realizan depuración de forma natural, entonces podemos diseñar superficies que faciliten su establecimiento y aumenten el contacto entre el agua contaminada y esas superficies ecológicamente activas. Para lograrlo, integramos comunidades microbianas con materiales mesoporosos basados en óxido de silicio (SiO_2).^{6, 7}

Los materiales mesoporosos se caracterizan por estar constituidos de una red de poros en el rango aproximado de 2 a 50 nm y, por ello, ofrecen una gran área superficial. Esta área superficial incrementa los puntos de contacto disponibles: favorece la fijación de biomasa y

acercas los contaminantes a los sitios donde pueden ser adsorbidos y transformados.^{8, 9}

¿Qué es el óxido de silicio (SiO_2) y por qué importa aquí?

El óxido de silicio (SiO_2) es un material muy común en la naturaleza: está presente en arenas y minerales. Cuando se fabrica en forma “mesoporosa”, significa que contiene una red de poros extremadamente pequeños (a escala nanométrica). Esa estructura le da una gran área superficial, como si fuera una esponja microscópica: ofrece muchos puntos de contacto donde pueden fijarse comunidades de microorganismos y donde los contaminantes pueden acercarse para ser adsorbidos y transformados.^{3, 4}

¿Qué diseñamos? Matrices, barreras e islas

El diseño desarrollado contempla tres componentes principales:

1) Matriz polimérica con SiO_2 mesoporoso

Diseñamos una matriz polimérica en la que se incorpora SiO_2 mesoporoso, funcionando como soporte y acarreador para favorecer el establecimiento de biomasa microbiana. La matriz puede elaborarse con materiales reciclables como polietileno y poliuretano de alta densidad, como se muestra en la Figura 1.

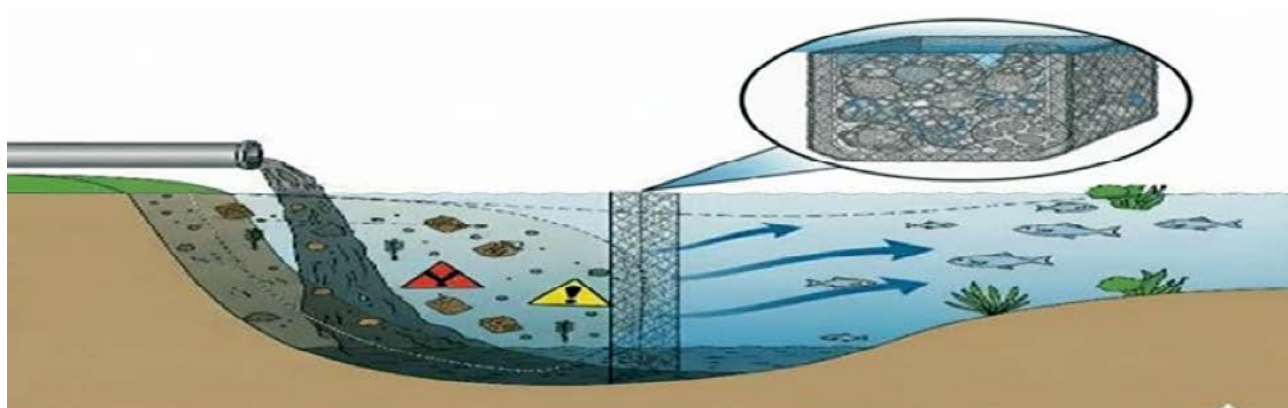


Figura 1. Esquema de la matriz polimérica con SiO_2 mesoporoso como soporte para el establecimiento de biomasa microbiana. Fuente: Elaboración propia con base en [5].



2) Barreras para ríos y afluentes

En ambientes con flujo, las matrices se colocan dentro de mallas metálicas formando una barrera que acumula unidades. Al pasar el agua, aumenta el tiempo y área de contacto con la superficie activa, promoviendo la degradación de contaminantes por contacto, como se muestra en la Figura 2.



Figura 2. Barrera en malla metálica para ríos: la acumulación de matrices incrementa el tiempo de contacto agua-superficie activa, favorece la colonización por comunidades de microorganismos y promueve la degradación de contaminantes por contacto. Fuente: Elaboración propia con base en [5].

3) Islas para lagos o lagunas

En ambientes con menor flujo, se propone una estructura tipo isla (cónica) construida con malla metálica que acumula matrices. El objetivo es mantener superficies activas de contacto donde las comunidades de microorganismos puedan establecerse y sostener procesos de transformación de contaminantes, como se muestra en la Figura 3.



Figura 3. Isla cónica para lagos/lagunas: concentra matrices y mantiene superficies activas en la zona de intercambio, facilitando colonización microbiana y procesos de transformación de contaminantes en sistemas de bajo flujo. Fuente: Elaboración propia con base en [5].

Conclusión: nuestra postura profesional

La microbiología ambiental ofrece una ruta poderosa para el saneamiento: no siempre se trata de “más maquinaria”, sino de comprender cómo funciona la naturaleza y diseñar con ella. Los microorganismos ya realizan depuración; nuestro reto es crear condiciones para que ese trabajo microscópico sea más eficiente, estable y aprovechable en escenarios reales. Por ello, proponemos las matrices con SiO_2 mesoporoso y su aplicación en barreras e islas como una alternativa nanobiotecnológica con enfoque sostenible, con potencial de bajo costo y alta eficiencia, para remover y degradar contaminantes orgánicos en cuerpos de agua. En síntesis: cuidar el ambiente también significa reconocer y potenciar a nuestros amigos invisibles.^{5, 10}

Referencias

1. Whitman WB, Coleman DC, Wiebe WJ. Prokaryotes: the unseen majority. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 1998;95(12):6578-6583. doi:10.1073/pnas.95.12.6578.
2. Falkowski PG, Fenchel T, DeLong EF. The microbial engines that drive Earth's biogeochemical cycles. *Science*. 2008;320(5879):1034-1039. doi:10.1126/science.1153213.
3. Flemming HC, Wingender J. The biofilm matrix. *Nat Rev Microbiol*. 2010;8(9):623-633. doi:10.1038/nrmicro2415.
4. Costerton JW, Stewart PS, Greenberg EP. Bacterial biofilms: a common cause of persistent infections. *Science*. 1999;284(5418):1318-1322. doi:10.1126/science.284.5418.1318.



5. Universidad Tecnológica Fidel Velázquez (UTFV). Barreras e islas de SiO_2 : propuesta nanobiotecnológica para saneamiento de cuerpos de agua. Presentación institucional (archivo PPTX). 2026.
6. Vetrivel S, Chen CT, Kao HM. The ultrafast sonochemical synthesis of mesoporous silica MCM-41. *New J Chem.* 2010;34(10):2109-2112. doi:10.1039/C0NJ00379D.
7. Carraro PM, Elías VR, García Blanco AA, Sapag MK, Eimer GA, Oliva MI. Study of hydrogen adsorption properties on MCM-41 mesoporous materials modified with nickel. *Int J Hydrogen Energy.* 2014;39(16):8749-8756.
8. Zhang L, Xing Z, Zhang H, Li Z, Wu X, Zhang X, Zhang Y, Zhou W. High thermostable ordered mesoporous SiO_2 - TiO_2 coated circulating-bed biofilm reactor for unpredictable photocatalytic and biocatalytic performance. *Appl Catal B Environ.* 2016;180:521-529. doi:10.1016/j.apcatb.2015.07.002.
9. Mangwani N, Kumari S, Das S. Bacterial biofilms and quorum sensing: fidelity in bioremediation technology. *Biotechnol Genet Eng Rev.* 2016;32(1-2):43-73. doi:10.1080/02648725.2016.1196554.
10. González-Hernández Y, *et al.* Utilización de un biorreactor con membranas sumergidas para el tratamiento de aguas residuales procedentes de un hospital oncológico. *Rev Int Contam Ambient.* 2020;36(4):945-956. doi:10.20937/rica.53855



Evaluación de la eficacia de productos químicos y extractos aplicando química verde en el control de *Phytophthora infestans*

ELOY PÉREZ VALERA,¹ JORGE ALBERTO GRANADOS OLVERA,¹ KARELIA LILIANA RANGEL RUIZ²

¹ Universidad Tecnológica Fidel Velázquez ² Universidad Politécnica de Cuautitlán Izcalli

eloy.perez@utfv.edu.mx; alberto.granados@utfv.edu.mx; kareliailiana.rr@upci.edu.mx

Resumen

Phytophthora infestans (Mont.) de Bary es uno de los principales patógenos agrícolas, responsable del tizón tardío en papa (*Solanum tuberosum*) y jitomate (*Solanum lycopersicum*). Este oomiceto ocasiona pérdidas económicas globales estimadas en miles de millones de dólares, debido a su alta capacidad de infección y rápida propagación en condiciones ambientales favorables [1].

El presente estudio comparó la eficacia de fungicidas convencionales (Mancozeb y Sultrón) y extractos vegetales de *Allium sativum* (ajo), *Origanum vulgare* (orégano) y *Azadirachta indica* (neem), aplicando principios de química verde orientados a la reducción del uso de agroquímicos sintéticos. Los resultados mostraron que el extracto acuoso de ajo presentó el mayor efecto inhibitorio frente al patógeno, con una concentración mínima inhibitoria (CMI) de 40 µg/mL. Estos resultados coinciden con estudios previos que han demostrado la actividad antifúngica de compuestos derivados del ajo contra diversos hongos fitopatógenos [2].

Palabras clave: poder patogénico, efecto inhibitorio, efecto antifúngico, extractos vegetales, química verde, jitomate.

Introducción

El jitomate es uno de los cultivos hortícolas de mayor importancia económica en México, con producción tanto en sistemas de agricultura protegida como a campo abierto. No obstante, su productividad se ve limitada por diversas enfermedades fitopatológicas, entre las cuales destaca el tizón tardío causado por *Phytophthora infestans*, un patógeno altamen-

te agresivo capaz de destruir cultivos completos en periodos relativamente cortos [1].

Este oomiceto posee una gran capacidad adaptativa y mecanismos complejos de interacción con las plantas hospedantes, los cuales involucran procesos inmunológicos como la inmunidad desencadenada por patrones (PTI) y la inmunidad desencadenada por efec-



tores (ETI) [3]. Estas interacciones permiten al patógeno evadir los sistemas de defensa de la planta y colonizar rápidamente los tejidos vegetales.

La enfermedad se desarrolla principalmente en ambientes con alta humedad relativa (mayor al 70 %) y temperaturas moderadas inferiores a 22 °C, condiciones que favorecen la germinación de esporangios y la dispersión del patógeno a través del viento, el agua o la condensación en el follaje [1].

Tradicionalmente, el control del tizón tardío se basa en el uso intensivo de fungicidas químicos; sin embargo, el uso continuo de estos compuestos puede generar resistencia en los patógenos, contaminación ambiental y efectos adversos en la salud humana [4]. Por esta razón, en los últimos años se ha incrementado el interés por el uso de compuestos naturales derivados de plantas como alternativas sostenibles dentro de estrategias de manejo integrado de enfermedades. Diversos estudios han demostrado que extractos vegetales y aceites esenciales poseen compuestos bioactivos con propiedades antifúngicas, capaces de inhibir el crecimiento de patógenos agrícolas [5, 6]. Entre estas plantas destacan el ajo (*Allium sativum*), el orégano (*Origanum vulgare*) y el neem (*Azadirachta indica*), las cuales contienen metabolitos secundarios con potencial actividad antimicrobiana.

Materiales y métodos

Se elaboraron extractos acuosos de ajo (*Allium sativum* L.), orégano (*Origanum vulgare* L.) y neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) mediante calentamiento en agua a 80 °C, seguido de un proceso de filtración para obtener soluciones homogéneas.

El patógeno *Phytophthora infestans* se cultivó en medio SDCA y luego se inoculó en un total de 64 placas Petri, las cuales fueron distribuidas conforme al diseño experimental.

Los tratamientos evaluados fueron:

- Control (sin aplicación de sustancia)
- Mancozeb
- Sultrón
- Extracto de *Azadirachta indica*
- Extracto de *Allium sativum*
- Extracto de *Origanum vulgare*

Cada tratamiento se aplicó en tres concentraciones: 20, 40 y 60 µg/mL, además de un grupo control sin tratamiento.

El experimento se estableció bajo un *diseño completamente al azar*, con cinco tratamientos activos y cuatro repeticiones por tratamiento, garantizando la distribución uniforme de las unidades experimentales y la confiabilidad de los resultados obtenidos.

Se evaluaron tres variables principales:

Velocidad de crecimiento (VC): incremento diario del diámetro de las colonias.
Porcentaje de inhibición (%I): reducción del crecimiento en comparación con el control.
Porcentaje de crecimiento (%C): proporción del crecimiento observado respecto al control.

Contextualización social y económica

El tizón tardío es una de las enfermedades más devastadoras para los cultivos de papa y jitomate en diversas regiones del mundo. En México, estados como Sinaloa, Puebla y Michoacán presentan condiciones ambientales que favorecen el desarrollo del patógeno, lo que puede ocasionar pérdidas de hasta el 100 % de la producción en temporadas con alta humedad [4]. Estas pérdidas impactan no solo a los productores agrícolas, sino también a toda la cadena de valor del sector alimentario. La disminución en la producción provoca incrementos en los costos de producción, reducción de ingresos para pequeños agricultores y posibles afectaciones en la disponibilidad de alimentos básicos. Además, el uso excesivo de fungicidas sintéticos



puede generar problemas ambientales y resistencia en los patógenos, lo que dificulta su control a largo plazo [6]. Por ello, el desarrollo de alternativas sostenibles, como el uso de extractos vegetales con propiedades antifúngicas, representa una estrategia prometedora para fortalecer la resiliencia agrícola y promover prácticas compatibles con los principios de la química verde.

Resultados

El extracto de ajo presentó los menores valores de crecimiento en todas las concentraciones evaluadas (Tabla 1).

Los datos muestran que el extracto de *Allium sativum* fue el más eficaz en la reducción del crecimiento de *Phytophthora infestans*, con diámetros de colonia significativamente menores en todas las concentraciones evaluadas. En contraste, el fungicida Mancozeb no presentó efecto inhibitorio notable, mientras que Sultrón solo redujo ligeramente el crecimiento del patógeno. Los extractos de *Origanum vulgare* y *Azadirachta indica* mostraron una actividad antifúngica moderada (Tabla 2). Estos resultados coinciden con investigaciones previas que reportan el potencial de compuestos derivados de plantas para inhibir el desarrollo de patógenos agrícolas [5, 6].

Tabla 1. Diámetro de colonias (cm) al tercer día.

Tratamiento	20 µg/mL	40 µg/mL	60 µg/mL
Control	5.0	-	-
Mancozeb	5.0	5.0	5.0
Sultrón	4.4	4.25	4.175
<i>Azadirachta indica</i> ; A. Juss. (40 µg/mL)	3.7	4.15	4.175
<i>Allium sativum</i> ; L (40 µg/mL)	3.1	3.0	3.15
<i>Origanum vulgare</i> ; L (40 µg/mL)	3.65	3.8	3.575

Fuente: Elaboración propia a partir de datos experimentales.

Tabla 2. Métricas de crecimiento e inhibición

Tratamiento	VC (mm/día)	%I	%C
Control	13.5	-	-
Mancozeb (40 µg/mL)	15.5	0	100
Sultrón (40 µg/mL)	10.88	14	86
<i>Azadirachta indica</i> ; A. Juss. (40 µg/mL)	0.25	16	84
<i>Allium sativum</i> ; L (40 µg/mL)	7.5	40	60
<i>Origanum vulgare</i> ; L (40 µg/mL)	8.8	24	76

Fuente: Elaboración propia a partir de datos experimentales.



Los resultados evidencian que el extracto de *Allium sativum* presentó la mayor capacidad inhibitoria frente a *Phytophthora infestans*, con un 40 % de inhibición y una reducción significativa en la velocidad de crecimiento. Por otro lado, el Mancozeb no mostró efecto antifúngico significativo, mientras que Sultrón y el extracto de *Azadirachta indica* presentaron inhibiciones moderadas. El extracto de *Origanum vulgare* también redujo parcialmente el crecimiento del patógeno.

En la Figura 1 se observa una reducción notable del crecimiento micelial en el tratamiento con *Allium sativum*, el cual presentó el mayor efecto antifúngico. Esta actividad se atribuye a compuestos azufrados como la alicina, el dialil disulfuro y el dialil sulfuro. Estudios previos han documentado su eficacia frente a hongos fitopatógenos como *Aspergillus* spp. y *Alternaria tenuissima*. La persistencia de su actividad en extractos acuosos resalta su potencial como alternativa viable, económica y compatible con principios de química verde.

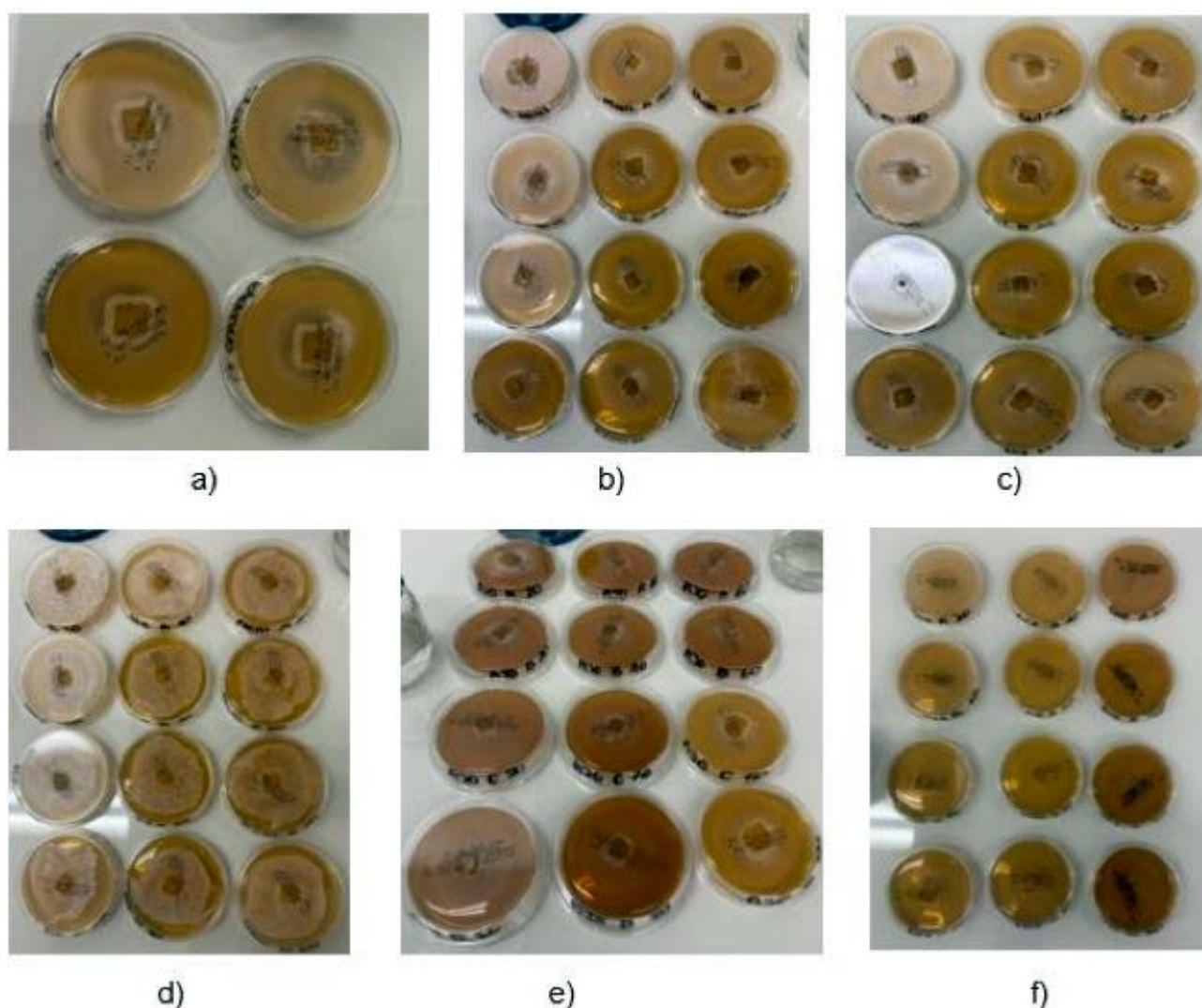


Figura 1. Crecimiento *in vitro* de *Phytophthora infestans* bajo diferentes tratamientos: a) control sin tratamiento (blanco); b) Mancozeb; c) Sultrón; d) extracto de *Azadirachta indica* A. Juss. (neem); e) extracto de *Allium sativum* L. (ajo); f) extracto de *Origanum vulgare* L. (orégano). Fuente: Elaboración propia.



Discusión

La actividad antifúngica observada en el extracto de ajo puede atribuirse a la presencia de compuestos azufrados como la *alicina*, el *dialil disulfuro* y el *dialil sulfuro*, los cuales han demostrado poseer propiedades antimicrobianas contra diversos microorganismos [2].

Estudios previos han documentado que estos compuestos pueden interferir con procesos metabólicos esenciales de los hongos, inhibiendo la síntesis de proteínas y alterando la integridad de la membrana celular. Esto explica la reducción significativa del crecimiento micelial observada en este estudio.

Asimismo, investigaciones recientes han señalado que los aceites esenciales y extractos vegetales pueden actuar como agentes de biocontrol contra enfermedades del tomate en condiciones experimentales y de invernadero [7].

Conclusiones

El extracto acuoso de ajo (*Allium sativum*) inhibe eficazmente el crecimiento de *Phytophthora infestans*, presentando una concentración mínima inhibitoria de 40 µg/mL.

Este extracto mostró mayor eficacia que los fungicidas Mancozeb y Sultrón, así como que los extractos de orégano y neem evaluados en el estudio.

Los resultados sugieren que el ajo puede representar una *alternativa ecológica viable dentro de estrategias de manejo sostenible del tizón tardío*, por lo que se recomienda realizar evaluaciones adicionales en condiciones de campo para confirmar su efectividad a escala agrícola.

Referencias

1. Ivanov AA. *Phytophthora infestans*: Overview of methods and attempts to combat late blight. Journal of Fungi. 2021;7(12):1071. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/jof7121071>
2. Muy S, Hernández M, Torres R. Actividad antifúngica in vitro del aceite esencial de ajo (*Allium sativum* L.) contra *Alternaria tenuissima*. Revista Mexicana de Fitopatología. 2018;36(1):1-10. Disponible en: <https://rmf.smf.org.mx/RevistaMexicana/articulo-hdoi.php?clave=RMF1708-3>
3. Afzal A, Kamoun S. L. Potencial antifúngico de extractos de plantas y aceites esenciales contra *Fusarium incarnatum*. Polo del Conocimiento. 2023;8(10):85-98. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9205920>
6. Neda M, Petropoulos SA, Fernandes Â. Biocidal activity of plant-derived compounds against *Phytophthora infestans*: An alternative approach for late blight management. Crop Protection. 2020;138:105315. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105315>
7. Lydia M, Karthik L, Kumar G. Essential oils as biocontrol agents against early and late blight of tomato under greenhouse conditions. International Journal of Agronomy. 2021;2021:5719091. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2021/5719091>



La oxidación química: un aliado en el tratamiento de agua residual industrial

FERNANDO GÓMEZ FLORES, RODRIGO SALAZAR SALAZAR, JOSÉ DOMINGO RAFAEL CASTAÑEDA OLVERA, JESÚS NICOLÁS BERMÚDEZ, JOSÉ TRINIDAD RAZO PAREDES

Universidad Tecnológica Fidel Velázquez – División Académica de Tecnología Ambiental

El tratamiento de aguas residuales industriales constituye uno de los principales desafíos para la ingeniería ambiental contemporánea debido a la complejidad química, toxicidad y persistencia de numerosos contaminantes orgánicos presentes en los efluentes industriales.¹ En respuesta a esta problemática, los procesos de oxidación avanzada (POA) han surgido como alternativas tecnológicas capaces de degradar compuestos refractarios mediante la generación de especies altamente oxidantes, principalmente el radical hidroxilo ($\bullet\text{OH}$).²

El crecimiento industrial ha incrementado significativamente el consumo de agua y la generación de grandes volúmenes de aguas residuales industriales (ARI), cuya composición suele ser variable y compleja.³ Estos efluentes pueden contener compuestos orgánicos persistentes, colorantes, solventes, pesticidas, fármacos y otras sustancias tóxicas que representan un riesgo considerable para los ecosistemas acuáticos y la salud humana si no reciben un tratamiento adecuado.⁴

Los sistemas convencionales de tratamiento, basados en procesos físicos, químicos y biológicos, presentan limitaciones para eliminar contaminantes de baja biodegradabilidad o elevada estabilidad química.³ En particular, los tratamientos biológicos pueden verse inhibidos por la toxicidad de ciertos compuestos industriales, lo que reduce su eficiencia y estabilidad operativa.⁵

Frente a este escenario, los POA han cobrado relevancia como tecnologías capaces de trans-

formar contaminantes complejos en compuestos más simples o incluso mineralizarlos completamente.¹ Desde el punto de vista ingenieril, estos procesos representan una herramienta estratégica para cumplir con normativas ambientales cada vez más estrictas y promover un manejo sostenible del recurso hídrico.⁶

Fundamentos de los procesos de oxidación avanzada

El principio central de los POA es la generación de radicales altamente reactivos, especialmente el radical hidroxilo ($\bullet\text{OH}$). Esta especie posee un elevado potencial de oxidación, lo que le permite reaccionar rápidamente con una amplia gama de contaminantes orgánicos. Aunque su vida media es muy corta, su alta reactividad posibilita la degradación eficiente de moléculas complejas, transformándolas en sustancias menos peligrosas o incluso en productos finales como agua y dióxido de carbono.

¿Cómo actúan estos procesos sobre los contaminantes?

Cuando el radical hidroxilo interactúa con un contaminante, provoca la ruptura de enlaces químicos, generando compuestos intermedios de menor tamaño. Estos continúan reaccionando hasta alcanzar productos finales con menor impacto ambiental. En términos generales, el proceso permite:

- Fragmentar moléculas complejas.
- Reducir la toxicidad de los compuestos.
- Alcanzar, en ciertos casos, la mineralización completa del contaminante.



¿Cómo se generan los radicales hidroxilo en el proceso Fenton?

El proceso Fenton es una de las tecnologías más estudiadas, combina peróxido de hidrógeno, sales de hierro y un medio ligeramente ácido. En estas condiciones el hierro actúa como catalizador y facilita la formación de ($\bullet\text{OH}$), lo cual oxida los contaminantes presentes en el agua.

¿Qué tan rápido funciona?

En general, la eliminación de contaminantes sigue un comportamiento sencillo: a mayor cantidad de contaminante, más rápida es su eliminación al inicio. Con el tiempo, a medida que el contaminante se reduce, la velocidad del proceso disminuye. Este comportamiento facilita el diseño de los sistemas de tratamiento y la estimación del tiempo necesario para limpiar el agua (véase Figura 1). Esta oxidación química avanzada se aplica principalmente para eliminar contaminantes de difícil degradación, ofreciendo una alternativa eficaz en efluentes industriales complejos.

¿Qué se está haciendo?

En la actualidad, la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez cuenta con el capital humano especializado y con la infraestructura necesaria en sus laboratorios para poder estudiar a profundidad el tratamiento de agua y agua residual de origen municipal y/o industrial mediante diversas técnicas de tratamiento convencional y tratamientos avanzados como el de oxidación química avanzada, con el propósito de coadyuvar en la solución del problema que representa la contaminación ambiental por agua residual, ofreciendo a quien lo solicite soluciones en función de las características particulares del agua residual que genere.

Uno de los proyectos en los que se está trabajando actualmente consiste en el diseño de un reactor de oxidación química avanzada por Foto-Fenton con el fin de dar tratamiento a agua residual de la industria de las artes gráficas, la cual contiene residuos de tintas provenientes del lavado de maquinaria y herramientas. Estas tintas tienen compuestos orgánicos

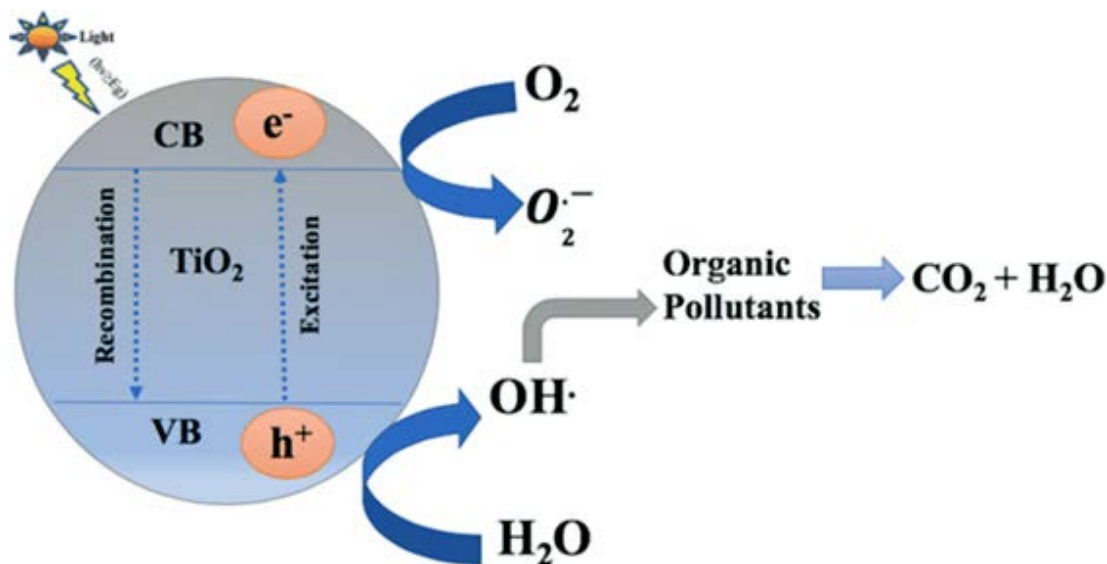


Figura 1. Mecanismo general de fotocatalisis heterogénea con TiO_2 , donde la absorción de luz ultravioleta genera pares electrón-hueco (e^-/h^+) que promueven la formación de radicales hidroxilo ($\bullet\text{OH}$) y otras especies oxidantes responsables de la degradación de contaminantes orgánicos en agua⁷.

Fuente: Adaptada de Zhang Y, Heo J, Shi F, et al. ACS Energy Lett. 2016;1(2):356–359.⁷



complejos y a menudo incluyen sustancias no biodegradables y persistentes en el medio ambiente, tales como pigmentos orgánicos e inorgánicos y metales pesados.

En resumen, la importancia de este proyecto radica en el potencial que ofrece para:

- ✓ Proteger ríos, lagos y ecosistemas.
- ✓ Evitar riesgos a la salud humana.
- ✓ Reducir contaminación persistente.
- ✓ Cumplir con la legislación ambiental.
- ✓ Permitir reutilizar el agua.
- ✓ Prevenir daños a sistemas de saneamiento.

Conclusión

Los procesos de oxidación química avanzada constituyen una de las herramientas más robustas para enfrentar la complejidad de las aguas residuales industriales modernas, aunque su implementación requiere un análisis cuidadoso de costos y condiciones operativas, su capacidad para degradar contaminantes persistentes los convierte en una alternativa clave para la ingeniería.

Consideramos que actualmente la formación de profesionales debe incorporar el estudio detallado de estos procesos, no solo como tecnologías de tratamiento, sino como parte de una visión integral orientada a la sostenibilidad, la protección del recurso hídrico y la responsabilidad ambiental.

Referencias

1. Glaze WH, Kang JW, Chapin DH. The chemistry of water treatment processes involving ozone, hydrogen peroxide and ultraviolet radiation. *Ozone Sci Eng.* 1987;9(4):335–352.
2. Pignatello JJ, Oliveros E, MacKay A. Advanced oxidation processes for organic contaminant destruction based on the Fenton reaction and related chemistry. *Crit Rev Environ Sci Technol.* 2006;36(1):1–84.
3. Metcalf & Eddy. *Wastewater engineering: treatment and resource recovery.* 5a. ed. Nueva York: McGraw-Hill; 2014.
4. Parsons S. *Advanced oxidation processes for water and wastewater treatment.* Londres: IWA; 2004.
5. Neyens E, Baeyens J. A review of classic Fenton's peroxidation as an advanced oxidation technique. *J Hazard Mater.* 2003;98(1–3):33–50.
6. Andreozzi R, Caprio V, Insola A, Marotta R. Advanced oxidation processes (AOP) for water purification and recovery. *Catal Today.* 1999;53(1):51–59.
7. Zhang Y, Heo J, Shi F, et al. Photocatalytic materials for energy and environmental applications. *ACS Energy Lett.* 2016;1(2):356–359.



Plantas superpoderosas. ¿Superhéroes y supervillanos?

PERLA RODRÍGUEZ SALINAS

Universidad Tecnológica Fidel Velázquez

perla.rodriguez@utfv.edu.mx

La existencia de seres con alguna característica “sobrenatural” que les confiere superioridad frente al resto de la población humana ha sido explotada ampliamente por la industria del entretenimiento, en la cultura pop contemporánea con los llamados superhéroes y supervillanos. Estos seres sobrenaturales son producto de la ficción. Sin embargo, si observamos un poco, podríamos descubrir que existen especies reales, producto de la evolución, con características que podrían ser consideradas como “superpoderes”, ya que les confieren superioridad frente a otras especies y les permiten sobrevivir en condiciones ambientales adversas.

Al pensar en plantas superpoderosas, tal vez piensen en especies exóticas como las plantas carnívoras o plantas consideradas mágicas, como la mandrágora de Harry Potter. Sin embargo, las que se mencionan a continuación son plantas bastante comunes que solo han evolucionado adaptándose al medio ambiente. Con el objetivo de recuperar la cubierta vegetal que ha sido sustituida por concreto y asfalto en las ciudades, he buscado especies vegetales capaces de sobrevivir en ambientes urbanos, en condiciones de sequía, contaminación atmosférica, suelos erosionados, riego con agua residual, etcétera.

Prácticamente todas las especies tienen alguna característica que pudiera ser considerada como un superpoder, por ejemplo, ¿acaso no es un superpoder controlar el clima? Pues las especies vegetales, en especial los bosques, son responsables de que llueva, por tal moti-

vo se les considera fábricas de lluvia. También controlan la temperatura y la humedad de un sitio, solo basta con permanecer unos minutos caminado sobre la carpeta asfáltica a las 12:00 de algún día de mayo en la Ciudad de México y luego llegar a descansar debajo de la sombra de algún árbol para comprobarlo. Otro ejemplo son los ecosistemas de manglar que actúan como barrera biológica contra tormentas y huracanes [1]. Las especies vegetales tienen otros superpoderes que desafortunadamente pasan desapercibidos ante nuestros ojos, peor aún es que algunas veces estos superpoderes son mal entendidos, por lo que las especies son consideradas malignas, invasoras o plagas, y se les ataca con la finalidad de destruirlas a toda costa, es decir, se convierten en supervillanos, sin pensar que algunas de estas especies vegetales pueden ayudar a solucionar la actual problemática ambiental.

Conozcamos dos de estas plantas superpoderosas

En la categoría de superhéroes, está la *siempreviva*, esta planta hasta tiene nombre de superhéroe. Este proviene de su gran capacidad para sobrevivir a las inclemencias del tiempo, es prácticamente inmortal. La siempreviva pertenece a la familia de las *Crassulaceae*, también conocidas como suculentas, una de sus principales características es que sus hojas son carnosas, de color verde y tienen forma de espátula que le permiten almacenar agua para sobrevivir cuando este recurso escasea. Durante el verano (temporada de lluvias), la siempreviva almacena agua en sus hojas; posteriormente, en la temporada de estiaje



(cuando no llueve) utiliza toda esa agua almacenada. Esta es la estrategia que utiliza para mantenerse siempre con vida.

Al reflexionar sobre este superpoder de la siempreviva, se puede decir que es muy inteligente, porque en tiempos de abundancia es capaz de prevenir y ahorrar para cuando vengan tiempos de escasez. Creo que es algo que la especie humana debería aprender respecto al uso de los recursos.

Al segundo superpoder de la siempreviva se le puede llamar “automultiplicación”. En caricaturas, películas, cómics, etc., superhéroes o supervillanos se automultiplican. En el caso de la siempreviva, este superpoder se relaciona con su capacidad de propagación mediante esquejes. ¿En qué consiste el método de esquejes? Es de conocimiento público que las plantas se reproducen mediante las semillas, sin embargo, esta no es la única forma por la cual podemos obtener individuos nuevos.

La reproducción de esquejes consiste simplemente en extraer una parte de la planta, normalmente el tallo o la rama, pero también las hojas, las raíces o algunos órganos particulares, para que, manteniéndola en las condiciones adecuadas o incluso sometiéndola a ciertos tratamientos, desarrolle las partes que le faltan y forme una nueva planta [2]. La mayoría de las especies vegetales pueden ser propagadas por esquejes, sin embargo, hay algunas que son más fáciles de propagar que otras. La siempreviva es de las más fáciles, por ejemplo, si por accidente se le rompe una rama y cae al suelo, se puede quedar por mucho tiempo tirada, sin que nadie la entierre, pero como tiene “reservas de fuerza superior”, no se muere, poco a poco va formando raíces y al cabo de un tiempo no muy largo, se convierte en una planta completa.

Además de estos superpoderes, la siempreviva es una especie “nativa” del Estado de

México, es decir, es originaria del ecosistema de bosque de pino-encino, presente originalmente en algunos de los municipios de esta entidad, la ventaja de esto radica en que las especies nativas son las mejor adaptadas a las condiciones ambientales del lugar, por lo que les será mucho más fácil sobrevivir. De acuerdo con Alvarado-García [3], el uso de especies nativas de herbáceas y arbustos como estrategia de restauración ecológica y forestal urbana permite mejorar las condiciones mecánicas, hidráulicas y ambientales del sitio y actúa como barrera viva contra la erosión.



Figura 1. Ejemplar de siempreviva de aproximadamente 30 años de antigüedad en un jardín particular. Fuente: Imagen cortesía de la autora.

Sin embargo, la razón más importante para utilizar a la siempreviva es, sin duda, que se puede obtener prácticamente de manera “gratuita”, es decir, mediante una colecta urbana. En otras palabras, es posible podar los ejemplares de siempreviva en jardines urbanos tanto particulares como públicos a fin de obtener el material necesario para realizar una plantación.



En la Figura 1 se muestra un ejemplar de siempreviva que tiene aproximadamente 30 años de edad y se encuentra en un jardín privado en la localidad de Loma del Río en el municipio de Nicolás Romero. Dicho ejemplar se utilizó como donante de material biológico cuando se realizó un proyecto de recuperación de cubierta vegetal y control de la erosión en el Campus de la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez (Figura 2).



Figura 2. Jardín de la UTFV, setos de siempreviva usados como barrera viva para evitar la erosión de suelos. Fuente: Imagen cortesía de la autora.

Gracias a estos tres superpoderes (inmortalidad, automultiplicación y potencialmente gratuita), esta especie podría ser usada para recuperar vegetación urbana (camellones, parques públicos, jardineras, patios privados, etc.) con requerimientos materiales y económicos mínimos tanto para realizar plantaciones como para su mantenimiento.

Por el bando de los supervillanos encontramos al carrizo (nombre científico: *Arundo donax*), que es considerado como una especie invasora. Desecar cuerpos de agua y desplazar especies nativas son los principales crímenes cometidos por este supervillano. Sin embargo, en mi opinión, no es posible que existan especies “buenas” y “malas”, solo hay especies mejor adaptadas que otras, especies con mejores estrategias para sobrevivir que les permiten competir y ganar; ese es el caso del *Arundo donax*.

El carrizo es una especie del grupo de las gramináceas, es un pasto, pero no un pasto cualquiera, es un pasto gigante, ya que sus tallos pueden alcanzar una altura de 9 m si encuentra las condiciones ambientales ideales. Que un árbol alcance esta altura no es motivo de sorpresa, sin embargo, pensar que una “hierba” pueda crecer tanto, sin duda es un superpoder. Se ha registrado que bajo condiciones óptimas crece hasta 5 cm por día, generando una biomasa de al menos 3.4 toneladas de peso seco por hectárea [4], casi es posible verlos crecer si te quedas observando por algún tiempo. En las películas de ficción hay plantas que invaden todo en cuestión de minutos, el carrizo no lo hace de esa manera, pero sí puede cubrir grandes extensiones de terreno en unos cuantos meses. Es por esta razón que tiene una muy mala reputación como invasora, y existen muchos esfuerzos para erradicarla de ambientes cercanos a cuerpos de agua. Esta impresionante velocidad de crecimiento la ubica como una de las especies con mayor producción de biomasa en el mundo. En otras palabras, esta especie vegetal convierte el CO₂ de la atmósfera en compuestos orgánicos (principalmente celulosa) a gran velocidad, captura este gas de efecto invernadero, lo elimina del aire y lo transforma en plantas.

Aunado a esto, una de las características más importante de los carrizos es su resistencia a cargas contaminantes elevadas, que, en el caso de nitrógeno y fósforo, incluso incrementan su crecimiento, por tal motivo resulta ideal usarlo en humedales artificiales para tratamiento de agua residual doméstica (Figura 3). Frente a la sequía, no se mueren, solo se secan sus hojas, las cuales envuelven sus tallos y actúan como protección de los mismos para evitar que se sequen, los tallos permanecen vivos esperando nuevamente la llegada del agua, también son capaces de resistir periodos largos de sequía, debido a que sus raíces tienen forma de “camote” que les permite almacenar agua y nu-



trientes, para usarlos durante los periodos de sequía. Todas estas características los hacen superresistentes, prácticamente inmortales. El superpoder de la multiplicación es incluso mayor que el de la siempreviva, puede clonarse, es más, la clonación es prácticamente su única forma de reproducción, porque solo produce semillas en algunas regiones del mundo.



Figura 3. Ejemplares de carrizo en un humedal doméstico que también tiene la función de cerca viva. Fuente: Imagen cortesía de la autora.

El carrizo tiene una forma de reproducción que consiste en “soltar hijos”. Cuando los tallos de carrizo alcanzan una altura de 4 m aproximadamente, como son muy delgados, no tienen la suficiente fuerza para permanecer completamente verticales, así que se empiezan a doblar. Por otra parte, cuando alcanzan

alrededor de dos años de edad, se puede considerar que son maduros, incluso podríamos decir que son “viejos”, la mayor parte de las hojas inferiores se han secado y solo les quedan unas pocas en la punta. En este momento les empiezan a brotar retoños a lo largo del tallo. Esos retoños tienen el potencial para convertirse en una planta completa, empiezan a desarrollar raíces, de tal forma que, si el tallo se dobla lo suficiente para que esos retoños con pequeñas raíces alcancen el suelo, pues, literalmente, ¡ya la hicieron! Otra forma es, por el clima o acción del hombre, si los tallos son cortados o tirados por el viento y lluvia cuando están en contacto con el suelo potencialmente darán origen a nuevas plantas.

Los carrizos tienen otro mecanismo de clonación. Consiste en la fragmentación de pequeños “rizomas” (raíces con forma de camote), los cuales son arrastrados por las corrientes de agua y se establecen en donde el agua los deposita. Esta estrategia es la que lo convirtió en cosmopolita, es decir que se encuentra distribuido por todo el mundo, porque esta especie, a diferencia de otras invasoras, no necesitó que la especie humana la introdujera en ambientes ajenos a su sitio de origen. La última, y tal vez la más efectiva, estrategia de clonación del carrizo es mediante rizomas, los cuales crecen de manera subterránea y dan origen a nuevos tallos de carrizos, de forma similar a como lo hace el pasto común. Este sistema de reproducción también ha contribuido a incrementar su fama de invasora y desecadora de cuerpos de agua, ya que sus raíces crecen buscando la humedad, y donde la encuentran, pues la aprovechan para crecer. Si están cercanos a una tubería de agua, sus raíces se introducen en los tubos, causando taponamientos indeseables a los cuales las personas responden de manera agresiva, tratando de erradicarlos. Las características descritas pueden ser vistas como superpoderes de supervillano, o superpoderes de superhéroe.



Todas las especies vegetales son capaces de limpiar el aire, capturando el CO_2 y liberando O_2 , pero no todas lo hacen a la supervelocidad que lo hace el carrizo, además de que no todas pueden vivir solo de agua contaminada y en suelos infértiles. Es posible usar el carrizo en las ciudades, donde es muy difícil que las plantas crezcan porque no hay suelo suficiente, tampoco hay agua limpia suficiente para regar las plantas, solo hay agua contaminada. Se podrían aprovechar todas sus características y desarrollar estrategias que nos permitan tener bajo control el crecimiento, por ejemplo, plantarlos solo en contenedores alimentados por agua residual, de tal forma que se evite la propagación descontrolada.

Referencias

1. Jiménez HG, Elías BC, Salinas SV. Huracán Otis en Acapulco Guerrero: Vulnerabilidad socioeconómica y ambiental ante los impactos del fenómeno hidrometeorológico. Ciudad de México: Ediciones Comunicación Científica. 2024.
2. Colombo A. La reproducción por esquejes. Dublín: De Vecchi. 2018.
3. Alvarado-García V, Zúñiga-Amador MA. Vegetación nativa como factor de control de erosión y restauración ecológica, San José, Costa Rica. *La Caledonia*, 2018;18(30): 39–47.
4. Flores Maldonado JJ, Navarro A, Orozco AL, Mendoza R, González Martínez AI. El carrizo gigante, especie invasora de ecosistemas riparios. *CONABIO Biodiversitas*. 2008;81:6–10.



Tizón tardío en jitomate: una enfermedad silenciosa de alto impacto agrícola

ALONDRA NEREIDA ABONCE MÉNDEZ,¹ ZAIRA VARGAS SOLANO,¹
JORGE ALBERTO GRANADOS OLVERA,¹ HUGO YURIEL VERGARA REYES²

¹ Universidad Tecnológica Fidel Velázquez, ² Universidad Politécnica de Cuautitlán Izcalli

alondra.abonce@utfv.edu.mx, zaira.vargas@utfv.edu.mx, alberto.granados@utfv.edu.mx, y8085314@gmail.com

Las enfermedades provocadas por microorganismos que afectan a las plantas constituyen uno de los principales desafíos para la producción agrícola mundial, ya que influyen directamente en el desarrollo, el rendimiento y la calidad de los cultivos. Uno de los cultivos con mayor importancia económica y nutricional es el jitomate (*Solanum lycopersicum* L.), una de las hortalizas más cultivadas, consumidas y comercializadas en el mundo. Su relevancia se debe tanto a su valor nutricional y versatilidad en la dieta humana como a su impacto económico, especialmente en países en desarrollo.

El objetivo de este trabajo es analizar los mecanismos de infección y dispersión del tizón tardío en el cultivo de jitomate, así como destacar su impacto en la producción y la importancia de implementar estrategias integrales de manejo que permitan reducir sus efectos negativos en la agricultura nacional.

En México el cultivo de jitomate ocupa un lugar estratégico dentro del sector agrícola, ya que representa una de las hortalizas con mayor participación en el mercado interno y una importante

fuerza de divisas por exportación. Sin embargo, este crecimiento productivo enfrenta diversas limitantes, entre ellas las enfermedades de origen microbiano, que continúan siendo uno de los principales factores que reducen la productividad y calidad del cultivo, tanto en sistemas a cielo abierto como en agricultura protegida [1].

Aunque en México no existen cifras oficiales sobre las toneladas de hortalizas perdidas por esta enfermedad, se sabe que a nivel global las pérdidas económicas y de producción son enormes, representando miles de millones de dólares y pérdidas de producción significativas en cultivos gran relevancia económica y nutricional [2].

Entre los fitopatógenos que afectan al jitomate, los hongos y oomicetos destacan por su alta frecuencia y agresividad. El tizón tardío, causado por *Phytophthora infestans*, es una de las enfermedades más devastadoras, ya que infecta hojas, tallos y frutos, provocando pudriciones severas y, en casos extremos, la muerte total de la planta, como se muestra en la Figura 1 [3, 4].



Figura 1. Infección en planta de jitomate. Fuente: Elaboración propia.



El *Phytophthora infestans* se propaga con gran facilidad cuando existen condiciones de alta humedad y temperaturas moderadas, pudiendo destruir completamente una planta en un periodo de siete a diez días si no se aplican medidas de control oportunas. El patógeno se dispersa a través de estructuras llamadas esporangios, que pueden transportarse fácilmente por el viento y la lluvia, lo que permite reiniciar rápidamente el ciclo de infección en el cultivo, como se observa en la Figura 2 [5].

El tizón tardío continúa siendo una de las principales amenazas para la producción sostenible de jitomate debido a su elevada agresividad, rápida dispersión y capacidad de persistencia en el ambiente. Resulta fundamental fomentar la investigación aplicada, el monitoreo oportuno y la capacitación continua de los productores como pilares para enfrentar esta problemática. Asimismo, el desarrollo y adopción de estrategias de manejo más sostenibles e innovadoras será clave



Figura 2. Ciclo de vida de *Phytophthora infestans* en jitomate. Fuente: Elaboración propia con IA.

Tabla 1. Síntomas del tizón tardío en jitomate

Síntomas iniciales	Síntomas avanzados
Pequeñas manchas irregulares en hojas	Manchas extensas de color marrón oscuro o negruzco
Lesiones de apariencia acuosa	Bordes cloróticos y aspecto húmedo
Difícil detección visual inicial	Pudrición de tallos y frutos
Ligero cambio de coloración en el follaje	Colapso total de la planta



para reducir la dependencia de agroquímicos convencionales, fortalecer la resiliencia de los sistemas productivos y garantizar la seguridad alimentaria y económica asociada a este cultivo estratégico.

Ante estos desafíos, el principal reto radica en desarrollar alternativas sostenibles que permitan reducir o sustituir el uso de agroquímicos sintéticos, sin comprometer la eficacia en el control de este fitopatógeno. En este contexto, la División Académica de Tecnología Ambiental de la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez desarrolla una línea de investigación centrada en el uso de la nanobiotecnología para el combate de *P. infestans* y mitigar tanto las pérdidas productivas como los efectos ambientales asociados al control del tizón tardío.

Referencias

1. Panthee DR, Chen F. Epidemiology and management of tomato diseases caused by fungal and oomycete pathogens. *Plant Pathol.* 2024;73(1):15–32.
2. Zamora Vargas DD. Manejo integrado de *Phytophthora infestans* en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) en Ecuador [tesis de licenciatura]. Babahoyo: UTB; 2023.
3. Fry WE. *Phytophthora infestans*: the plant (and R gene) destroyer. *Mol Plant Pathol.* 2008;9(3):385–402.
4. Nowicki M, Foolad MR, Nowakowska M, Kozik EU. Potato and tomato late blight caused by *Phytophthora infestans*: an overview of pathology and resistance breeding. *Plant Dis.* 2012;96(1):4–17.
5. Agrios GN. *Plant pathology*. 5a. ed. Burlington (MA): Elsevier Academic Press; 2005.



Made in Abyss. Cuando la ciencia cambia la bata por el casco

ALFREDO RICARDO PÉREZ FERNÁNDEZ

Profesor de Tecnología Ambiental en la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez y Miembro de la Asociación de Excursionismo y Montañismo del Instituto Politécnico Nacional

alfredo.perez@utfv.edu.mx

La ciencia no siempre ocurre en laboratorios blancos ni se escribe con una bata puesta. En México, parte del conocimiento se construye bajo tierra, con casco, lámpara, baterías, cuerdas y mosquetones mediante una disciplina llamada espeleología. Dicha disciplina no es turismo ni deporte extremo. Es como reza el lema de nuestra escuela: “ciencia y deporte bajo Tierra”, practicada en uno de los ambientes más frágiles, menos comprendidos e inhóspitos del planeta (Fernández y Ruiz, 2024). Explorar cuevas hoy es repetir un gesto antiguo del espíritu humano. Cada descenso a la oscuridad tiene algo de las travesías oceánicas de Fernando de Magallanes, del arroyo vikingo hacia tierras desconocidas, de la marcha silenciosa de Roald Amundsen sobre el hielo polar o del salto de la humanidad hacia el espacio. Explorar es dialogar con el miedo. Es aceptar que lo desconocido no desaparece ignorándolo. Las cuevas son nuestros mares interiores, nuestros polos subterráneos: territorios que no se revelan desde la superficie y que exigen técnica, disciplina y carácter.

Desde la prehistoria, las cavernas fueron más que refugios. Se asociaron con el vientre de la Tierra, con puertas al inframundo, con espacios de transformación. La oscuridad absoluta y el silencio profundo reforzaron la idea de que ahí habitaban fuerzas invisibles. Hoy sabemos que no son puertas míticas, pero sí portales al tiempo profundo cuya exploración sistemática comenzó relativamente tarde. A finales del siglo XIX, el francés Édouard-Alfred Martel convirtió la curiosidad en método: incorporó mediciones, cartografía, observaciones geológicas

e hidrológicas. En 1895 fundó la Société de Spéléologie, considerada la primera organización formal dedicada a esta disciplina.



Figura 1. Equipo empleado en espeleología. Fotografía: cortesía de Alfredo Pérez Fernández

En pocas décadas la espeleología pasó de emplear equipo adaptado del alpinismo, a contar con materiales y sistemas diseñados específicamente para progresión vertical subterránea. Muchas empresas impulsaron esta transformación mediante investigación aplicada en resistencia de materiales, ergonomía y dinámica de cargas. El desarrollo de arneses de suspensión prolongada, descensores autofrenantes, bloqueadores de alta eficiencia y cascos con iluminación integrada (véase Figura 1) responde a ensayos mecánicos, modelación de esfuerzos y protocolos de certificación internacionales.



En ambientes hipogeos, donde la humedad, la abrasión y la caída de rocas son constantes, una falla no es un accidente menor sino potencialmente letal; por ello, los procesos de diseño incorporan factores de seguridad elevados, pruebas destructivas sistemáticas y trazabilidad total de componentes. La excelencia técnica no es mercadotecnia: es condición indispensable para la supervivencia en entornos donde el error humano y la fatiga del material no admiten margen.

Con el desarrollo de equipo especializado, las cuevas dejaron de ser únicamente misterio para convertirse en archivo. En sus formaciones —los espeleotemas— se conservan registros químicos que narran miles de años de cambios climáticos (Fairchild y Baker, 2012). En sus sedimentos se encuentran fósiles que hablan de megafaunas extinguidas. En sus ecosistemas sobreviven organismos adaptados a la oscuridad total, donde la energía es escasa y el tiempo parece suspendido.

En México, esta historia tiene un capítulo particular. En 1939, los refugiados españoles Cándido Luis Bolívar y Federico Bonet, integrados a la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, iniciaron exploraciones sistemáticas en cavernas de Guerrero. Décadas después, Jorge de Urquijo Tovar estructuró los primeros cursos formales, y en 1981 se consolidó su enseñanza. Sin embargo, la espeleología mexicana es una disciplina joven, en plena evolución, con pocos grupos activos frente a la vastedad del territorio y, como todo proceso geológico, su avance ha sido gradual; no obstante, el país posee un enorme potencial subterráneo que demanda más investigadores, técnicos y entusiastas dispuestos a explorar, documentar y conservar este mundo.

Se estima que cerca del 20 % del territorio nacional presenta condiciones favorables para la formación de cuevas debido a la abundancia de

calizas y dolomías. Aun así, menos del 10 % de las cavidades conocidas han sido exploradas en detalle, lo que revela un vasto territorio científicamente prometedor, todavía en gran medida inédito (Rojo, 2005). Por ejemplo, la península de Yucatán alberga sistemas como Sac Actun y Ox Bel Ha, las cuevas inundadas más extensas del planeta: ríos subterráneos que conservan registros climáticos y vestigios de ocupación humana antigua (Coke, 2019). En San Luis Potosí, el Sótano de las Golondrinas desciende 512 metros en vertical, revelando la dimensión abismal del karst mexicano. En Chihuahua, la Cueva de los Cristales de Naica mostró al mundo formaciones minerales únicas, gigantes de yeso que crecieron en condiciones termales irrepetibles (García-Ruiz et al., 2007). En la Sierra Juárez de Oaxaca, el Sistema Cheve representa la frontera de la exploración profunda. Durante más de dos décadas, equipos internacionales han descendido por este sistema cuya profundidad supera el kilómetro y continúa en exploración. Entre ellos, el ingeniero y explorador Bill Stone ha utilizado Cheve como laboratorio natural a fin de probar tecnologías diseñadas para la búsqueda de vida extraterrestre (Wei-Haas, 2022). La lógica es contundente: si la vida puede persistir en cuevas profundas, pobres en nutrientes y energía, también podría hacerlo en Marte o en lunas heladas de otros planetas. La frontera entre espeleología e ingeniería espacial ya no es imaginaria. El futuro no solo está hacia arriba. También está hacia abajo, hacia lo profundo.

Pero esta exploración hacia el inframundo no inicia con un GPS, con un dron ni con un paper indexado, sino que lo hace de la manera más sencilla... con una historia. Comienza con alguien que hace un comentario: “Dicen que por ese cerro hay una cueva...”.

Tal vez fue un campesino que sintió aire frío salir de la roca al amanecer. Tal vez un abuelo que habló de un túnel donde el eco responde distinto, quizás una nota perdida en un periód-



co local. Así nacen las expediciones: del rumor al método, de la leyenda a la hipótesis. Porque explorar no es improvisar. Es verificar. Revisamos archivos, entrevistamos a la gente mayor del lugar, analizamos mapas geológicos, identificamos formaciones calizas, fallas, fracturas, antiguos cauces. Donde hubo agua circulando durante millones de años, puede haber una cueva esperando. Aquí empieza la ciencia. Pero no la de laboratorio con bata blanca y aire acondicionado. Es la ciencia que camina, que pregunta, que escucha. Confirmada la posibilidad, viene la parte más humana del proceso: pedir permiso. Hablar con los dueños del terreno. Explicar a las autoridades qué es la espeleología. Responder la pregunta inevitable:

—¿Y para qué quieren meterse ahí?

Porque en la conciencia colectiva, la cueva no es un objeto de estudio; es el inframundo. Es peligro. Es lo desconocido. Hay un miedo ancestral que todavía habita en nosotros. Y convencer no siempre es posible. Muchas veces no se obtiene autorización, y cuando eso ocurre, se respeta. La ética está antes que la aventura. Además, no olvidemos la realidad: muchas cuevas están en regiones remotas, de difícil acceso, donde la logística es compleja y la seguridad no siempre está garantizada. Explorar implica también evaluar riesgos con responsabilidad.

Cuando el permiso llega y la región es segura, la expedición se transforma en comunidad. Entonces se compra comida local, se contratan guías, se agradece la confianza. Quienes viven ahí conocen mejor que nadie el territorio: saben dónde el terreno cambia de sonido bajo las botas, dónde el agua desaparece en temporada seca, dónde la montaña “respira”. La exploración no puede ser unilateral ni ajena al contexto que la sostiene; debe construirse desde el respeto, la colaboración y el reconocimiento mutuo, entendiendo que el conocimiento verdadero se teje junto con quienes habitan las inmediaciones de la cueva y no al

margen de ellos. Y entonces, finalmente, se llega al umbral. Antes de entrar a una caverna, hago algo sencillo: le pido permiso. No a una entidad mística necesariamente, sino al lugar mismo. Es un acto de conciencia. Vamos a penetrar un espacio que se formó millones de años antes de que existiera cualquier país, cualquier ciudad, cualquier universidad. Se evalúa el entorno inmediato: estabilidad de la roca, posible caída de fragmentos, flujo de agua, calidad del aire. Se instalan y anclan las cuerdas en puntos seguros; cada nudo se revisa dos veces.



Figura 2. Configuración de equipo según escuela francesa de espeleología. Fotografía: cortesía de Alfredo Pérez Fernández

En la Figura 2, puede observarse: el arnés, el descensor, bloqueadores de pecho y mano, cabos de anclaje, mosquetones, casco con iluminación redundante y cuerdas estáticas de alta resistencia que son el equipamiento estándar derivado de la escuela francesa de espeleología —técnica predominante en México por su eficiencia y confiabilidad—. Es un sistema depurado por décadas de práctica y ensayo técnico, diseñado para maximizar control, reducir desgaste físico y mantener márgenes de seguridad amplios en entornos donde cada maniobra debe ser predecible y verificable.



Todo pasa por una última inspección cruzada. No hay prisa. La seguridad no es un trámite, es una disciplina. Solo entonces, cuando todo está verificado, inicia el ingreso. Encendemos las lámparas. Y el mundo cambia. Apenas unos metros dentro, la temperatura y la humedad se estabilizan. Desaparecen el ruido, los insectos, el viento y el cielo, desde luego no hay internet. Solo oscuridad total, tan absoluta que, si apagas la luz, desapareces. No ves tu mano frente al rostro. No ves el tiempo, pero lo sientes avanzar en cada metro recorrido.

Avanzamos metro a metro. Cada galería es el resultado de agua fluyendo con una paciencia que ningún ser humano posee. Gota a gota, durante millones de años, disolviendo la roca, ampliando fracturas microscópicas hasta convertirlas en pasajes transitables. La cueva es una escultura del tiempo. Y aquí ocurre algo transformador. La escala humana se rompe. Una vida completa —estudiar, trabajar, enamorarse, formar una familia— es, en términos geológicos, casi nada. El surgimiento y caída de una civilización entera apenas equivaldría a unos centímetros de disolución en una pared calcárea. En la cueva entiendes que el tiempo profundo no es una metáfora académica, sino que es tangible en la estratificación mineral y en las tasas de crecimiento milimétrico anual.

Como en toda exploración prolongada, llega el momento de acampar. Pero hacerlo dentro de una cueva no es simplemente instalar una tienda: es una experiencia física y geológica. Se duerme suspendido o recostado sobre roca cuya edad se mide en millones de años, superficies que comenzaron a formarse cuando continentes enteros tenían otra configuración y cuya historia quedó escrita en capas minerales, en vetas, en cristales. Dormir en ese entorno es descansar dentro de un archivo natural que ha presenciado extinciones masivas, levantamientos tectónicos y transiciones climáticas. No es solo pernoctar: es habitar, por unas horas, la memoria profunda de la Tierra.

Recuerdo una vez, a más de trescientos metros bajo tierra y a más de un día de camino para salir a la superficie, el eco dejó de regresar. Habíamos avanzado por una galería estrecha y, de pronto, el silencio se volvió distinto, más denso. Apagué la lámpara por un segundo para ajustar la batería... y desaparecí. No veía mi mano, no veía a mis compañeros, no veía nada. Solo escuchaba mi respiración amplificada dentro del casco. Fue un instante mínimo, pero suficiente para que el miedo ancestral despertara: ahí abajo sin cielo ni horizonte, no hay salida evidente. Y, sin embargo, en lugar de retroceder, encendimos de nuevo las luces, revisamos el equipo, analizamos la ruta y seguimos avanzando. Porque el miedo no cancela la curiosidad; la afina. En esa oscuridad absoluta entendí que el impulso humano no es evitar lo desconocido, sino iluminarlo. Así es la ciencia: no promete certezas absolutas, sino claridad progresiva. No niega la complejidad del mundo, pero la enfrenta con método, comunidad académica y responsabilidad ética. Como en la caverna profunda, no avanzamos porque todo esté resuelto, sino porque contamos con instrumentos, protocolos y un marco teórico que nos permiten movernos con prudencia en medio de la incertidumbre. Y en esa tarea, cada artículo científico publicado es una lámpara encendida que ensancha, aunque sea unos metros más, el territorio del conocimiento humano.

Explorar sistemas subterráneos complejos es aprender a pensar en términos de interdependencia. Una cueva no es un vacío aislado: es en realidad un nodo dentro de una red hidrológica, química y biológica que se enlaza con la superficie, con los acuíferos que abastecen ciudades, con los bosques que regulan la infiltración y con los ciclos climáticos que modelan el planeta (Goldscheider, 2019). Comprender estos entramados exige abandonar la mirada fragmentada. El goteo que esculpe una estalactita responde a lluvias ocurridas meses, años y hasta siglos atrás; el pulso de



un sifón refleja la recarga regional; la química del agua guarda la memoria geoquímica de toda una cuenca.

La exploración, entonces, es más que aventura y cartografía: es una herramienta para descifrar sistemas cuya comprensión resulta crucial para la gestión del agua, la conservación y la adaptación al cambio climático. Descender es entender. Y en un siglo marcado por crisis hídricas y transformaciones climáticas aceleradas, entender estos sistemas es esencial para anticipar el futuro ambiental del planeta. Es divulgación y ciencia viva. No descendemos por adrenalina, sino por conocimiento, para estudiar procesos geomorfológicos, hidrológicos y biogeoquímicos; para analizar espeleotemas que registran paleoclimas; para mapear redes que influyen en acuíferos; para documentar biodiversidad adaptada a la oscuridad absoluta. También es una responsabilidad ética: para quienes nos dedicamos a las ciencias ambientales, explorar estos entornos no es una extravagancia técnica, sino una obligación profesional. No podemos aspirar a comprender integralmente la Tierra si ignoramos lo que ocurre bajo su superficie.

La espeleología explora un inframundo real, no mitológico. Es ciencia sin bata, pero con casco, arnés y cuerda. Es geología que se toca, hidrología que se escucha, tiempo que se recorre paso a paso. Y cuando se regresa a la superficie, tras horas o días bajo tierra, algo se transforma. No porque se haya conquistado nada —las cuevas no se conquistan— sino porque se comprende la escala verdadera del planeta y, en ella, la nuestra. Explorar una cueva no es descender al vacío: es entrar en la historia profunda de la Tierra.

Para cualquier mente inquieta —ingenieros, biólogos, geólogos, programadores, comunicadores— el mundo subterráneo es un punto de encuentro donde convergen ciencia, técnica y espíritu explorador. Exige rigor, trabajo

en equipo y la humildad de reconocer que la Tierra es más antigua, más compleja e interdependiente de lo que solemos imaginar. Porque la ciencia no nace en la comodidad de la certeza, sino en el valor de encender una luz donde nadie antes había mirado. Y allá abajo, en el silencio absoluto de la roca, comprendemos que cada lámpara encendida —cada medición, cada mapa, cada artículo publicado— no solo ilumina un pasaje subterráneo: amplía los límites del conocimiento humano y nos permite tomar decisiones más responsables sobre el futuro ambiental que compartimos.

Referencias

- Coke, J. G. (2019). Underwater caves of the Yucatan peninsula. En *Encyclopedia of caves* (pp. 1089-1095). Academic Press.
- Fairchild, I. J., y Baker, A. (2012). *Speleothem science: from process to past environments*. John Wiley & Sons.
- Fernández, T. P., y Ruiz, A. P. (2024). La importancia documental en las investigaciones subterráneas. 45 años de exploraciones espeleológicas Grupo de Espeleología de Villacarrillo (GEV). En *V Congreso virtual Archivos, Historia y Patrimonio Documental* (pp. 317-334). Asociación de Amigos del Archivo Histórico Diocesano de Jaén.
- García-Ruiz, J. M., Villasuso, R., Ayora, C., Canals, A., y Otálora, F. (2007). Formation of natural gypsum megacrystals in Naica, Mexico. *Geology*, 35(4), 327-330.
- Goldscheider, N. (2019). A holistic approach to groundwater protection and ecosystem services in karst terrains. *Carbonates and Evaporites*, 34(4), 1241-1249.
- Wei-Haas, M. (2022). Going Ever Deeper: For decades, highly skilled cavers have come to Mexico to explore a labyrinth within a mountain: Cheve, which may (or may not) be the deepest cave on earth. *National Geographic*, 241(6), 28-30.
- Rojo, R. (2005). Las cuevas de México. *CONABIO. Biodiversitas*, 62, 8-11.



Defensa invisible en la agricultura: biofungicida de nanopartículas de plata para prevenir y tratar enfermedades

JORGE ALBERTO GRANADOS OLVERA,¹ HUGO YURIEL VERGARA REYES,²
ELOY PÉREZ VALERA,¹ ALONDRA NEREIDA ABONCE MÉNDEZ¹

¹ Universidad Tecnológica Fidel Velázquez, ² Universidad Politécnica de Cuautitlán Izcalli

alberto.granados@utfv.edu.mx, 122202049@upci.edu.mx, eloy.perez@utfv.edu.mx, alondra.abonce@utfv.edu.mx

La agricultura en México constituye una actividad esencial para la economía nacional, sustentando la producción de cultivos básicos como el maíz (*Zea mays*), jitomate (*Solanum lycopersicum*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y diversas hortalizas. Sin embargo, este sector enfrenta desafíos constantes derivados de plagas y enfermedades fitopatógenas que afectan el desarrollo, el rendimiento y la calidad de los productos. Entre los agentes más relevantes se encuentran los hongos fitopatógenos, responsables de enfermedades como pudriciones de raíz y tallo, roya, tizones y marchiteces vasculares, que impactan negativamente la productividad y competitividad del sector agroalimentario. Tradicionalmente, el control de estas enfermedades ha dependido de la aplicación de fungicidas químicos convencionales [1]. No obstante, su uso continuo ha generado problemas como la aparición de cepas resistentes (Figura 1), la acumulación de residuos tóxicos en el ambiente y riesgos potenciales para la salud humana y la biodiversidad. Ante estas limitaciones, ha surgido un creciente interés en el desarrollo de alternativas naturales, más efectivas y ambientalmente sostenibles.

En este contexto, la nanotecnología y la biotecnología ofrecen soluciones prometedoras [2]. En particular, las nanopartículas de plata (AgNP) han sido ampliamente estudiadas por sus propiedades antimicrobianas (Figura 2). Su tamaño nanométrico y elevada relación superficie-volumen les permite adherirse a las



Figura 1. Tizón tardío en cultivos de jitomate. Fuente: Elaboración propia

células fúngicas, alterar la permeabilidad de sus membranas e inducir estrés oxidativo, lo que inhibe el crecimiento del micelio y la formación de esporas, interrumpiendo así el ciclo de vida del patógeno [3].



Figura 2. Muestras de nanopartículas de plata (AgNP). Fuente: Elaboración propia



Diversos estudios han demostrado que las AgNP sintetizadas mediante métodos verdes inhiben el crecimiento de hongos fitopatógenos de relevancia agrícola, como *Fusarium solani* [4], *Rhizopus stolonifer* [5] y *Alternaria alternata* [6], asociados con enfermedades en cultivos hortícolas y de grano. Asimismo, se ha documentado que las AgNP recubiertas con quitosano son eficaces en el control de la marchitez vascular causada por *Fusarium oxysporum* [7], reduciendo significativamente los síntomas y previniendo el desarrollo de la enfermedad.

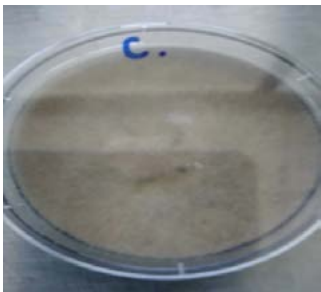


Figura 3. *Rhizopus stolonifer* en medio Agar Dextrosa Peptona de Caseína. Fuente: Elaboración propia

La síntesis biológica de nanopartículas, utilizando extractos de plantas o microorganismos, no solo disminuye el uso de agentes

químicos [8], sino que también contribuye al saneamiento de ambientes contaminados [9]. Esto posiciona a las AgNP como una alternativa ecológica, amigable y sostenible para la agricultura moderna. La comparación entre fungicidas convencionales y AgNP se muestra en la Tabla 1.

La evidencia científica respalda que las nanopartículas de plata representan una alternativa sólida, eficiente y ambientalmente responsable frente a los fungicidas químicos convencionales. Su mecanismo de acción, basado en la interacción directa con las células fúngicas y la inducción de estrés oxidativo, dificulta la generación de resistencia y permite un control más efectivo de los patógenos [1–9]. La incorporación de la síntesis verde fortalece aún más su potencial, al reducir la carga de residuos químicos en suelos y alimentos, promoviendo prácticas agrícolas sostenibles. De esta manera, los biofungicidas basados en AgNP podrían convertirse en una herramienta clave para mejorar el control de enfermedades fúngicas en la agricultura mexicana, alineándose con las tendencias globales hacia una producción más limpia y sostenible.

Tabla 1. Comparación de fungicidas químicos convencionales y nanopartículas de plata (AgNP)

Criterio	Fungicidas químicos convencionales	Nanopartículas de plata (AgNP)
Eficacia	Funciona a dosis elevada	Funciona a dosis mínima
Mecanismo de acción	Actúa sobre rutas bioquímicas específicas	Daña a las membranas: causa estrés oxidativo
Espectro de acción	Específico	Amplio
Resistencia	Alta	Baja
Impacto ambiental	Alto, frecuentemente generando residuos	Bajo (síntesis verde)



Referencias

1. Kim SW, Jung JH, Lamsal K, et al. Antifungal effects of silver nanoparticles against various plant pathogenic fungi. *Mycobiology*. 2012;40(1):53–58.
2. Moreno-Vargas JM, Echeverry-Cardona LM, Moreno-Montoya LE, Restrepo-Parra E. Evaluation of antifungal activity of Ag nanoparticles synthesized by green chemistry against *Fusarium solani* and *Rhizopus stolonifer*. *Nanomaterials*. 2023;13(3):548.
3. Matras E, Gorczyca A, Przemieniecki SW, et al. Surface properties-dependent antifungal activity of silver nanoparticles. *Sci Rep*. 2022;12:18046.
4. Mikhailova EO, et al. Antifungal effect of engineered silver nanoparticles on phytopathogenic and toxigenic *Fusarium* spp. and their impact on mycotoxin accumulation. *Int J Food Microbiol*. 2019;306:108259.
5. Qureshi AK, Farooq U, Shakeel Q, et al. Green synthesis of silver nanoparticles from *Avena fatua* extract: antifungal activity against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Pathogens*. 2023;12(10):1247.
6. Chen J, et al. Antifungal mechanism of nanosilver biosynthesized with *Trichoderma longibrachiatum* and its potential to control muskmelon *Fusarium* wilt. *Sci Rep*. 2024.
7. Ahmad A, et al. Unveiling the antibacterial and antifungal potential of biosynthesized silver nanoparticles from *Chromolaena odorata* leaves. *Sci Rep*. 2024;14:7513.
8. Khan I, et al. Green-fabricated silver nanoparticles from *Quercus incana* leaf extract to control early blight of tomatoes caused by *Alternaria solani*. *BMC Plant Biol*. 2024.
9. Encinas-Basurto DA, Álvarez-Carvajal F, Armenta-Calderón A, et al. Silver nanoparticles coated with chitosan against *Fusarium oxysporum* in tomato seedlings. *Biotechnia*. 2020;22(3):73–80.

Salud y Bienestar

Incorporar esta sección en una revista enfocada más hacia la ingeniería como lo es *+CienciaA* resulta importante, debido a que demuestra cómo esta puede contribuir a mejorar la calidad de vida de las personas. Actualmente, los desafíos relacionados con la salud tanto física como mental y emocional requieren soluciones multidisciplinarias en las que convergen la tecnología, la medicina, la ingeniería biomédica y hasta la psicología. Los artículos presentados en esta sección evidencian que la ingeniería no se limita únicamente a procesos industriales, sino que también participa en la creación de metodologías y aplicaciones orientadas al bienestar humano. Temas como el manejo del estrés, la salud mental, la resiliencia académica y el desarrollo de tecnologías para el cuidado de la piel diabética reflejan cómo el conocimiento ingenieril puede integrarse para atender necesidades de la sociedad.





Ansiedad bajo la lupa: ciencia y acción para el bienestar integral en la UT Fidel Velázquez

MARÍA GUADALUPE HERNÁNDEZ-CRUZ, RUTH MARCELA ROMERO-ROJAS,
GABRIELA CHÁVEZ-CONTRERAS

Universidad Tecnológica Fidel Velázquez

mguadalupe.cruz@utfv.edu.mx, ruth.romero@utfv.edu.mx, gabriela.chavez@utfv.edu.mx

Después del confinamiento por la pandemia de COVID-19, y a poco menos de que se cumplan seis años desde entonces, quienes nos encontramos en las aulas universitarias hemos presenciado el desarrollo y manifestación de cuadros compatibles con ataques de pánico. Se inició un interés investigativo con el fin de tratar de identificar la causa de tales comportamientos. ¿Qué niveles de ansiedad y depresión hay en el alumnado y cómo afecta su desempeño académico?

Entonces, se realizó una investigación para medir los niveles de ansiedad y depresión en el alumnado de la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez (UTFV), usando las pruebas psicométricas IDARE (Inventario de Ansiedad Estado-Rasgo) y Beck (Inventario de Depresión de Beck) para tales fines. Se calificaron de acuerdo con sus propios manuales, y de la muestra probabilística de 1026 alumnos, las calificaciones obtenidas se analizaron con estadística descriptiva; se encontró que el 57.5 % presentó depresión mínima, 21.5 % depresión leve, 15.5 % moderada y 5 % severa. En los indicadores de ansiedad estado 37 % calificó como alta, 58 % moderada y 2.5 % baja; respecto al indicador ansiedad rasgo 55.5 % tuvo nivel alto, 43.2 % moderada y 1 % baja. Los resultados se muestran por encima de los indicadores estadísticos nacionales para estos dos trastornos, por lo que puede ser un indicador de la desbordada condición psicoemocional postpandemia. Con base en

los hallazgos de Hernández et al.: “No existe un indicador que haya sido explícitamente medido sobre el número de bajas escolares que estuvieron relacionadas a esta condición directa o indirectamente durante dicho periodo, pero algunos alumnos manifestaban dicha causa” [1].

Posteriormente, para los años 2024-2025, Hernández et al. [2] realizaron un estudio de medición comparativo entre la UTFV y la Universidad Tecnológica de Tecámac (UTTEC) (ambas universidades pertenecientes a la Dirección General de Universidades Tecnológicas y Politécnicas (DGUTyP), pero en dicho estudio, además del alumnado, se consideró obtener una muestra de la plantilla docente. Así, se contó con una muestra probabilística de 5403 estudiantes, de los cuales 3585 pertenecían a la UTTEC, representando 69 % del total de la matrícula del cuatrimestre enero-abril 2025, mientras que de la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez la muestra se integró con 1818 estudiantes, el 28 % de la matrícula del cuatrimestre septiembre-diciembre 2024. Los resultados del análisis descriptivo arrojaron que el 24.53 % de la muestra presentó depresión moderada y 11.2 % depresión severa. Mientras que la evaluación de ansiedad-estado fue: 1.15 % baja, 46.09 % moderada y 52.69 % alta. En ansiedad rasgo: baja 1.15 %, moderada 46.14 %, alta 51.1 %; situación que llama la atención, ya que estos factores inciden en el desarrollo académico del universitario y que



es necesario atender, pues no es exclusivo de las universidades del Subsistema Tecnológico al que pertenecen las instituciones de educación superior (IES) de referencia, sino de la mayoría de las escuelas de nivel superior. Tan sólo en octubre del año 2023, la directora de la Facultad de Psicología de la UNAM indicó que antes de la pandemia estudiantes de nivel licenciatura de esta universidad mostraban que la depresión entre mujeres y hombres era del 19.37 y 15 %, respectivamente. Después de la pandemia, estos porcentajes subieron a 23.5 y 37.1 %, respectivamente, de acuerdo con Delgado [3]. Sin embargo, ahora con tantos datos y mediciones se marcaba la disyuntiva sobre la ruta de acción, especialmente ante los recursos reducidos que tienen las instituciones educativas para atender al alumnado y al personal en materia de salud mental.

Por lo tanto, los esfuerzos de investigación se centraron en diseñar una intervención para atender los síntomas de ansiedad y depresión de la comunidad universitaria de la UTFV.

El diseño del Taller de Bienestar Integral se realizó bajo los lineamientos del Estándar de Competencia ECO217.01 para la formación de recursos humanos de manera presencial, grupal. Después de la valoración de objetivos a formar, se distribuyeron los contenidos en ocho sesiones de 90 minutos, que idealmente deben llevarse a cabo de manera semanal. La Tabla 1 muestra los contenidos que incluye cada una de las sesiones, en las que se compilan técnicas y ejercicios que han demostrado eficiencia en el manejo de ansiedad y depresión.

Medir la eficiencia de las intervenciones era fundamental, para ello se usó la pregunta de la escala del modelo centrado en soluciones de O'Hanlon [4], considerando una escala de 0 a 10, donde cero es la ausencia del bienestar o la presencia de síntomas incapacitantes y 10, que resume la presencia de bienestar integral o la ausencia de síntomas.

Tabla 1. Contenidos del Taller de Bienestar Integral
Contenidos y compilación de técnicas y ejercicios para el manejo de ansiedad y depresión.
Sesión 1. Síntomas y mitos acerca de la ansiedad y depresión, entrenamiento en ejercicios de respiración.
Sesión 2. Uso de técnicas de reestructuración cognitiva para la disminución de síntomas de ansiedad y/o depresión.
Sesión 3. Uso de <i>mindfulness</i> para el autocontrol y gestión emocional.
Sesión 4. Autocompasión para la comprensión de la vida emocional.
Sesión 5. Desarrollo de metas para el bienestar físico y emocional.
Sesión 6. Entrenamiento de ejercicios básicos para la relajación muscular.
Sesión 7. Técnicas narrativas para el uso de recursos internos y prescripción de la recaída.
Sesión 8. Cierre y evaluación del taller.



Para trabajar los contenidos, además del material digital como presentaciones, se desarrolló un folleto denominado *Journal Terapéutico: Bienestar Integral*. En este se presentan 16 ejercicios gráficos, que, acompañados de las instrucciones, dirigen al usuario para continuar con el proceso terapéutico para la disminución de síntomas de ansiedad y depresión y para la mejora del bienestar integral. Contiene además cuatro páginas de notas para que el usuario del *Journal* interactúe con el folleto y lo vuelva un instrumento cercano.

Hasta el momento se han llevado a cabo seis pruebas piloto de la intervención. Los criterios bioéticos de protección e inclusión en el protocolo de intervención fueron los siguientes:

- Ser mayor de edad y decidir libremente la participación en la prueba piloto.
- Tener autorreporte de síntomas de ansiedad o depresión y haberlos experimentado en los últimos 30 días previos a la incorporación a la actividad.
- Llenar el consentimiento informado donde se exponen todas las consideraciones bioéticas de la actividad.

En conclusión (véase Figura 1), el modelo de intervención, que es una compilación de las técnicas terapéuticas que han demostrado eficiencia para el manejo de trastornos de salud mental, en este caso ansiedad y depresión, se consideró exitoso, debido principalmente a:

- a) Los participantes reportaron en promedio una disminución de -4.25 puntos en la percepción de síntomas que causan malestar o incapacitantes.
- b) La intervención provocó un aumento de +2.42 puntos en la percepción de bienestar integral al terminar el taller.
- c) Al ser una actividad grupal, la optimización de los recursos que una institución dedica a la atención psicológica del alumnado permitiría atender a 16 personas en un tiempo que habitualmente podría atenderse a 1.5; pues la mayoría de la IES no cuenta con personal o recursos asignados a la promoción y atención de la salud mental de la comunidad universitaria.
- d) El *Journal* terapéutico permitió a los usuarios continuar con los ejercicios aun después de terminada la sesión.

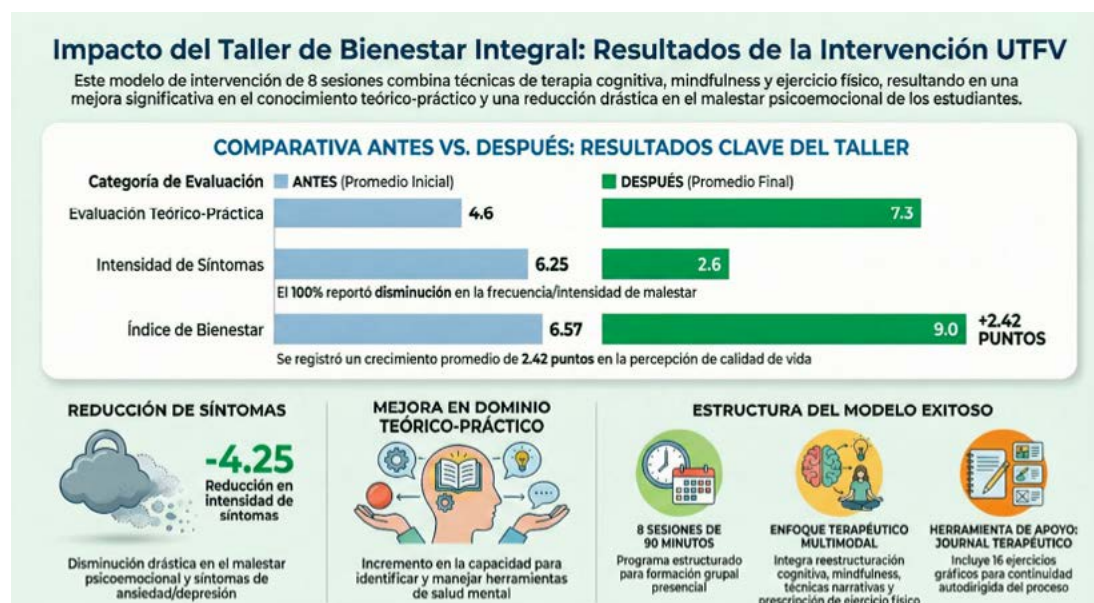


Figura 1. Impacto del Taller de Bienestar Integral: Resultados de la Intervención UTFV. Imagen elaborada con IA.



Debe considerarse que existirán características no previstas en los grupos, que provoquen que no todas las actividades se desarrollen con el éxito en el grupo piloto, por ello es fundamental que la impartición esté coordinada por personal capacitado y formado para la atención de la salud mental.

Se ha considerado que la acción puede ser también preventiva, no sólo ante la presentación de síntomas de ansiedad y depresión, sino que podría ser una herramienta eficaz para la gestión del estrés, con algunas adaptaciones a los contenidos.

Referencias

1. Hernández MG, Chávez G, Ortiz T, et al. Análisis estadístico de la medición de ansiedad estado-rasgo y depresión en estudiantes de la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez. REMAI. Revista Multidisciplinaria de Avances de Investigación. [Internet]. 2023, agosto [consultado 7 de noviembre de 2025]; 9(2): 1-10. Disponible en: <http://www.remai.ipn.index.phpREMAI/issue/view21>
2. Hernández MG, Chávez G, Romero R, et al. Evaluación del grado de depresión y ansiedad en los estudiantes de las Universidades Tecnológicas Fidel Velázquez y Tecámac. Avances científicos y tecnológicos en México II. Humanidades, Ciencias de la conducta y Divulgación Científica. Tomo V. [Internet]. Jalisco: Temacilli; 2025: 148-160. Disponible en: https://www.cio.mx/archivos/avances_cient%C3%ADficos_tecnologicos_25/tomo_5.pdf
3. Delgado P. Entre la pasión y el agotamiento: El *burnout* docente. 28 de febrero de 2025 [consultado 15 de diciembre de 2025]. En: Observatorio. Edu News. México: Instituto para el Futuro de la Educación. Tecnológico de Monterrey. 2025. Disponible en: <https://observatorio.tec.mx/entre-la-pasion-y-el-agotamiento-el-burnout-docente/>
4. O'Hanlon WH, Weiner-Davis M. En busca de soluciones: Un nuevo enfoque en psicoterapia. Barcelona: Paidós; 1990.



La resiliencia y su asociación con el rendimiento académico en alumnos con padres divorciados, escuela secundaria Juana de Asbaje, Nicolás Romero, 2024

NANCY CEDILLO VILLAVICENCIO,¹ TEODORA RAMÍREZ GONZÁLEZ,² MARÍA LUISA AGUILAR ALANIZ,²

¹ Universidad Autónoma del Estado de México, ² Universidad Tecnológica Fidel Velázquez

teodora.ramirez@utfv.edu.mx

El presente estudio se ubica en el área de la salud pública y la psicología educativa, considerando el impacto de los factores familiares en el desarrollo integral de los adolescentes. En este contexto, la resiliencia se incorpora como una variable de análisis en estudiantes de la Escuela Secundaria Juana de Asbaje, en el municipio de Nicolás Romero, Estado de México, específicamente en alumnos con padres divorciados, con el fin de evaluar su relación con el rendimiento académico.

Introducción

El ser humano a lo largo de la vida tiene que enfrentarse a diferentes circunstancias adversas como la pérdida de un ser querido, separación de los padres, el divorcio... Para enfrentar estos problemas y, además, mantenerse saludables, requiere desarrollar cualidades y habilidades que le permitan salir airoso y fortalecido.^{1,2}

Objetivo

Analizar la resiliencia y su asociación con el rendimiento académico en alumnos con padres divorciados, en la escuela secundaria Juana de Asbaje, Estado de México.

Método

El estudio que se realizó es de tipo prospectivo, observacional, transversal y analítico. Se llevó a cabo en alumnos de padres divorciados de la secundaria Juana de Asbaje, en el municipio

de Nicolás Romero. El instrumento de investigación se aplicó en una sola ocasión de forma individual a cada alumno, para la variable resiliencia CRE-U adaptado en distintos niveles de la cédula de recolección de datos incluyendo el promedio escolar de los alumnos.

Resultados

En la investigación, la resiliencia baja y el rendimiento académico en alumnos de padres divorciados presentó un 56.0 % de alumnos con un rendimiento bajo, siendo un 17.0 % rendimiento regular y alto 13.0 %. Se presentó un número de alumnos con baja resiliencia, así como un número bajo de resilientes en el alumno de padres divorciados en la escuela secundaria Juana de Asbaje, Nicolás Romero. Se obtuvo la muestra estadística Chi cuadrada $\chi^2 = 5.832$.

Palabras clave: resiliencia, rendimiento académico, padres divorciados.

Descripción del método

El estudio que se realizó en la población estudiantil de la Secundaria Juana de Asbaje es de tipo analítico, considerando estudiantes inscritos y con padres divorciados; se llevó a cabo en una sola ocasión mediante la aplicación de los instrumentos de investigación para medir las variables en estudio: resiliencia y rendimiento académico. La información fue obtenida con la aplicación de la cédula de



recolección de datos para las variables socio-demográficas, y el rendimiento académico y el cuestionario CRE-U para resiliencia. Posteriormente, se tabularon los datos y se realizó el análisis correspondiente.

Resultados

Los participantes del trabajo de investigación fueron 80 alumnos, hijos de padres divorciados, de la Escuela Secundaria Juana de Asbaje, Nicolás Romero (Figuras 1 y 2).

El rendimiento académico se obtuvo del expediente de los alumnos incluidos en el estudio. Se encontró que un 56 % tiene un rendimiento bajo, 12 % un rendimiento regular y 17 % un rendimiento escolar bueno, respecto al rendimiento académico alto del 11 %. Se observó que el rendimiento académico predominante en

los estudiantes fue bajo (56 %). En relación con la variable resiliencia, el 40 % de los alumnos fue clasificado con niveles adecuados de resiliencia, mientras que el 60 % presentó niveles bajos de resiliencia. Al analizar la relación entre ambas variables, se identificó que los estudiantes con menor nivel de resiliencia tienden a presentar un rendimiento académico bajo, lo que sugiere una asociación entre ambas variables (Cuadro 1, Gráfica 1). La resiliencia fue medida mediante la aplicación del cuestionario CRE-U (Cuestionario de Resiliencia para Estudiantes Universitarios), adaptado a nivel secundaria, el cual evalúa diferentes dimensiones de la resiliencia mediante una escala tipo Likert.^{3, 4, 5} Con base en los puntajes obtenidos, los estudiantes fueron clasificados en niveles de resiliencia baja, media o alta, permitiendo su análisis en relación con el rendimiento académico.

Cuadro 1
Resiliencia y su asociación con el rendimiento académico en alumnos con padres divorciados, Escuela Secundaria Juana de Asbaje, Nicolás Romero, 2024.

RENDIMIENTO ACADEMICO	BAJO		REGULAR		BUENO		ALTO		TOTAL	
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
RESILIENTE	13	19.0	6	7.0	8	10.0	5	6.0	32	40.0
NO RESILIENTE	32	37.0	4	5.0	6	7.0	6	7.0	48	60.0
TOTAL	45	56.0	10	12.0	14	17.0	11	13.0	80	100.0

Fuente: Concentrado de datos
Notas aclaratorias:
F = Frecuencia % = Porcentaje

Gráfica 1
Resiliencia y su asociación con el rendimiento académico en alumnos con padres divorciados, Escuela Secundaria Juana de Asbaje, Nicolás Romero, 2024. Elaboración propia

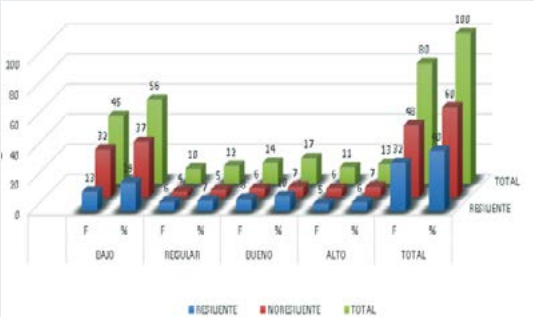


Figura 1. Estudio realizado en la Escuela Secundaria Juana de Asbaje, Nicolás Romero.



Figura 2. Evaluadores en la Escuela Secundaria Juana de Asbaje, Nicolás Romero.



Se realizó la prueba estadística de chi cuadrada con un nivel de confianza del 95 %, un valor de p de 0.005 con tres grados de libertad, obteniéndose un valor de 5.832 y un valor de tabla de 0.072, rechazándose la hipótesis nula, existiendo asociación estadísticamente significativa entre las variables. En relación con el género, se presentó un total de 80 alumnos con padres divorciados, los alumnos del género masculino fueron 33, que corresponden al 41 %, y 47 del género femenino, que corresponden al 59 %.

Implicaciones éticas

El presente estudio se llevó a cabo con estricto apego a los principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos establecidos en la 18ª Asamblea Médica Mundial Helsinki (1964), última modificación en la 64ª Asamblea General en Fortaleza, Brasil, octubre (2013), así como con las recomendaciones del Reglamento de la Ley General de Salud en materia de investigación para la salud, publicado en el *Diario Oficial de la Federación*, con información de la Norma Oficial NOM-012-SSA3-2012, que establece que los criterios para la ejecución de proyectos de investigación para la salud en seres humanos serán de carácter confidencial. Las personas que participaron en el estudio lo hicieron de forma libre y voluntaria, y se les dio a conocer el objetivo del estudio previo consentimiento informado.^{6, 7, 8}

- Se aplicó con absoluta confidencialidad y anonimato.
- El aplicador del estudio se dirigió con respeto y valores a los participantes.
- La información no puede ser utilizada sin autorización para otro propósito.
- El participante de investigación puede en todo momento interrumpir su participación sin ninguna consecuencia para ellos.

Conclusión

De acuerdo con los resultados obtenidos, se concluye que existe asociación estadística-

mente significativa entre las variables estudiadas en los alumnos. Los alumnos resilientes se encontraron con mayor frecuencia en tercer año, con una edad de 14 años, y se presentó más en mujeres que en hombres. El rendimiento académico en edad fue más alto en mujeres de 14 años, mientras que el rendimiento bajo en edad de 12 años en hombres.

En relación con la ocupación de los padres, el rendimiento académico alto se presentó con mayor frecuencia en estudiantes cuyos padres desempeñan actividades clasificadas como "otros" (por ejemplo, empleo doméstico), mientras que el rendimiento académico bajo predominó en estudiantes cuyos padres se desempeñan como obreros.

Es importante comentar que desde el punto de vista cualitativo los alumnos refieren que el ambiente familiar, por la situación de los padres (divorcio), repercute en su rendimiento académico, refieren escuchar pláticas acerca de las demandas del divorcio y custodia, reciben constantemente regaños, acuden a clase sin desayunar, no hay comunicación asertiva. Derivado de lo anterior, la resiliencia se convierte en una variable importante para poder trabajar en los alumnos de secundaria.

Recomendaciones

Con base en los resultados, se recomienda lo siguiente:

1. Realizar concientización en los docentes del plantel educativo con relación al entorno no solo académico sino social en el que viven los alumnos de la secundaria Juana de Asbaje.
2. Realizar actividades que permitan llevar a cabo medidas de prevención sobre problemas como adicciones, ideación suicida, violencia, etc.
3. Aplicar las estrategias educativas existentes que se enfocan en el desarrollo pleno de los adolescentes, acercándose a los alumnos



- e invitarlos a realizar las actividades de tipo motivacional y desarrollo personal.
4. Establecer la resiliencia como una herramienta de los adolescentes de la secundaria para ayudarlos con su problemática familiar, académica y social y mejorar en consecuencia su rendimiento académico
 5. Establecer una red de apoyo entre autoridades educativas y de salud para trabajar de cerca con los adolescentes, rescatarlos del entorno no saludable y que encuentren el incentivo para superarse.
 6. Llevar a cabo el programa de escuela para padres y, junto con todos los involucrados, fomentar los espacios donde los alumnos disfruten su adolescencia y conozcan sus derechos, así como sus obligaciones.
 7. Dar continuidad a investigaciones en adolescentes que proporcionen información para que las políticas públicas sean congruentes con la realidad.

Referencias

1. Monroy, C. B. G., & Palacios, C. L. (2011). Resiliencia: Es posible medirla e influir en ella. *Salud Mental*, 34(3), 237-246.
2. Olmo-Extremera, M., & Segovia, J. D. (2018). La resiliencia a partir de las relaciones profesionales en centros educativos desafiantes. *Educ. Form.*, 3(9), 3-19.
3. Del Castillo, J. A. G., del Castillo-López, Á. G., López-Sánchez, C., & Dias, P. C. (2016). Conceptualización teórica de la resiliencia psicosocial y su relación con la salud. *Salud y drogas*, 16(1), 59-68.
4. Fuentes, N. I. G. A. L., Medina, J. L. V., van Barneveld, H. O., & Escobar, S. G. (2009). Resiliencia y salud en niños y adolescentes. *CIENCIA ergo-sum*, 16(3), 247-253.
5. Navarro, R. E. (2003). El rendimiento académico: concepto, investigación y desarrollo. *REICE. Revista Iberoamericana sobre calidad, eficacia y cambio en educación*, 1(2), 0.
6. Villalba Condori, K. O., & Avello Martínez, R. (2019). Resiliencia como factor determinante para la satisfacción con la vida en estudiantes universitarios. *Educación Médica Superior*, 33(3).
7. Page, M., Moreal, B., Calleja, J. A., Cerdán, J., Echevarría, M. J., García, C., ... & Trillo, C. (1990). *Hacia un modelo causal del rendimiento académico*. Madrid: CIDE.
8. Jadue, J. (2002). Factores psicológicos que predisponen al bajo rendimiento, al fracaso ya la deserción escolar. *Estudios Pedagógicos (valdivia)*, (28), 193-204.



Cuidar al docente para educar mejor: intervención fisioterapéutica para reducir el estrés docente

MTRA. MARÍA GORETTY FONSECA ARENAS

Universidad Tecnológica Fidel Velázquez

goretty.fonseca@utfv.edu.mx

Introducción

La labor docente universitaria implica altas demandas cognitivas, emocionales y físicas. Las jornadas prolongadas frente a la computadora y la adopción de posturas corporales mantenidas incrementan el riesgo de fatiga, dolor musculoesquelético y estrés ocupacional. La evidencia en salud laboral indica que los entornos con alta demanda mental y baja recuperación física favorecen el desarrollo de trastornos musculoesqueléticos y desgaste profesional [1, 2].

En México, la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición reporta que más del 39 % de la población adulta presenta niveles insuficientes de actividad física, lo que incrementa el riesgo de enfermedades musculoesqueléticas y trastornos asociados al sedentarismo [3]. Este contexto refuerza la necesidad de intervenciones preventivas en poblaciones laborales con alta carga sedentaria, como el profesorado universitario.

Desde el enfoque biomecánico, las cargas estáticas prolongadas generan disfunción de la columna vertebral, disminución funcional y mayor probabilidad de dolor cervical y lumbar en ausencia de medidas preventivas [4]. En este escenario, la fisioterapia ha sido reconocida como disciplina clave en la promoción de la salud ocupacional al integrar ejercicio terapéutico, ergonomía y educación en autocuidado como estrategias efectivas [5].

Planteamiento del problema

En el ámbito universitario, los programas de bienestar docente suelen centrarse en aspectos administrativos o psicológicos, dejando de lado la dimensión física del estrés laboral. La ausencia de intervenciones fisioterapéuticas estructuradas favorece la cronificación del dolor, la fatiga y la disminución del rendimiento profesional.

Objetivo

Analizar el impacto de una intervención fisioterapéutica en la reducción del estrés laboral y la mejora del bienestar físico en docentes universitarios.

Método

Se desarrolló un estudio aplicado, descriptivo con enfoque de intervención, en docentes activos de la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez.

La muestra estuvo conformada por $n = 50$ docentes de distintas áreas académicas.

La intervención incluyó:

- Evaluación postural y funcional individual.
- Programa de ejercicio terapéutico individualizado.
- Educación ergonómica para adaptación del puesto de trabajo.
- Pausas activas programadas.
- Técnicas de relajación muscular y respiración diafragmática.



La duración fue de seis a ocho semanas.

Las variables evaluadas fueron nivel de estrés percibido, dolor musculoesquelético (EVA), fatiga laboral y bienestar físico-funcional.

El análisis estadístico se realizó mediante prueba *t* de Student para muestras relacionadas, considerando significancia estadística con *p* < 0.05.

Resultados

El estudio se realizó con una muestra de *n* = 50 docentes de la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez (UTFV). Luego de la implementación del programa de intervención fisioterapéutica, se observaron cambios estadísticamente significativos en los indicadores evaluados de salud laboral y musculoesquelética (Tabla 1).

Tabla 1. Comparación del nivel de estrés laboral antes y después de la intervención fisioterapéutica (*n* = 50)

Año	Nivel de estrés (media)	Clasificación	Cambio absoluto	Reducción (%)	Valor <i>p</i>
2025	27.8	Estrés alto		—	—
2026	18.9	Estrés moderado	−8.9	Puntos 32	< 0.001

Se observó una disminución significativa del estrés laboral posterior a la intervención fisioterapéutica, evidenciando una reducción de 8.9 puntos en la media del puntaje de estrés, equivalente al 32 %, con diferencia estadísticamente significativa (*p* < 0.001) (Figura 1).

Se observó una reducción significativa del nivel de estrés laboral posterior a la implementación del programa fisioterapéutico (Figura 2). La media del puntaje disminuyó de 27.8 (estrés alto) a 18.9 (estrés moderado), lo que representa una reducción del 32 %. Posterior a la intervención, se observó disminución en dolor

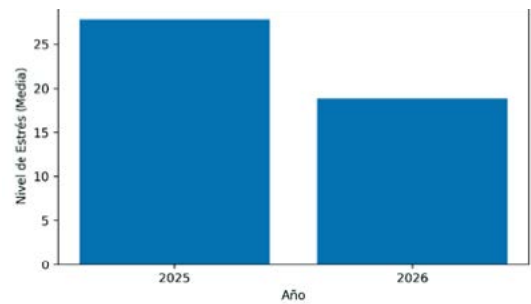


Figura 1. Comparación del nivel de estrés laboral antes (2025) y después (2026) de la intervención fisioterapéutica en docentes (*n* = 50). Elaboración propia con datos del estudio realizado en docentes de la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez, 2025–2026.

cervical (−43 %), dolor lumbar (−40 %) y fatiga laboral (−41 %), así como incremento en bienestar físico (+69 %) y satisfacción laboral (+50 %). Estos resultados evidencian mejoras clínicas y funcionales relevantes asociadas al programa de ejercicio terapéutico, pausas activas y educación ergonómica.

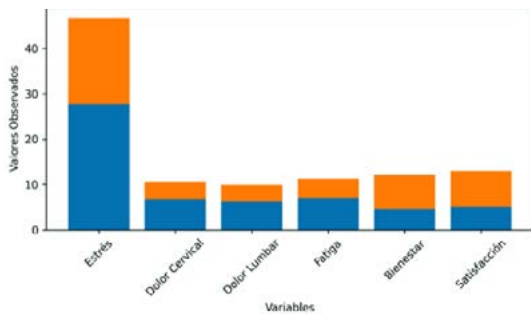


Figura 2. Cambios en variables musculoesqueléticas y de bienestar tras la intervención fisioterapéutica. Elaboración propia con datos del estudio realizado en docentes de la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez, 2025–2026.



Cambios en variables de salud física y bienestar En la Tabla 2 se observan mejoras clínicas significativas en todas las variables evaluadas. Disminuyó el dolor cervical y lumbar, así como la fatiga laboral, mientras que aumentó el bienestar físico y la satisfacción laboral. La prueba *t* de Student para muestras relacionadas confirmó diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones pre y post intervención ($p < 0.001$), evidenciando la efectividad del programa fisioterapéutico. El análisis estadístico mediante prueba *t* de Student para muestras relacionadas mostró diferencias significativas entre las mediciones pre y post intervención en todas las variables evaluadas ($p < 0.001$)

trastornos crónicos [4]. Asimismo, la fisioterapia ocupacional ha sido descrita como estrategia costo-efectiva para mejorar bienestar y productividad [5]. Los resultados respaldan la implementación institucional de programas fisioterapéuticos dentro de políticas universitarias de salud ocupacional [6].

Conclusiones

La intervención fisioterapéutica aplicada en docentes de la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez demostró ser eficaz para reducir el estrés laboral y mejorar la salud musculoesquelética. Se evidenciaron disminuciones significativas en estrés, dolor y fatiga, junto

Tabla 2. Cambios en variables de salud y bienestar antes y después de la intervención fisioterapéutica ($n = 50$)

Variable	2025 (Preintervención)	2026 (Postintervención)	% de Cambio
Estrés laboral	27.8	18.9	−32 %
Dolor cervical (EVA)	6.8	3.9	−43 %
Dolor lumbar (EVA)	6.2	3.7	−40 %
Fatiga laboral	7.1	4.2	−41 %
Bienestar físico	4.5	7.6	+69 %
Satisfacción laboral	5.2	7.8	+50 %

Nota: Valores expresados como medias pre y post intervención.

Discusión

Los hallazgos coinciden con la literatura internacional que señala que intervenciones centradas en movimiento, ergonomía y educación en salud reducen los efectos del estrés ocupacional en trabajadores con alta demanda cognitiva [1, 2]. Desde el enfoque biomecánico, el ejercicio terapéutico disminuye la carga mecánica vertebral y mejora la funcionalidad, actuando como medida preventiva frente a

con incremento en bienestar físico y funcionalidad durante la jornada laboral. La integración de pausas activas, educación ergonómica y ejercicio terapéutico permitió abordar integralmente los factores físicos asociados al desgaste docente.

La fisioterapia aplicada a la salud ocupacional universitaria representa una estrategia preventiva viable, basada en evidencia, que contribuye



al fortalecimiento del bienestar docente y a la sostenibilidad del proceso educativo. “Cuidar al docente es invertir en educación sostenible.”

Referencias

1. World Health Organization. Healthy workplaces: a model for action. Ginebra: WHO; 2010.
2. Gómez-García R, Alonso J, Llana F. Estrés laboral en docentes universitarios y factores asociados. *Rev Salud Ocup.* 2020;70(2):115-122.
3. Shamah-Levy T, Cuevas-Nasu L, Gaona-Pineda E, Gómez-Acosta L, Morales-Ruán M. Physical activity and sedentary behavior in Mexican adults: results from ENSANUT 2018-2022. *Salud Publica Mex.* 2022;64(6):1-10.
4. McGill SM. Low back disorders: evidence-based prevention and rehabilitation. 3a. ed. Champaign: Human Kinetics; 2016.
5. World Physiotherapy. The role of physiotherapy in occupational health. Londres: WCPT; 2019.
6. Medina C, Barquera S, Janssen I. Physical inactivity prevalence and trends among Mexican adults: results from the National Health and Nutrition Survey (ENSANUT). *BMC Public Health.* 2013;13:1063.



La mente renovada

DRA. MIRIAM SARRELANGUE SANABRIA

Universidad Tecnológica Fidel Velázquez, División Académica de Administración



Figura 1. Portada del libro de Pérez Castillo (2021)

La mente renovada es el libro de Federico Pérez Castillo, psicólogo y maestro en sociología (Figura 1). En su deseo por ayudar a los demás, cuenta con varios títulos en los que pretende disminuir los pensamientos, emociones y actitudes destructivas y dar alternativas para el equilibrio y la felicidad.

En esta guía propone el término PAS, que significa *psicología autosustentable*, un modelo basado en la neurociencia que busca unificar la ciencia y la espiritualidad, considerando la mente y las emociones, con el fin de lograr una vida plena y amigable con el entorno.

El término *autosustentable* llevado a la parte personal significa la transformación que de-

bemos experimentar ante los cambios que suceden en el entorno. De esta forma se invita a la conciencia y modificación de las formas de pensar para tomar responsabilidad por los propios actos y vida. El cambio autosustentable conduce a la libertad y a la responsabilidad de nuestras emociones, pensamientos y conductas.

El modelo consta de cuatro etapas para lograr el cambio:



Pérez, (2021)

Figura 2. Componentes del Modelo PAS

El primer paso es la *conciencia* que implica hacer una reflexión e interiorización personal. En la *voluntad* tomar la decisión de cambiar, en el *antídoto* se debe poner acción para lograr el cambio, por último, en la *autosustentabilidad* se deben valorar los resultados y retroalimentar (Figura 2).

Cada una de las etapas implica el desarrollo de nuevas habilidades que se deben practicar para convertirlas en un nuevo hábito de vida, las cuales se muestran en la Figura 3.

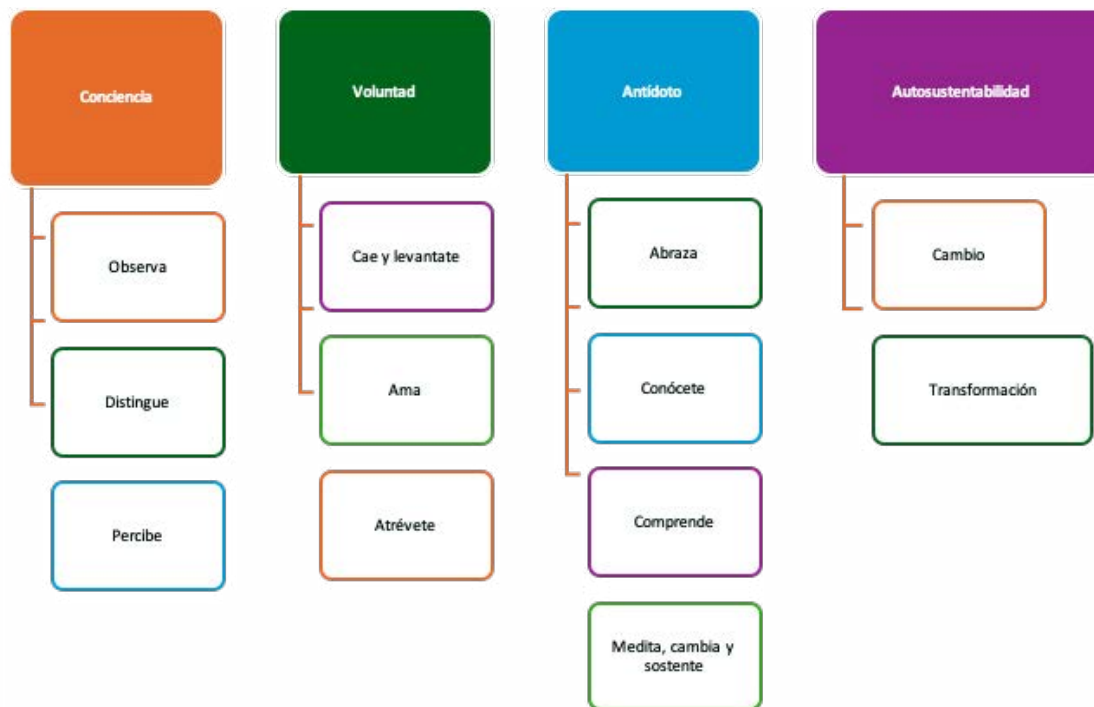


Figura 3. Las cuatro etapas del cambio y sus habilidades



Figura 4. Hombre sentado en una silla. Fuente: Vector Premium (2023)

La respiración básica PAS es un proceso de tres respiraciones, las dos primeras son naturales y en la tercera la inhalación es profunda y se mantiene el oxígeno en los pulmones durante el mayor tiempo posible, al exhalar el aire debe salir por la nariz.

Practicar la respiración consciente aumenta la calma de la mente, puede crear nuevas visiones e iniciativas, pero también puede causar mareo, así que recomiendo comenzar poco a poco.

La obra contiene 23 técnicas para conseguir el PAS. Tres son las principales:

- La “Técnica básica del PAS” para estabilizar la mente y las emociones consiste en mantener una postura erguida, sentados y con los pies en el piso, posteriormente, cerrar los ojos colocando la palma derecha sobre el corazón y la izquierda sobre la palma derecha, permanecer en silencio 20 segundos, posteriormente realizar una respiración básica PAS.



Figura 5. Pensamientos positivos. Fuente: Vectors (2026)



- “Mi proyecto de vida”, que implica tomar conciencia de los pensamientos, emociones y actitudes que impiden o facilitan, activan o motivan el proyecto de vida. Consiste en permanecer sentado con la espalda recta y en silencio cerrar los ojos, colocar la palma de la mano derecha a la altura del corazón y la izquierda encima. Concéntrate y reflexiona sobre ¿qué es lo que realmente le da sentido a tu vida? Y ¿cuál será tu verdadero sentido de vida?, ¿qué puedo hacer a corto, mediano y largo plazo para ser realmente feliz?, ¿lo que haces en el presente te hace feliz? Reflexiona sobre cada aspecto de tu vida, sé sincero y establece al final de tu ejercicio algunos compromisos de cambio.
- Favorecer los pensamientos positivos consiste en tomar conciencia de lo que estamos pensando y detectar aquellos pensamientos negativos o limitantes para sustituirlos en forma inmediata, recuerda que el pensamiento se convierte en un hábito que tiene efectos en tu vida, por ello conviene más hacerlo de forma constructiva.

El libro *La mente renovada* es un excelente material para trabajar con nosotros mismos y generar la evolución a una vida feliz y sin sufrimiento, lo importante es dar un primer paso a un cambio favorable.

Referencias

- Pérez, F. (2021). *La mente renovada. Guía para generar emociones y pensamientos positivos*. México: Pax.
- Vector Premium (2023, 24 abril). Hombre mayor en profunda oración católica sentado en una silla con las manos entrelazadas y los ojos cerrados Expresar sentido de paz interior. *Freepik*. https://www.freepik.es/vector-premium/hombre-mayor-profunda-oracion-catolica-sentado-silla-manos-entrelazadas-ojos-cerrados-expresar-sentido-paz-interior_41553344.htm
- Vectors (2026). Positive thinking mindset. <https://www.vecteezy.com/vector-art/14960011-illustration-of-positive-thinking-mindset-young-woman-with-flowers-inside-her-head-symbolizes-happy-thoughts-and-optimism-mental-health-self-care-happiness-harmony-creative-abstract-concept>



Pequeñas partículas, grandes beneficios: Cuessence y el cuidado de la piel diabética

JUAN DAVID LLANOS ESQUIVEL, PAOLA ABIGAIL RODRÍGUEZ MARTÍNEZ,
MARÍA TERESA FUENTES ROMERO, JUAN ESTEBAN RAMÍREZ MARTÍNEZ

Universidad Tecnológica Fidel Velázquez

Teresa.fuentes@utfv.edu.mx

Resumen

La diabetes mellitus es una enfermedad metabólica crónica que no solo altera los niveles de glucosa en sangre, sino que también impacta de manera significativa la salud de la piel. En México, alrededor del 14 % de los adultos viven con esta enfermedad, y se estima que entre el 30 y el 70 % desarrollan alguna manifestación cutánea a lo largo de su evolución [1, 2].

La hiperglucemia sostenida produce alteraciones en la microcirculación, en el sistema inmunológico y en proteínas estructurales como el colágeno, lo que favorece reseque- dad, fragilidad cutánea e infecciones (3–5). En este contexto, la nanotecnología aplicada a la dermatología ofrece nuevas alternativas de cuidado. Cuessence, una formulación tópica con nanopartículas de cobre, se propone como una estrategia complementaria orientada al cuidado preventivo de la piel diabética.

Diabetes y piel: una relación clínicamente relevante

La diabetes mellitus constituye uno de los principales problemas de salud pública a nivel mundial [1]. Más allá de sus complicaciones metabólicas, esta enfermedad genera efectos sistémicos que impactan diversos tejidos, incluida la piel [2].

La hiperglucemia crónica afecta pequeños vasos sanguíneos (microangiopatía), disminuye la eficacia de la respuesta inmunológica y altera la estructura del colágeno [3, 4]. Uno de los mecanismos implicados es la formación de productos finales de glicación avanzada (AGE), compuestos que modifican proteínas estructurales y reducen su elasticidad

y funcionalidad [4, 5]. Como consecuencia, las personas con diabetes pueden presentar xerosis, prurito, piel frágil, mayor riesgo de infecciones y retraso en la cicatrización [2, 3]. Estas manifestaciones no deben considerarse únicamente problemas estéticos, sino señales de vulnerabilidad cutánea que pueden evolucionar hacia complicaciones mayores si no se atienden de forma preventiva.

El cobre en la biología cutánea

El cobre es un oligoelemento esencial que participa en múltiples procesos biológicos [6, 7]. En la piel, contribuye a la activación de enzimas que intervienen en la síntesis y estabilización del colágeno y la elastina [7].



Además, favorece la formación de nuevos vasos sanguíneos (angiogénesis), proceso clave para el adecuado suministro de oxígeno y nutrientes durante la regeneración tisular [8].

Por otro lado, el cobre posee propiedades antimicrobianas de amplio espectro. Puede alterar la integridad de bacterias y hongos, lo que resulta especialmente relevante en pieles con mayor susceptibilidad a infecciones [9, 10].



Figura 1. Consecuencias en piel diabética. Imagen elaborada con Gemini 2.5

Nanopartículas: optimización de la biodisponibilidad

Las nanopartículas son estructuras con dimensiones menores a 100 nanómetros. A esta escala, los materiales presentan propiedades fisicoquímicas particulares, como mayor superficie de contacto y mejor interacción con tejidos biológicos [11, 12]. Cuando el cobre se incorpora en forma de nanopartículas, puede liberarse de manera más controlada y mantener actividad biológica eficiente con concentraciones menores [11, 12]. Estas caracterís-

ticas permiten mejorar su biodisponibilidad y potencial funcional en aplicaciones tópicas.

Cuessence: enfoque complementario en piel diabética

Cuessence es una formulación dermatológica desarrollada para apoyar el cuidado preventivo de la piel comprometida, particularmente en personas con diabetes. Incorpora nanopartículas de cobre en una base humectante diseñada para favorecer la función de barrera cutánea. Su propuesta se centra en cuatro ejes principales:

1. Restauración de la barrera cutánea

La combinación de agentes humectantes con cobre busca favorecer la hidratación y mantener la integridad de la piel.

2. Apoyo a la regeneración tisular

El cobre participa en procesos relacionados con la formación de colágeno, lo que puede contribuir a crear un entorno favorable para la reparación cutánea [7, 8, 13].

3. Protección antimicrobiana

Su actividad antimicrobiana puede ayudar a reducir la colonización superficial de microorganismos [9, 10].

4. Cuidado preventivo en zonas vulnerables

Este tipo de formulaciones no sustituye el tratamiento médico especializado en casos de úlceras diabéticas avanzadas o infecciones activas. Su uso debe considerarse complementario dentro de un manejo integral supervisado por profesionales de la salud.

Seguridad y consideraciones clínicas

El uso de nanopartículas en dermatología ha mostrado resultados prometedores [11–13]. Sin embargo, es indispensable que estas formulaciones cumplan con estándares regulatorios y pruebas de seguridad. Si bien existen estudios que respaldan las propiedades

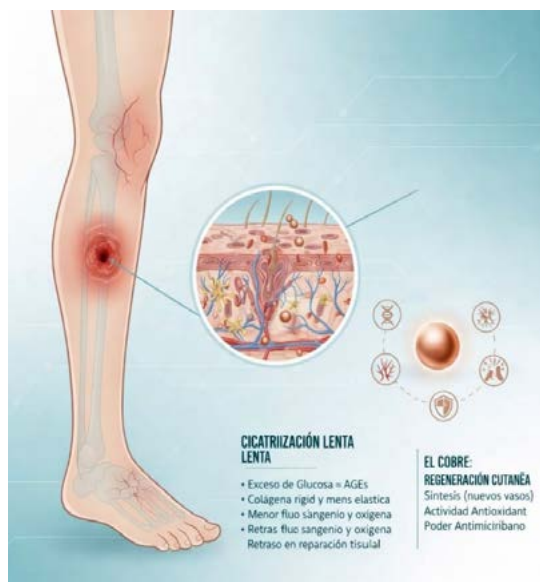


Figura 2. Principales problemas a combatir. Imagen elaborada con Gemini 2.5

biológicas del cobre [8, 12], aún se requieren estudios clínicos controlados en población diabética que permitan determinar con mayor precisión su eficacia y seguridad a largo plazo. La innovación tecnológica debe ir acompañada de validación científica y responsabilidad clínica.

Conclusión

La piel en personas con diabetes presenta alteraciones estructurales, vasculares e inmunológicas que incrementan su vulnerabilidad [2–5]. Por ello, el cuidado preventivo resulta fundamental. El cobre, debido a su participación en la regeneración tisular y su actividad antimicrobiana [7–10], representa un componente de interés en aplicaciones dermatológicas. Su incorporación en forma de nanopartículas puede optimizar su biodisponibilidad y funcionalidad [11, 12]. Cuessence propone un enfoque complementario basado en estos principios. No sustituye el tratamiento médico convencional, pero puede integrarse como parte de una estrategia preventiva orientada al mantenimiento de la salud cutánea en personas con diabetes.

Referencias

1. Organización Mundial de la Salud. Diabetes [Internet]. 2023, nov. 14. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/diabetes>
2. Lima AL, Illing T, Schliemann S, Elsner P. Cutaneous manifestations of diabetes mellitus: a review. *Am J Clin Dermatol*. 2017;18(4):541–553.
3. American Diabetes Association. Standards of care in diabetes—2024. *Diabetes Care*. 2024;47(Suppl 1).
4. Singh R, Barden A, Mori T, Beilin L. Advanced glycation end-products: a review. *Diabetologia*. 2001;44(2):129–146.
5. Brownlee M. Biochemistry and molecular cell biology of diabetic complications. *Nature*. 2001;414:813–820.
6. National Institutes of Health, Office of Dietary Supplements. Copper: fact sheet for health professionals [Internet]. 2022. Disponible en: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Copper-HealthProfessional/>
7. Uauy R, Olivares M, Gonzalez M. Essentiality of copper in humans. *Am J Clin Nutr*. 1998;67(5 Suppl):952S–959S.
8. Sen CK, Khanna S, Venojarvi M, et al. Copper-induced vascular endothelial growth factor expression and wound healing. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2002;282(5):H1821–H1827.
9. Grass G, Rensing C, Solioz M. Metallic copper as an antimicrobial surface. *Appl Environ Microbiol*. 2011;77(5):1541–1547.
10. Vincent M, Duval RE, Hartemann P, Engels-Deutsch M. Contact killing and antimicrobial properties of copper. *J Appl Microbiol*. 2018;124(5):1032–1046.
11. Rai M, Yadav A, Gade A. Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials. *Biotechnol Adv*. 2009;27(1):76–83.
12. Niska K, et al. Copper nanoparticles and their biomedical applications. *J Nanomater*. 2018;2018:8491832.
13. Borkow G. Using copper to improve wound healing. *Wound Repair Regen*. 2014;22(3):305–310.

Innovación y Transformación Digital

Esta sección reúne trabajos que muestran cómo las nuevas tecnologías, la automatización y la inteligencia artificial están revolucionando distintos sectores que van desde la educación y la salud hasta la logística y la industria. Los artículos que integran esta sección se refieren a la optimización de procesos, mejoras en la eficiencia operativa y generación de soluciones a problemáticas actuales. En estos se habla del uso de herramientas digitales, sistemas automatizados y diseños tecnológicos innovadores.





La digitalización de las tutorías universitarias: una solución inteligente para el acompañamiento académico

LUIS ENRIQUE ORDOÑEZ PÉREZ,¹ FRANCISCO DANIEL GARCÍA ROMERO,¹
VÍCTOR MANUEL CASAS GÓMEZ,² MARÍA DEL CARMEN HIDALGO BAEZA²

¹ Estudiante de 5° cuatrimestre TSU en Desarrollo de Software Multiplataforma,
Universidad Tecnológica Fidel Velázquez (UTFV)

² Profesor/a de Tiempo Completo, División Académica de Telemática,
Universidad Tecnológica Fidel Velázquez (UTFV)

24302027@utfv.edu.mx, 24302015@utfv.edu.mx, victor.casas@utfv.edu.mx, mcarmen.hidalgo@utfv.edu.mx

¿Qué ocurre cuando un tutor debe gestionar a decenas de alumnos con herramientas dispersas y procesos manuales?

En la actualidad, las universidades enfrentan el reto de adaptarse a un entorno digitalizado donde la eficiencia en el acompañamiento académico es vital. La transformación tecnológica no solo impacta en la enseñanza dentro del aula, sino también en los procesos administrativos y de tutoría.

La digitalización educativa no se limita a la migración de contenidos al formato digital, sino que implica una reingeniería de los procesos de interacción humana. En el contexto de la Educación 4.0, la gestión de datos se convierte en un activo estratégico que permite pasar de modelos educativos reactivos a modelos proactivos y personalizados. Instituciones de vanguardia como la UNAM y el IPN han demostrado que la implementación de ecosistemas digitales reduce la brecha de comunicación y optimiza la capacidad de respuesta ante el riesgo académico, estableciendo un estándar que las universidades tecnológicas buscan adoptar y adaptar a sus contextos locales.

Las tutorías son un pilar fundamental para dar seguimiento al desempeño estudiantil, detectar áreas de oportunidad y brindar apoyo emocional. Sin embargo, muchas instituciones aún operan de manera manual, lo que retrasa la toma de decisiones.

Metodología de diagnóstico

Para fundamentar esta propuesta, se utilizó una guía de entrevista semiestructurada diseñada para identificar cuellos de botella en la gestión actual. El diagnóstico incluyó la participación de docentes y alumnos de diversos edificios de la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez.

Instrumentación: Se aplicó una guía de entrevista semiestructurada diseñada para identificar cuellos de botella en la gestión de tutorías.

Participantes: El diagnóstico incluyó una muestra representativa de docentes y alumnos de diversos edificios de la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez (UTFV).



Figura 1. Evidencia de entrevistas realizadas a tutores de grupo por programa académico. Fuente: Elaboración propia (2025)



Figura 2. Desarrollo de entrevistas con estudiantes de diversos programas académicos. Fuente: Elaboración propia (2025)



Hallazgos del diagnóstico (propuesta de integración)

A partir de las entrevistas, se detectaron los siguientes puntos críticos:

- Fragmentación de la información: Falta de centralización que impide un seguimiento histórico real por alumno.
- Carga administrativa: Los procesos manuales de justificantes generan sobrecarga para el personal.
- Brecha de comunicación: Interacción limitada entre tutor y estudiante.
- Riesgo académico: Dificultad para detectar oportunamente casos de deserción o bajo rendimiento.

Propuesta técnica y funcionalidad

Ante este panorama, surge la Plataforma Web de Tutorías Institucionales. Basada en una arquitectura cliente-servidor con tecnologías como HTML5, CSS3, JavaScript, PHP y MySQL, el sistema garantiza accesibilidad desde cualquier dispositivo. Destaca por su control de acceso por roles (administrador, tutor y alumno), lo cual protege datos sensibles como historiales médicos o canalizaciones psicológicas. Además, integra funciones de vanguardia como paneles estadísticos para directivos y notificaciones automáticas ante alertas académicas. La digitalización del sistema de tutorías no solo mejora la organización, sino también fortalece la eficiencia institucional. Al contar con un historial académico actualizado, los tutores pueden identificar patrones de bajo rendimiento, ausencias recurrentes o situaciones personales que requieran atención especial. De esta manera, la intervención puede realizarse de forma oportuna y preventiva.

El desarrollo de la plataforma se basa en una arquitectura cliente-servidor, utilizando tecnologías web como HTML5, CSS3 y JavaScript para el diseño e interacción, así como PHP y MySQL para la gestión de datos en el servidor. Este enfoque permite que el sistema sea accesible desde computadoras y dispo-

sitivos móviles, garantizando flexibilidad y adaptabilidad.

Uno de los elementos más importantes del sistema es el control de acceso por roles. La plataforma contempla diferentes perfiles: administrador, tutor y alumno. Cada usuario tiene permisos específicos que aseguran la protección de la información académica y personal. Esto resulta especialmente relevante cuando se manejan datos sensibles, como historial médico o canalizaciones psicológicas. Además, el sistema puede integrar funciones innovadoras como notificaciones automáticas ante bajo promedio, generación de reportes digitales y paneles estadísticos para directivos. Estas herramientas no solo apoyan al tutor, sino también contribuyen a la toma de decisiones estratégicas dentro de la institución.

Comparado con plataformas implementadas en instituciones de educación superior como la Universidad Nacional Autónoma de México o el Instituto Politécnico Nacional, el proyecto propuesto busca adaptar las mejores prácticas al contexto específico de la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez, priorizando la accesibilidad, simplicidad y funcionalidad. La implementación de una plataforma digital de tutorías representa un paso firme hacia la modernización institucional. Más allá de la tecnología, el verdadero impacto radica en mejorar la experiencia educativa, fortalecer la comunicación y promover un acompañamiento académico más humano, organizado y eficiente.

Proyección de resultados e impacto

Para medir el éxito de la plataforma web frente a los procesos manuales actuales, se proponen los siguientes indicadores clave de desempeño (KPI):

- *Reducción del tiempo administrativo:* Se estima una disminución del 40 % en el tiempo dedicado al registro de tutorías y gestión de justificantes como resultado de la automatización de procesos.



- *Detección temprana de riesgo*: El uso de notificaciones automáticas ante bajo promedio permitiría identificar al 100 % de los alumnos en situación vulnerable de manera inmediata.
- *Accesibilidad y cobertura*: Al utilizar una arquitectura cliente-servidor accesible desde dispositivos móviles, se espera que la comunicación directa tutor-alumno incremente la participación estudiantil en un 30 %.
- *Consolidación de datos*: Centralización del 100 % de los historiales académicos, psicológicos y médicos en una base de datos única y segura bajo control de roles.

En la Tabla 1 se resume la transición de un modelo tradicional a una solución inteligente centrada en el estudiante.

Conclusión

La implementación de esta plataforma representa un paso definitivo hacia la modernización institucional. Al transformar la información en una herramienta estratégica, la UTFV garantiza un acompañamiento más humano, organizado y conectado con el éxito integral del estudiante. Esta transición hacia la Educación 4.0 permite que la labor del tutor deje de ser administrativa y se convierta en una guía preventiva y eficiente. La digitalización del sistema de tutorías no solo mejora la organización, también fortalece la eficiencia institucional al permitir una intervención oportuna ante patrones de bajo rendimiento o ausencias recurrentes.

Tabla 1. Comparativa de la evolución del Sistema de Tutorías

Característica	Proceso manual (actual)	Plataforma web (propuesta)
Centralización	Datos dispersos en hojas físicas o archivos locales.	Base de datos única con historial académico consolidado.
Gestión de justificantes	Trámites lentos y entrega física de documentos.	Gestión digital inmediata y automatizada.
Detección de riesgo	Reactiva (se detecta cuando el problema ya ocurrió).	Preventiva mediante notificaciones de bajo promedio.
Comunicación	Limitada y asíncrona entre tutor y alumno.	Comunicación directa y notificaciones en tiempo real.
Seguridad de datos	Vulnerable al manejo físico de información sensible.	Control de acceso por roles (Admón., tutor, alumno).
Toma de decisiones	Basada en reportes manuales difíciles de procesar.	Paneles estadísticos y reportes digitales para directivos.

Materiales consultados

Pérez M, López A. Desarrollo de una plataforma web para tutorías académicas utilizando PHP y MySQL. Revista de Innovación Educativa. 2020.

Ramírez D. Diseño de sistemas web educativos con enfoque en usabilidad. Guanajuato: Universidad de Guanajuato; 2021.

Torres L, Gómez J. Implementación de plataformas de tutoría en instituciones públicas. Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa. 2019.

Hernández R. Desarrollo ágil de sistemas web para gestión académica. 2022.

Vargas E. Integración de bases de datos relacionales en plataformas académicas en línea. 2023.



Marketing automatizado con inteligencia artificial: fundamentos, aplicaciones y desafíos

FAUSTO JUÁREZ RIVERA

Universidad Tecnológica Fidel Velázquez, División Académica de Contabilidad Corporativa

fausto.juarez@utfv.edu.mx

Resumen

El *marketing* automatizado con IA es hoy una herramienta esencial para las organizaciones modernas. Este análisis conceptual explora su integración técnica y aplicaciones estratégicas, destacando cómo la automatización inteligente optimiza campañas y mejora la personalización masiva. Además de abordar beneficios en eficiencia, se examinan los desafíos éticos y la necesidad de que los profesionales desarrollen competencias digitales. Así, se logra una visión integral sobre la transformación de la estrategia comercial en el entorno tecnológico actual.

Palabras clave: *marketing* digital, inteligencia artificial, automatización, personalización, análisis de datos.

Introducción

La transformación digital ha cambiado profundamente la forma en que las empresas se relacionan con sus consumidores. El acceso masivo a datos y el desarrollo de tecnologías avanzadas han permitido que el *marketing* evolucione hacia modelos más personalizados y automatizados. En este contexto, la inteligencia artificial (IA) se ha convertido en un elemento central para la toma de decisiones estratégicas [1].

El *marketing* automatizado con IA combina herramientas tecnológicas y algoritmos capaces de analizar grandes volúmenes de información con la finalidad de optimizar campañas, segmentar audiencias y mejorar la experiencia del cliente. Esta integración representa una de las principales tendencias del *marketing* contemporáneo [2].

Objetivo del trabajo

El presente artículo parte de la premisa de que la integración de la IA en el *marketing* no es solo una mejora técnica, sino un cambio de paradigma que permite pasar de modelos estáticos a sistemas de aprendizaje dinámico en tiempo real. Bajo este contexto, el objetivo de este trabajo es analizar los fundamentos y el funcionamiento del *marketing* automatizado potenciado por IA, identificando sus aplicaciones estratégicas, beneficios operativos y los desafíos éticos que enfrentan las organizaciones actuales. Asimismo, se busca determinar la relevancia de estas tecnologías para la industria contemporánea y la formación de nuevos profesionales en el área.

¿Qué es el *marketing* automatizado?

Consiste en el uso de *software* para ejecutar acciones de *marketing* de forma automática,



como el envío de correos electrónicos, la segmentación de clientes o la gestión de campañas digitales. Según Chaffey y Ellis-Chadwick [3], la automatización permite mejorar la eficiencia operativa y fortalecer la relación con los clientes mediante comunicaciones oportunas y relevantes [4]. Sin embargo, la automatización tradicional sigue reglas predefinidas. La diferencia principal surge cuando se integra la inteligencia artificial, ya que esta permite que los sistemas aprendan del comportamiento del usuario y ajusten sus acciones de manera dinámica (véase Tabla 1).

normalmente requieren inteligencia humana, como el aprendizaje, el razonamiento y la toma de decisiones [5]. En el ámbito empresarial, compañías como Google, Amazon y Meta utilizan IA para analizar el comportamiento de los usuarios y ofrecer anuncios personalizados en tiempo real.

Ejemplos:

→ *Sistemas de recomendación (Amazon):*
Cuando un usuario compra un café en grano, la IA analiza millones de transacciones similares y sugiere au-

Tabla 1. Comparativa entre automatización tradicional y automatización con IA

Característica	Automatización tradicional	Automatización con IA
Naturaleza	Basada en reglas fijas y predefinidas.	Basada en aprendizaje dinámico y algoritmos.
Personalización	Segmentación estática por grupos amplios.	Personalización masiva y predictiva en tiempo real.
Toma de decisiones	Requiere intervención humana constante.	Capacidad de decisión autónoma y optimización continua.
Interacción	Unidireccional (envío de correos programados).	Bidireccional e inteligente (Chatbots y sistemas de recomendación).

• Ejemplo de flujo automatizado:

- *Tradicional:* Al suscribirse a un boletín, un usuario recibe automáticamente un correo de bienvenida genérico cada lunes a las 9:00 am, sin importar sus intereses.
- *Con IA:* El sistema detecta que el usuario solo hace clic en artículos de “zapatillas de *running*”. La IA ajusta el envío para el martes a las 6:00 pm (hora en que el usuario suele estar activo) y personaliza el asunto con una oferta exclusiva de calzado deportivo.

tomáticamente filtros de papel o una molinilla manual, anticipándose a la necesidad del cliente.

- *Publicidad optimizada (Google Ads):*
Una pequeña empresa configura anuncios; la IA decide en milisegundos mostrar el anuncio solo a personas que han buscado “servicios de plomería urgente” en los últimos 10 minutos, optimizando el presupuesto de conversión.

Funcionamiento del *marketing* automatizado con IA

El proceso generalmente incluye cuatro etapas dentro de la arquitectura del *marketing* automatizado con IA (Figura 1):

La inteligencia artificial aplicada al *marketing*

La inteligencia artificial se refiere a sistemas informáticos capaces de realizar tareas que



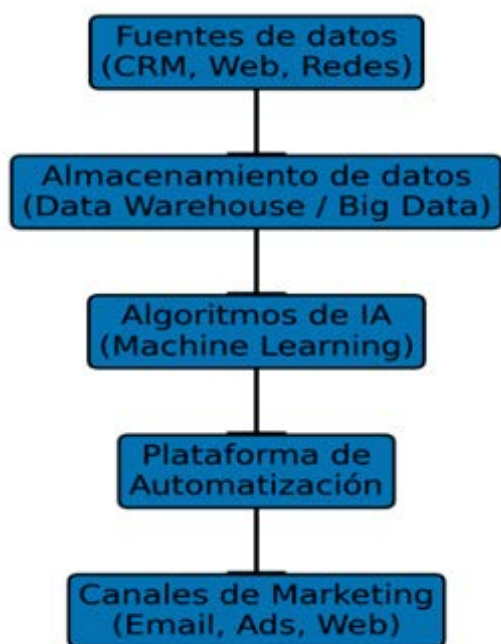
Primero: La recolección de datos provenientes de redes sociales, sitios web y compras anteriores.

Segundo: El análisis de datos mediante algoritmos de aprendizaje automático que identifican patrones y tendencias.

Tercero: La toma de decisiones automatizada, donde el sistema selecciona el contenido y el momento adecuado para impactar al cliente.

Cuarto: La optimización continua, en la cual la IA mejora sus resultados a partir del rendimiento previo.

Figura 1. Arquitectura del *marketing* automatizado con inteligencia artificial.



Fuente: Elaboración propia con base en [1, 3].

• **Caso práctico en el sector *retail*:**

1. *Recolección:* Se registra que un cliente visitó tres veces la página de un televisor 4K.
2. *Análisis:* Los algoritmos identifican que el cliente tiene una alta “intención

de compra” pero suele esperar a descuentos.

3. *Toma de decisiones:* El sistema genera un cupón de descuento del 10 % válido por 24 horas y lo envía vía notificación *push*.
4. *Optimización:* Si el cliente no usa el cupón, la IA aprende que ese porcentaje no fue incentivo suficiente y ajusta la estrategia para el próximo ciclo.

Beneficios del *marketing* automatizado con IA

Uno de los principales beneficios es la personalización masiva, que permite adaptar mensajes a miles de usuarios simultáneamente. También destaca la eficiencia operativa, ya que reduce tareas repetitivas y optimiza recursos [6]. Asimismo, mejora la toma de decisiones estratégicas al basarse en datos reales y análisis predictivo. Finalmente, contribuye a un mayor retorno de inversión, debido a una segmentación más precisa (véase Figura 2).

Desafíos y consideraciones éticas

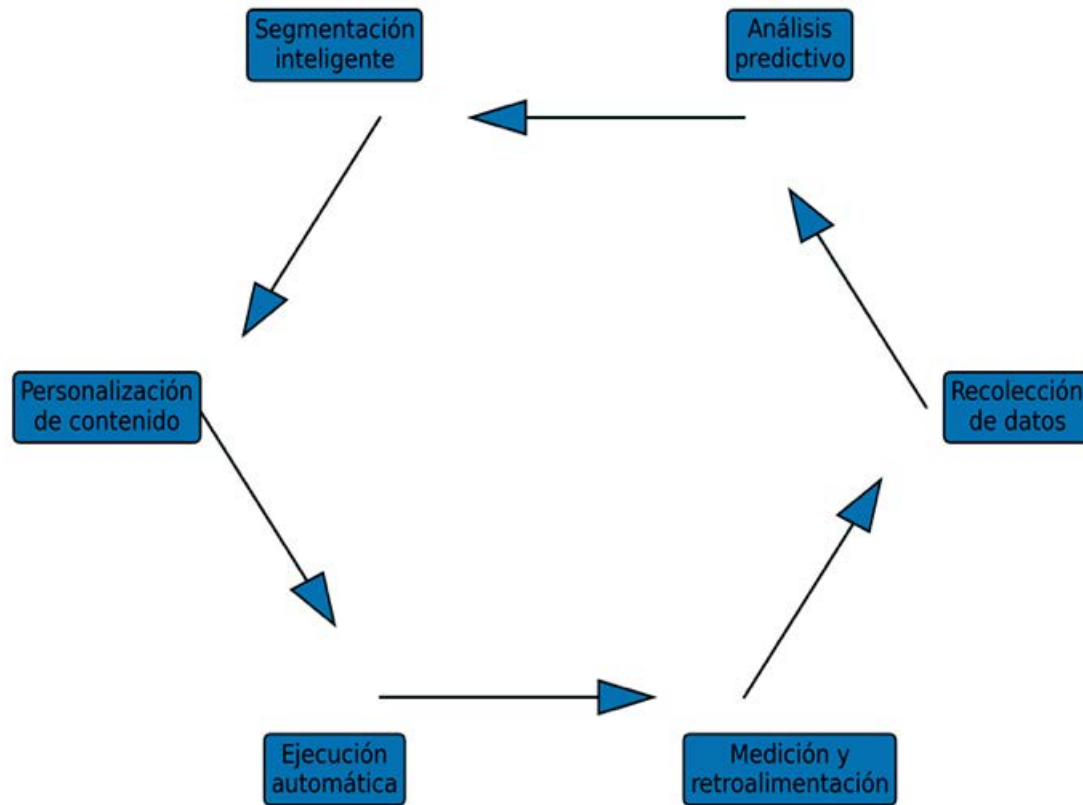
A pesar de sus ventajas, el uso de IA en *marketing* plantea desafíos importantes. Entre ellos se encuentran la protección de datos y la privacidad del consumidor, los posibles sesgos algorítmicos y la dependencia excesiva de sistemas automatizados.

Kotler et al. [1] señalan que el *marketing* del futuro debe centrarse en la tecnología sin perder el enfoque humano, garantizando transparencia y responsabilidad social.

- *Riesgo de sesgo:* Un algoritmo de IA diseñado para ofrecer préstamos bancarios mediante anuncios automatizados podría, por error de entrenamiento, mostrar menos oportunidades a ciertos grupos demográficos basándose en datos históricos sesgados, lo que requiere supervisión humana constante para garantizar la equidad.



Figura 2. Ciclo de optimización del *marketing* automatizado basado en inteligencia artificial.



Fuente: Elaboración propia.

Conclusión

El *marketing* automatizado con inteligencia artificial representa una evolución significativa en la disciplina del *marketing*. No solo mejora la eficiencia y precisión de las campañas, sino que también transforma la relación entre empresas y consumidores. Para los estudiantes universitarios, comprender estas herramientas es fundamental, ya que el mercado laboral demanda profesionales capaces de integrar análisis de datos, tecnología y estrategia comercial.

La clave del futuro no radica únicamente en la automatización, sino en la combinación equilibrada entre inteligencia humana y tecnología avanzada.

Referencias

1. Kotler P, Kartajaya H, Setiawan I. Marketing 5.0: Technology for humanity. Hoboken, NJ: Wiley; 2021.
2. Chaffey D, Ellis-Chadwick F. Digital marketing. 7a. ed. Hoboken, NJ: Pearson; 2019.
3. Davenport TH, Ronanki R. Artificial intelligence for the real world. Harvard Business Review. 2018; 96(1): 108–116.
4. Google. Soluciones de publicidad y automatización (Internet). (citado el 24 de feb de 2026). Disponible en: <https://www.google.com>
5. HubSpot. Automatización de marketing (Internet). (citado el 24 de feb de 2026). Disponible en: <https://www.hubspot.com>
6. Amazon. Inteligencia artificial y recomendaciones (Internet). (citado el 24 de feb de 2026). Disponible en: <https://www.amazon.com>



Aplicación de inteligencia artificial para la optimización de procesos logísticos en almacenes

MA. DEL CARMEN SÁNCHEZ GÓMEZ

Universidad Tecnológica Fidel Velázquez. Logística Cadena de Suministro

La inteligencia artificial (IA) es una rama de la informática que se centra en el desarrollo de sistemas capaces de realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana, tales como el aprendizaje, el razonamiento, la percepción y la toma de decisiones (Russell y Norvig, 2021). De manera complementaria, la IA puede entenderse como el conjunto de teorías y técnicas orientadas a diseñar máquinas que simulen capacidades cognitivas humanas, ampliando así las posibilidades de automatización y resolución de problemas complejos (Nilsson, 2010).

Semblanza

La IA se ha consolidado como una tecnología clave para la optimización de procesos logísticos en almacenes, al posibilitar el análisis avanzado de datos, la automatización de tareas y la toma de decisiones predictivas (Russell y Norvig, 2021). Desde su origen formal en 1956, durante la Dartmouth Conference, donde investigadores como John McCarthy propusieron el desarrollo de máquinas capaces

de simular procesos cognitivos humanos, la IA ha evolucionado hacia aplicaciones prácticas en entornos industriales y logísticos.

En el ámbito de los almacenes, la IA contribuye a la mejora en la gestión de inventarios, la optimización del almacenamiento, la predicción de la demanda y la planificación eficiente de rutas internas, reduciendo tiempos de operación y costos asociados. Mediante técnicas de aprendizaje automático y análisis predictivo, los sistemas inteligentes pueden procesar grandes volúmenes de datos en tiempo real para anticipar necesidades, minimizar errores y aumentar la productividad (Nilsson, 2010).

Asimismo, la integración de tecnologías como robots autónomos y sistemas de visión artificial fortalecen la trazabilidad y el control operativo, favoreciendo una logística más eficiente, flexible y competitiva. En este sentido, la IA no solo optimiza procesos, sino que redefine los modelos de gestión en almacenes dentro de cadenas de suministro digitalizadas.



Figura 1. Aplicación de inteligencia artificial en almacenes mediante robots autónomos y sistemas de visión artificial para la gestión de inventarios. Imagen elaborada con DALL·E.



Inteligencia artificial en la logística

La inteligencia artificial comprende sistemas capaces de aprender, razonar y tomar decisiones a partir de datos. En el ámbito logístico, la IA permite:

- Pronosticar la demanda mediante modelos predictivos.
- Optimizar rutas internas de *picking*.
- Automatizar el proceso de clasificación y almacenamiento.
- Detectar anomalías en inventarios en tiempo real.

El aprendizaje automático (*machine learning*) y el aprendizaje profundo (*deep learning*) son subcampos que posibilitan la mejora continua de los sistemas logísticos a través del análisis de grandes volúmenes de datos (*big data*).

Almacén definido como:

“Espacio planificado para la ubicación y manipulación eficientes de materiales y mercancías”



Maximizar la utilización del espacio en el almacén.

Minimizar operaciones de manipulación (Anaya Trejo, 2011: 23).

Permite matizar perfectamente los procesos que se generan en el almacén para optimizarlos en conjunto con la IA.

Procesos logísticos en almacenes:

1. Recepción de mercancías.
2. Almacenamiento.
3. Gestión de inventarios.
4. Preparación de pedidos (*picking*).
5. Embalaje y despacho.
6. Distribución.

La integración de IA en estos procesos contribuye a disminuir errores humanos y mejorar la trazabilidad en la atención y el servicio al cliente.

Si atendemos a que el objetivo principal es optimizar los procesos logísticos de almacén, siguiendo los lineamientos y concepto de almacén mediante el uso estratégico de IA, se incrementará la productividad, la trazabilidad y la capacidad de respuesta ante la demanda del mercado, logrando que los bienes y servicios estén en el momento preciso y lugar indicado, determinando la optimización de todos y cada uno de los procesos logísticos en la cadena de suministros, y principalmente los procesos que se generan en el almacén.

En acompañamiento de la IA, el ser humano debe realizar la toma de decisiones para generar:

- Gestiones inteligentes de inventarios con algoritmos predictivos que permiten anticipar variaciones en la demanda y ajustar los niveles de inventarios, reduciendo costos de almacenamiento y evitando quiebres de *stock*.
- Utilizando automatizaciones robóticas con robots autónomos, se facilita el desplazamiento de productos dentro del almacén, generando la optimización de tiempos de búsqueda y *picking*.
- Otro factor importante es la utilización de visión por computadoras mediante cámaras inteligentes y análisis de imágenes, que identifican productos y verifican códigos, detectando errores en tiempo real.
- Con referencia al conjunto de procesos de *picking*, embalaje, despacho y distribución, la optimización de estos con apoyo de la IA genera la eficiencia, eficacia y flexibilidad de respuestas inmediatas para la atención tanto al cliente interno como al externo, proporcionando indicadores medibles y cuantificables para mejorar cada proceso.

Por tal motivo, toda gestión y análisis e implementación de la IA en la optimización de



los procesos dentro de los almacenes debe proporcionar beneficios tales como:

- Reducción de costos operativos.
- Mayor precisión en inventarios.
- Incremento de la velocidad de procesamiento de pedidos.
- Mejora en la toma de decisiones con base en datos.
- Mayor competitividad empresarial.
- Maximización de espacios dentro del almacén.
- Reducción de tiempos en la recepción de mercancía.

Esto es la IA en este momento o en el siglo que nos encontramos y experimentamos. Permite optimizar procesos logísticos y claramente enfrentar desafíos como:

- Alta inversión inicial.
- Resistencia al cambio organizacional.

- Necesidad de capacitación del personal.
- Riesgos asociados a la ciberseguridad y protección de datos.

En determinado momento, adoptar la IA como un aliado permitirá lograr el objetivo de optimizar los procesos logísticos de almacén, generando flexibilidad en cada uno de estos procesos, disminuyendo errores humanos e incrementado eficacia y eficiencia en todas las entidades económicas necesarias, contribuyendo al crecimiento económico.

Referencias

- Anaya Trejo, J. J. (2011). *Almacenes. Análisis, diseño y organización* (2ª ed.). ESIC.
- Nilsson, N. J. (2010). *The quest for artificial intelligence*. Cambridge University Press.
- Russell, S., y Norvig, P. (2021). *Artificial intelligence: A modern approach* (4a. ed.). Pearson.



Diseño de cápsula de simbiosis terapéutica multisensorial para la intervención del síndrome de *burnout* laboral

MARÍA DE LOS ANGELES VÁZQUEZ BARRERA, IVÁN ESTEBAN INIESTA MOCTEZUMA

Universidad Tecnológica Fidel Velázquez

maria.vazquez@utfv.edu.mx, esteban.iniesta@utfv.edu.mx

Resumen

El síndrome de *burnout* laboral constituye un problema de salud pública asociado al estrés crónico, con implicaciones fisiológicas, cognitivas y emocionales. Este artículo presenta el diseño conceptual de una cápsula de simbiosis terapéutica multisensorial orientada a inducir estados de relajación profunda mediante estimulación controlada (luz, sonido, postura cero gravedad y la aplicación estratégica para la estimulación del flujo de Qi y sangre, ayudando a revitalizar los órganos internos y restaura la energía base del cuerpo). Se analizan sus fundamentos fisiológicos y se propone un modelo de validación experimental basado en indicadores objetivos como la variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV) y biomarcadores de estrés como el cortisol salival. Se plantea que este tipo de sistemas podría representar una alternativa no invasiva para la intervención del *burnout* en contextos laborales.

Palabras clave: *burnout*, estimulación multisensorial, cero gravedad, HRV, cortisol, tecnología terapéutica.

Introducción

El síndrome de *burnout* fue reconocido por la Organización Mundial de la Salud como un fenómeno ocupacional asociado al estrés crónico no gestionado [1]. Se caracteriza por agotamiento emocional, despersonalización y disminución del rendimiento laboral [2].

Las intervenciones tradicionales incluyen enfoques psicológicos y organizacionales; sin embargo, en los últimos años ha emergido el uso de tecnologías inmersivas orientadas a la regulación del sistema nervioso autónomo [3].

En este contexto, surge la pregunta de investigación:

¿Puede una cápsula multisensorial inducir estados fisiológicos de recuperación que contribuyan a la reducción del *burnout* laboral?

Diseño del sistema

Descripción del prototipo

El sistema consiste en una cápsula ergonómica tipo *chaise longue* con estructura envolvente, diseñada para inducir confort físico y reducir los estímulos externos.



Componentes principales:

- Iluminación LED controlada (espectro azul-violeta).
- Sistema de audio inmersivo (auriculares).
- Superficie ergonómica (cero gravedad) para descarga corporal.
- Aislamiento sensorial parcial.

Principios fisiológicos

El diseño se fundamenta en la modulación del sistema nervioso autónomo:

- Activación parasimpática → reducción del estrés [4].
- Estimulación auditiva → cambios en estados emocionales [5].
- Reducción de estímulos externos → menor carga cognitiva [6].



Imagen 1. Diseño de cápsula. Fuente: Elaboración propia.

Marco teórico

Regulación autonómica y estrés

La variabilidad de la frecuencia cardiaca (HRV) es un indicador ampliamente validado de la actividad del sistema nervioso autónomo [7]. Una mayor HRV se asocia con mejor capacidad de adaptación al estrés.

Cortisol como biomarcador

El cortisol salival es un método no invasivo utilizado para evaluar el estrés fisiológico [8]. Su medición permite analizar cambios en la respuesta endocrina ante intervenciones terapéuticas.

Estimulación multisensorial

La exposición a entornos controlados con estímulos visuales y auditivos ha mostrado efectos en la reducción de ansiedad y mejora del bienestar subjetivo [9].

Propuesta de validación experimental

Diseño del estudio

- *Tipo*: Experimental, controlado, longitudinal.
- *Población*: Adultos con síntomas de *burnout* (evaluados con escala validada como MBI).
- *Muestra*: 30–60 participantes.
- *Grupos*:
 - Grupo experimental (uso de cápsula).
 - Grupo control (reposo sin estimulación multisensorial).

Variables del estudio

Variables independientes

- Exposición a la cápsula multisensorial.
- Duración de la sesión (20–30 min).
- Frecuencia (3 veces por semana).

Variables dependientes

Fisiológicas:

- HRV (RMSSD, SDNN).
- Frecuencia cardiaca.
- Conductancia de la piel (EDA).

Bioquímicas:

- Cortisol salival (pre/post intervención).

Psicológicas:

- Escala de *burnout* (MBI).
- Escala de estrés percibido (PSS).

Protocolo experimental

1. Evaluación basal
 - HRV en reposo.
 - Toma de muestra de saliva.
 - Aplicación de cuestionarios.
2. Intervención
 - Sesiones en cápsula (20–30 min).
 - Ambiente controlado (luz, sonido, postura).



3. Evaluación post-sesión
 - HRV inmediata.
 - Registro subjetivo de relajación.
4. Seguimiento (4–6 semanas)
 - Repetición de mediciones.
 - Comparación longitudinal.

Instrumentación

- Sensor HRV (ECG o PPG validado).
- Dispositivo de medición EDA.
- Kits de recolección de saliva (cortisol).
- Sistema de adquisición de datos.

Análisis estadístico

- Prueba *t* para muestras relacionadas (pre vs post).
- ANOVA para comparación entre grupos.
- Correlación entre HRV y cortisol.
- Nivel de significancia: $p < 0.05$

Discusión

El uso de una cápsula multisensorial representa una estrategia innovadora basada en la integración de principios fisiológicos y tecnológicos. La combinación de indicadores objetivos (HRV, cortisol) con métricas subjetivas permite una evaluación integral del impacto terapéutico. Este enfoque se alinea con tendencias actuales en salud digital, donde la personalización y el monitoreo en tiempo real son clave [10].

Conclusión

La cápsula de simbiosis terapéutica multisensorial constituye un modelo prometedor para la intervención del *burnout* laboral. Su validación experimental permitirá determinar su eficacia como herramienta no invasiva para la regulación del estrés. (*Esperemos tenerla pronto para obtener datos y tablas favorables.*)

Referencias

1. World Health Organization. Burn-out an occupational phenomenon: International Classification of Diseases. Ginebra: WHO; 2019.
2. Maslach C, Jackson SE, Leiter MP. Maslach Burnout Inventory Manual. 3a. ed. Palo Alto: Consulting Psychologists Press; 1996.
3. Wiederhold BK, Riva G. Virtual reality therapy: emerging topics and future challenges. *Cyberpsychol Behav Soc Netw.* 2019;22(1):3–6.
4. Thayer JF, Lane RD. A model of neurovisceral integration in emotion regulation. *J Affect Disord.* 2000;61(3):201–216.
5. Nilsson U. The anxiety- and pain-reducing effects of music interventions: a systematic review. *AORN J.* 2008;87(4):780–807.
6. Kaplan S. The restorative benefits of nature: toward an integrative framework. *J Environ Psychol.* 1995;15(3):169–182.
7. Shaffer F, Ginsberg JP. An overview of heart rate variability metrics and norms. *Front Public Health.* 2017;5:258.
8. Kirschbaum C, Hellhammer DH. Salivary cortisol in psychobiological research. *Neuropsychobiology.* 1989;22(3):150–169.
9. Maseda A, et al. Multisensory stimulation and cognitive function in dementia. *Am J Alzheimers Dis Other Dement.* 2014;29(2):172–179.
10. Topol EJ. The patient will see you now: the future of medicine is in your hands. Nueva York: Basic Books; 2015.



Diseño de dispositivo para control de enrollado de tela en máquina tejedora ILT3 para la industria textil

DR. JOSÉ BERNARDO TORRES VALLE, TSU. FRANCISCO JAVIER PAREDES LÓPEZ
Universidad Tecnológica Fidel Velázquez, Área de Mantenimiento Industrial y Mecatrónica

Resumen

El objetivo del presente proyecto fue diseñar un dispositivo capaz de controlar el enrollado de tela (tul) en máquina tejedora ILT3, a partir del procedimiento de selección de diseño óptimo, con la finalidad de sustituir el sistema de enrollado actual, ya que presenta fallas frecuentes por desgaste en la transmisión de dicho sistema de enrollado.

Por otro lado, para realizar el presente proyecto, se identificó el concepto y los requerimientos de diseño, estos últimos, con base en las necesidades y características del proceso de manufactura de la tela. Con estos datos presentes, se realizaron tres hipótesis de diseño y, posteriormente, a partir de una matriz de selección o ponderación, identificando de manera objetiva los criterios de evaluación, se evaluaron las tres hipótesis mencionadas, obteniendo el diseño óptimo del dispositivo.

Como resultado, se obtuvo el diseño óptimo del dispositivo para el control de enrollado de tela (tul) en máquina tejedora ILT3, esto con apoyo del Procedimiento para Selección de Diseño Óptimo y de un equipo multidisciplinario de diferentes áreas y perfiles profesionales a fin.

Palabras clave: diseño óptimo, requerimientos de diseño, sistema de enrollado.



Introducción

Para llevar a cabo la fabricación de productos en la industria textil, se utilizan máquinas tejedoras, las cuales, a lo largo del tiempo, han evolucionado en su tecnología. Sin embargo, en muchas ocasiones surge la necesidad de realizar alguna adaptación o mejora en algún o algunos de sus elementos (Texindex, 2020; Valsareny, 2020).

Asimismo, para el caso de estudio de la presente investigación, la máquina tejedora modelo ILT3 presenta la problemática de fallas frecuentes en la corona del reductor (transmisión). Dicha transmisión genera el movimiento del rodillo de extracción de tejido, en ese rodillo se lleva a cabo el enrollado de la tela y, derivado de fallas frecuentes en la corona, no es posible llevar a cabo un proceso de enrollado adecuado, donde la velocidad de la tela enrollada es importante como parte del proceso y, además, esto afecta la calidad del producto terminado (School, 2020; SIEMENS, 2020).

A partir de lo anterior, este proyecto presenta el proceso de diseño para el dispositivo a fin de controlar el enrollado de la tela en máquina tejedora ILT3, para lo cual se ha considerado utilizar el Procedimiento para Selección de Diseño Óptimo, como metodología de apoyo (Bernardo, 2022; Munari, 1981).

Método

A fin de llevar a cabo el presente diseño de dispositivo para control de enrollado de tela en máquina tejedora ILT3 para la industria textil, se ha determinado el siguiente procedimiento:

- 1) Identificar el proceso de tejido de la tela en la máquina tejedora.
- 2) Definir y ejecutar el proceso de diseño a utilizar (Munari, 1981).
- 3) Realizar la propuesta de diseño del dispositivo capaz de controlar el enrollado en tela en la máquina tejedora modelo ILT3.

1) Proceso de tejido de tela

Para llevar a cabo el proceso de tejido de la tela, en la Figura 1 se observa el diagrama de flujo que ilustra el proceso que se lleva a cabo para la elaboración de la tela en la máquina tejedora; desde la preparación del material y almacenamiento hasta lograr obtener el producto final (Bolton, 1986; Myszkka, 2012; Reyes Cortez et al., 2013).

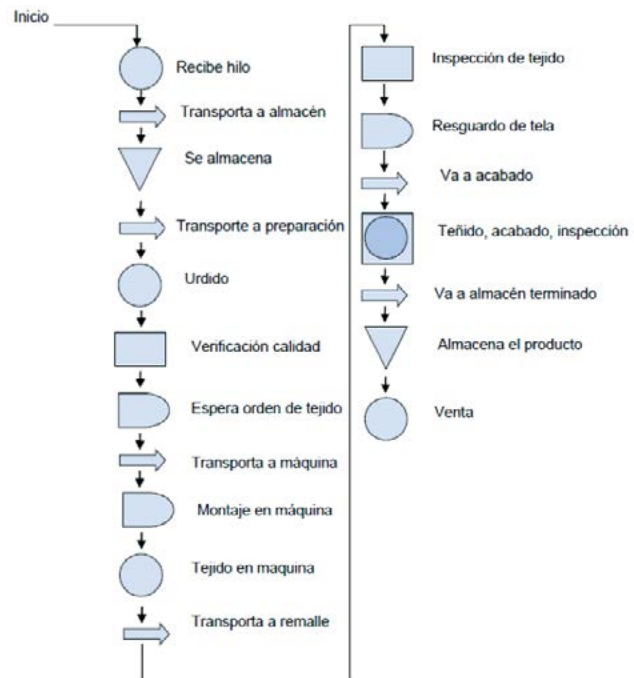


Figura 1. Diagrama de flujo para elaboración de tela
Nota: El gráfico presenta el diagrama de flujo correspondiente al proceso de fabricación de la tela, cabe mencionar que dicho diagrama muestra desde que se recibe el hilo (materia prima) hasta la venta del producto terminado.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 1, se puede observar que dentro del diagrama de flujo se encuentra el proceso denominado “Tejido en máquina”, que básicamente es donde se lleva a cabo la fabricación de la tela. Asimismo, en la Figura 2, se muestra el diagrama de bloques, correspondiente a los pasos que se deben llevar a cabo para el montaje de preparación de la máquina tejedora y posteriormente llevar a cabo el proceso de “Tejido en máquina”.

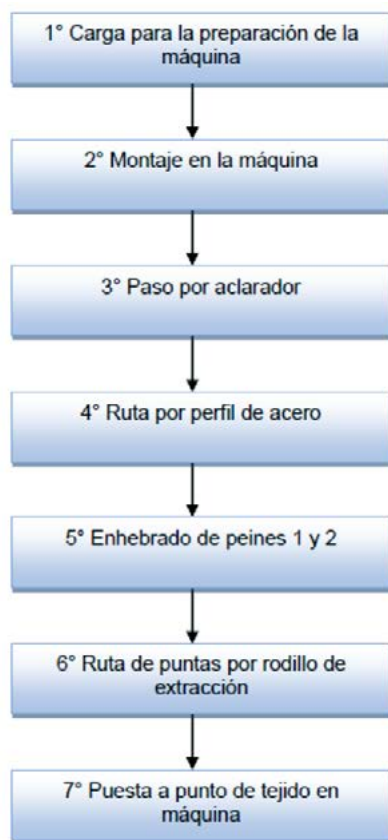


Figura 2. Proceso de montaje para la preparación de la máquina tejedora ILT3.

Nota: El gráfico presenta el diagrama de bloques correspondiente al proceso de montaje para la preparación de la máquina tejedora. Fuente: Elaboración propia.

Cabe mencionar que cuando la tela se enrolla y no presenta la calidad deseada, esto derivado del desgaste en la transmisión de los rodillos de la máquina, que a su vez afecta la velocidad y fuerza de dichos rodillos, se ajusta o repara la transmisión y el procedimiento y/o pasos, se tienen que volver a llevar a cabo desde el inicio (B, Z. I, 2020; Logicbus, 2020).

2) Proceso de diseño de dispositivo

Para llevar a cabo el proceso de diseño del dispositivo para control de enrollado de tela en máquina tejedora ILT3, se ha considerado utilizar el método denominado Procedimiento para Selección de Diseño Óptimo, ya que es un proceso claro y permite considerar alternativas de solución, mismas que se evalúan,

con la finalidad de obtener un diseño óptimo, dicho procedimiento de diseño se puede observar en la Figura 3 (Munari, 1981).

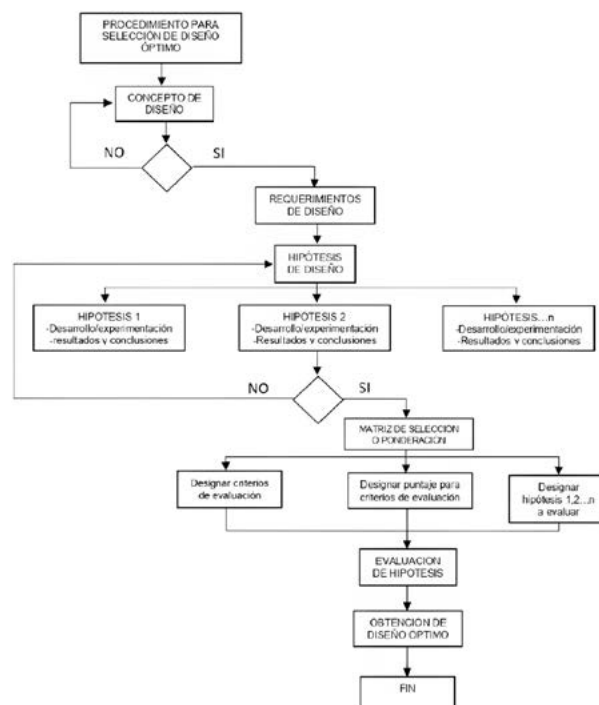


Figura 3. Procedimiento para selección de diseño óptimo.

Nota: El gráfico presenta el procedimiento para determinar el diseño óptimo, a partir de hipótesis de diseño propuestas, ponderación y evaluación de estas. Recurso: Bernardo (2022: 137); Bolton (1986) y Valsareny (2020).

A continuación, se describe el procedimiento de diseño utilizado:

a) Concepto de diseño

Se determina que el concepto de diseño está en función del “diseño de dispositivo para control de enrollado de tela en máquina tejedora ILT3”.

b) Requerimientos de diseño

Los requerimientos de diseño identificados son los siguientes:

- Respetar el ancho de tela: 2.20 m.
- El dispositivo debe programarse a la velocidad requerida en cualquier momento.
- El dispositivo debe contar con velocidad constante.



- El dispositivo debe contar con suministro de energía todo el tiempo.
- El dispositivo debe ser resistente a impactos.
- El dispositivo debe trabajar cuando trabaja la máquina.
- El dispositivo debe detenerse cuando se detenga la máquina.
- El dispositivo debe ser movable.

c) Hipótesis de diseño

Como parte del proceso de diseño, se han considerado tres hipótesis (Marcombo, 1986; Munari, 1981).

Hipótesis 1. *Es posible diseñar y fabricar un modelo a tamaño natural, implementando un motorreductor en la pared de la máquina que permita el enrollado de la tela de manera suspendida, así como proporcionar la fuerza y velocidad requerida.*

Para poder desarrollarla es necesario desconectar la transmisión del freno del *clutch*, por lo tanto, a partir de la implementación de dicho motorreductor acompañado de su respectivo piñón y cadena, se puede controlar el ancho del enrollado del tul, como se observa en la Figura 4.

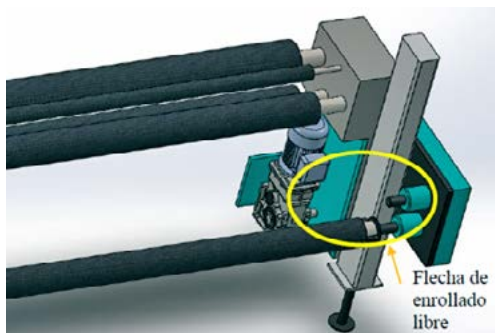


Figura 4. Hipótesis 1.

Nota: Analizando la presente hipótesis, se cuenta con una estructura sencilla, la cual solamente basta con adicionar una placa de soporte para el motorreductor como elemento principal y fijo, que proporciona el movimiento del enrollado, cabe mencionar que el costo de esta propuesta es relativamente bajo. Fuente: Elaboración propia.

Hipótesis 2. *Es posible diseñar y fabricar un modelo a tamaño natural mediante la implementación de un enrollador a piso por medio de un servomotor con su respectivo reductor y transmisión por engranes, el cual proporciona la fuerza y velocidad requeridas.*

El dispositivo tendrá que ser rígido, que cubra la mayor área dentro del espacio de trabajo para el enrollado y tiene que ser movable para futuros mantenimientos en la máquina. Esto se puede observar en la Figura 5.

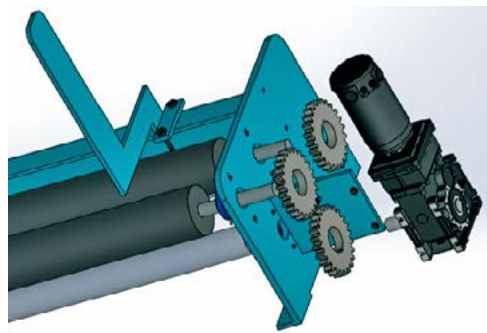


Figura 5. Hipótesis 2.

Nota: El análisis de la hipótesis 2 cuenta con ciertas características que, debido a los elementos que incorpora en su sistema, destaca el servomotor, el cual es un elemento muy preciso a la hora de trabajar, ya que por medio de su *driver* es posible ajustar la velocidad de una manera más precisa y constante. Fuente: Elaboración propia.

Hipótesis 3. *Es posible diseñar y fabricar un modelo a tamaño natural con la implementación de un enrollador a piso con transmisión por medio de un motorreductor, catarinas y cadena, el cual proporciona la fuerza y velocidad requeridas.*

De acuerdo con la recopilación de los datos correspondientes, las especificaciones de desempeño y los objetivos del presente proyecto de investigación (Tecnología, 2020; Transtecno, 2020), la propuesta deberá contar con las siguientes características:

- Se propone un marco de acero rígido, el cual será la estructura del dispositivo.
- Se implementarán 2 rodillos que servirán de guía en el paso de la tela.



- Se implementarán 2 rodillos que ayudarán de soporte al enrollado de la tela.
- El responsable del movimiento será un motorreductor, el cual dará la velocidad y fuerza necesarias para el funcionamiento del dispositivo.
- Se realizará la conexión de un *driver*, el cual será alimentado por una fuente de corriente directa y programado para el correcto trabajo del motorreductor.
- La transmisión del reductor hacia los rodillos será por medio de un juego de catarinas y cadena.

En la Figura 6, se presenta la hipótesis 3 en mención.

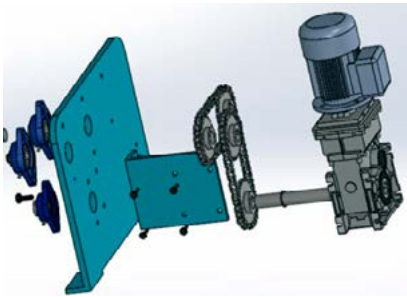


Figura 6. Hipótesis 3.
Nota: La presente hipótesis 3 cuenta con una estructura y una transmisión de piñón-cadena, que proporciona un correcto funcionamiento y fácil acceso a la programación de la velocidad deseada del usuario, debido a que los elementos incorporados lo hacen un dispositivo accesible en costos y existencias de refacciones en el mercado. Fuente: Elaboración propia.

d) **Matriz de selección o ponderación**

Con base en las diferentes hipótesis de diseño (hipótesis 1, hipótesis 2 e hipótesis 3, respectivamente), se evalúan a través de una matriz de selección o ponderación, con el objetivo de seleccionar el diseño óptimo del dispositivo.

Cabe mencionar que, para llevar a cabo la matriz de selección o ponderación, se han utilizado los siguientes criterios de evaluación:

- *Programación de la velocidad.* Lo que se busca es que la velocidad se pueda modificar por el usuario en el momento que se requiera.
- *Costo beneficio.* El costo del dispositivo es vital para lograr la fabricación de varios dispositivos.
- *Movilidad.* El presente criterio de evaluación se refiere a que el dispositivo en cualquier momento pueda ser desconectado de la máquina para poder desplazarlo de lugar, con el objetivo de realizar los futuros mantenimientos programados.

Asimismo, la escala de puntaje considerada para estos criterios de evaluación se establece en un rango de 0 a 5 puntos (Yaskawa, 2020).

En la Tabla 1, se presenta la tabla de evaluación o ponderación realizada.

Tabla 1. Tabla de evaluación o ponderación.

Criterio de evaluación	Hipótesis 1	Hipótesis 2	Hipótesis 3
1. Programación de la velocidad	5	3	5
2. Costo beneficio	5	1	5
3. Movilidad	0	5	5
Puntaje total	10	9	15
Selección de hipótesis del diseño óptimo del enrollador			√

Nota: La Tabla 1 muestra la ponderación de las hipótesis a partir de los criterios de evaluación y los respectivos puntajes relacionados entre ellos. Fuente: Elaboración propia.



Con base en la matriz de selección o ponderación realizada, el diseño óptimo del enrollador de tela es el correspondiente a la hipótesis 3: *Es posible diseñar y fabricar un modelo a tamaño natural implementando un enrollador a piso con transmisión por medio de un motorreductor, catarinas y cadena, el cual proporciona la fuerza y velocidad requerida.* Esta hipótesis fue la que obtuvo un puntaje mayor (15 puntos) en comparación con las otras dos hipótesis.

Resultados

A partir de la evaluación de las diferentes hipótesis y seleccionar la hipótesis del diseño óptimo del enrollador se prosigue a la *obtención del diseño óptimo*.

Cabe mencionar que, para obtener el diseño óptimo y determinar algunos aspectos en él, como materiales, dimensiones, sistemas eléctricos, sistemas electrónicos y demás elemen-

tos involucrados, fue necesario trabajar de manera multidisciplinaria con personal de diferentes áreas y/o perfiles profesionales, como lo son ingenieros, herreros, torneros, mecánicos y electricistas, principalmente.

Como resultado, se obtuvo el *diseño de dispositivo para control de enrollado de tela en máquina tejedora ILT3*. En la Figura 7, se muestra el diseño a partir de un dibujo de conjunto.

En la Figura 8 se muestra, en detalle, la parte del dibujo de conjunto de la transmisión del diseño del dispositivo.

Por último, en la Figura 9 se muestra un segundo detalle del dibujo de conjunto del diseño del dispositivo, correspondiente a extremo izquierdo de los rodillos, lugar donde se lleva a cabo la fijación de los rodillos con el elemento no. 2, denominado base izquierda.

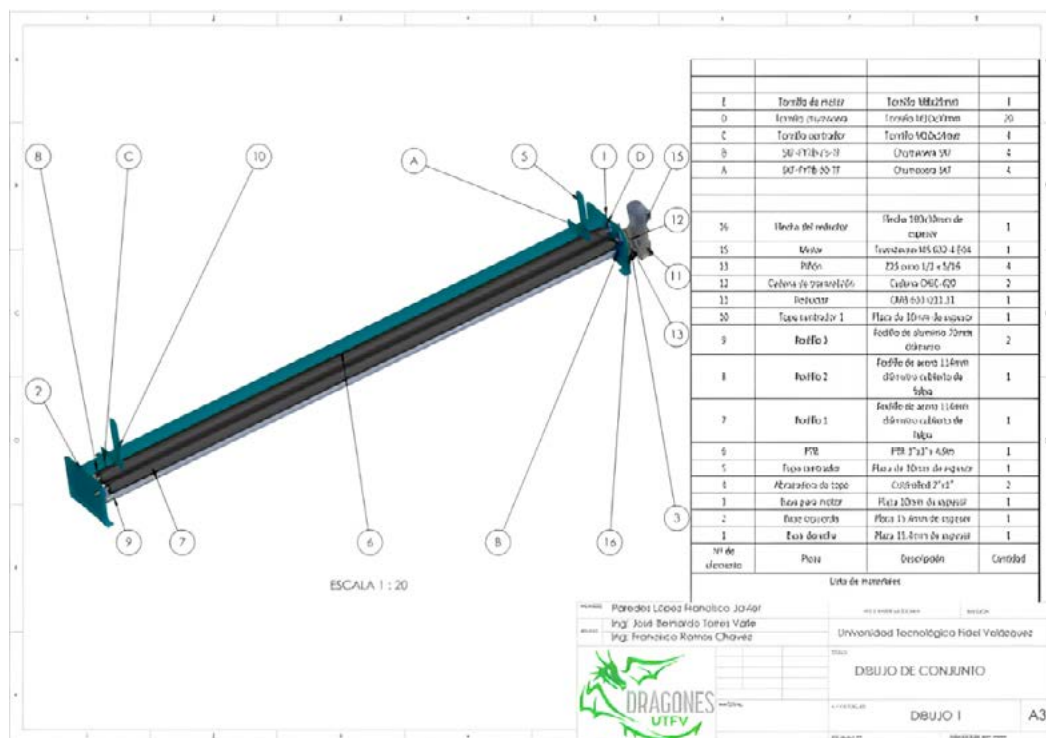


Figura 7. Diseño de dispositivo para control de enrollado de tela en máquina tejedora ILT3.
 Nota: El gráfico presenta el diseño óptimo del dispositivo, asimismo, para llevar a cabo el proceso de fabricación se deberán realizar los dibujos de definición de cada uno de los componentes del sistema. Fuente: Elaboración propia.

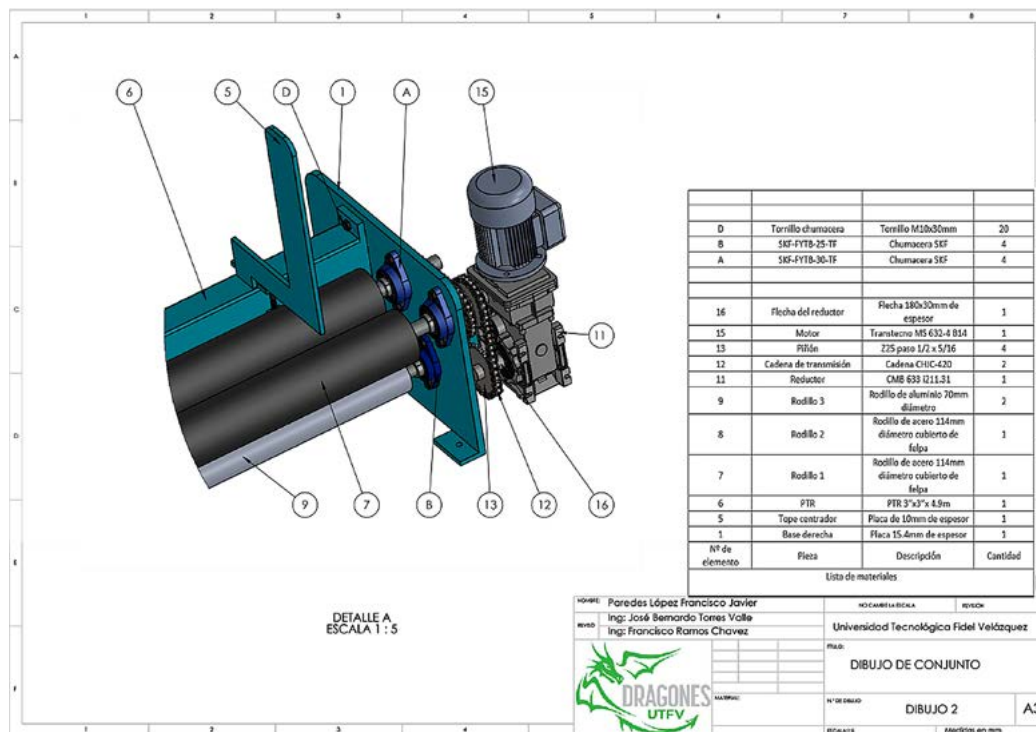


Figura 8. Detalle de la transmisión del diseño de dispositivo para control de enrollado de tela en máquina tejedora ILT3. Nota: El gráfico presenta un dibujo de detalle a escala 1:5, correspondiente al sistema de transmisión. Fuente: Elaboración propia.

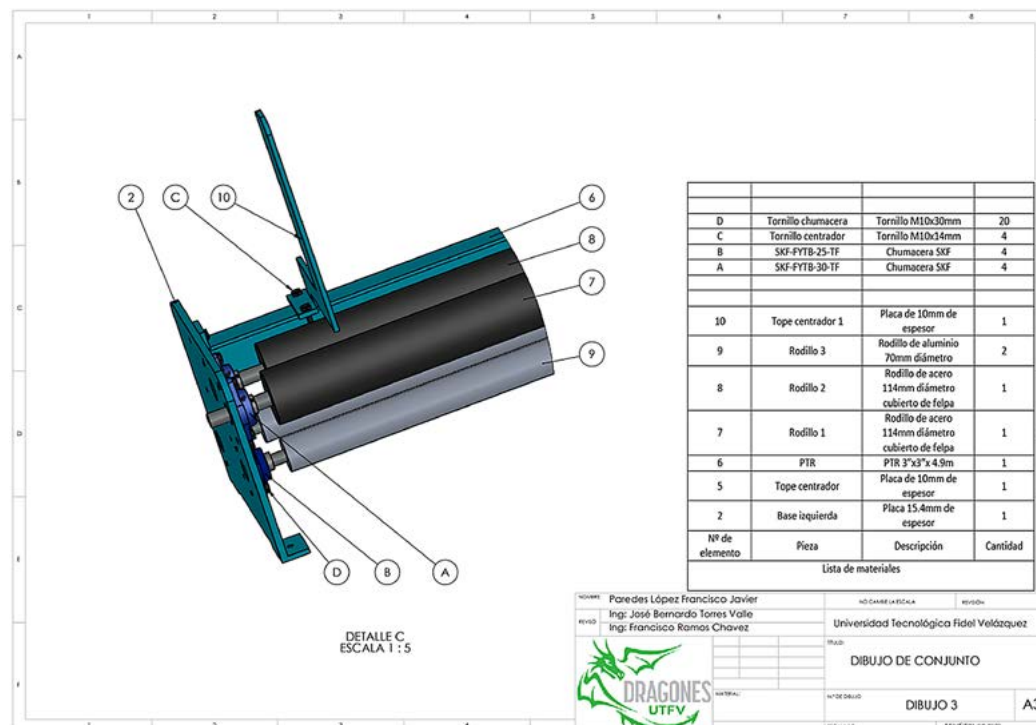


Figura 9. Detalle de fijación de rodillos con la base izquierda del diseño del dispositivo para control de enrollado de tela en máquina tejedora ILT3. Nota: El gráfico presenta un dibujo de detalle a escala 1:5, correspondiente a la fijación de rodillos con la base izquierda del diseño del dispositivo. Fuente: Elaboración propia.



Conclusiones

A partir del proyecto realizado se puede concluir:

- En ocasiones, las máquinas o sistemas mecánicos para los procesos productivos requieren que se lleven a cabo ajustes en su diseño original, ya que, como en el presente proyecto, no es suficiente realizar los mantenimientos preventivos para garantizar la funcionalidad adecuada por la cual fueron diseñados y fabricados.
- La utilización del "Procedimiento para la Selección del Diseño Óptimo" permitió identificar y priorizar requerimientos de diseño, los cuales están en función de satisfacer las necesidades del usuario y obtener la calidad deseada, asimismo, el proponer y evaluar diferentes hipótesis de diseño permitió obtener el diseño óptimo o la mejor alternativa de diseño requerida.
- El trabajo en equipo o multidisciplinario con personal de diferentes áreas y perfiles profesionales para la obtención del diseño óptimo favoreció, sin duda alguna, la realización del presente proyecto de investigación.

Cabe mencionar que el presente diseño se fabricó y posteriormente se llevó a cabo el proceso de instalación y puesta en marcha en la máquina tejedora ILT3. Sin embargo, sería interesante para trabajos futuros, llevar a cabo un análisis y evaluación de la eficiencia del dispositivo diseñado.

Referencias

- B, Z. I. (20 de Julio de 2020). Dibujo técnico interpretación gráfica para la formación profesional. Obtenido de <https://ibiguridt.wordpress.com/temas/conjunto/>
- Bernardo, T. V. (2022). Diseño de un sistema automatizado para ayudar a evitar úlceras por presión. CDMX, México.
- Bolton, W. (1986). Mecatrónica. En W. Bolton, *Sistemas de control electrónico en ingeniería mecánica y eléctrica*. 2 edición (pág. 538). Alfaomega.
- Euroinnova (17 de junio de 2020). euroinnova.mx. Obtenido de <https://www.euroinnova.mx/blog/disenio-mecanico>
- Logicbus (11 de diciembre de 2020). logicbus 20 years. Obtenido de <https://www.logicbus.com.mx/automatizacion>
- Marcombo (1986). Sistemas CAD/CAM/CAE. En Marcombo, diseño y fabricacion por computador (pág. 381). Boixareu.
- Munari, B. (1981). *¿Cómo nacen los objetos?* Barcelona: Gustavo Gili.
- Myszka, D. H. (2012). *Máquinas y mecanismos*. México: Pearson.
- Norton, R. L. (2009). *Diseño de maquinaria*. Ciudad de México: Mc Graw Hill.
- Reyes Cortez, F., Cid Monjaraz, J., & Vargas Soto, E. (2013). *Mecatrónica. Control y automatización*. Alfa Omega.
- School, M. C. (20 de julio de 2020). MST. Obtenido de <https://www.mstschool.mx/post/que-es-dise%C3%B1o>
- SIEMENS (16 de junio de 2020). *SIEMENS*. Obtenido de <https://www.plm.automation.siemens.com/global/es/our-story/glossary/computer-aided-design-cad/12507>
- Tecnología (20 de julio de 2020). *Área Tecnológica*. Obtenido de <https://www.area tecnologica.com/electronica/mecatronica.html>
- Texindex (20 de julio de 2020). *Texindex*. Obtenido de: <http://run-yuan.texindex.com/>
- Transtecno (20 de julio de 2020). *Transtecno*. Obtenido de: <https://www.transtecno.com/mx/>
- Valsareny (20 de octubre de 2020). *Textil Valsareny*. Obtenido de: <https://textilvalsareny.com/blog/maquinas-textiles-industriales/>
- Yaskawa (22 de julio de 2020). *Yaskawa*. Obtenido de file:///C:/Users/hogar/Downloads/TOSPC71060622.pdf

Gestión, Economía y Social

Esta sección reúne artículos que abordan problemáticas relacionadas con la logística, la seguridad laboral, la cooperación tecnológica y el impacto social de los procesos económicos. Estos artículos hablan de la importancia de optimizar las cadenas de suministro, fortalecer las condiciones de seguridad e higiene en las empresas, impulsar la colaboración entre la academia y la industria y reflexionar sobre los efectos sociales y humanos de la globalización. El enfoque multidisciplinario es fundamental en estos trabajos que evidencian cómo la gestión eficiente y la innovación pueden contribuir al desarrollo económico y social.





La última milla como determinante de la productividad logística en México: evidencia estadística y análisis territorial en el Estado de México

LUIS DANIEL VARGAS GUTIÉRREZ

Universidad Tecnológica Fidel Velázquez

daniel.vargas@utfv.edu.mx

Resumen

La última milla constituye el tramo final de la cadena de suministro y representa el componente más intensivo en costos dentro de los sistemas logísticos contemporáneos. El objetivo de este estudio es analizar la última milla como herramienta estratégica de productividad logística, integrando fundamentos teóricos clásicos y evidencia empírica del contexto mexicano, con énfasis territorial en el Estado de México. Se desarrolló una investigación documental con análisis comparativo de literatura académica y reportes sectoriales. Los resultados muestran que la última milla puede representar hasta 53 % del costo logístico total en ciertos modelos de comercio electrónico, mientras que el mercado mexicano superó los 2177 millones de dólares en 2023 con proyecciones crecientes hacia 2030. Concluye que la optimización de rutas, la digitalización y la planificación territorial son determinantes para incrementar la productividad logística regional.

Palabras clave: última milla, productividad logística, cadena de suministro, optimización de rutas, México.

Introducción

La logística moderna se fundamenta en la integración eficiente de flujos físicos e informativos (Bowersox, Closs y Cooper, 2019). Christopher (2016) señala que la ventaja competitiva se basa en el tiempo y la capacidad de respuesta de la cadena de suministro. En este marco, la última milla se convierte en el punto crítico donde el desempeño logístico impacta directamente la experiencia del cliente.

Laporte (2009) demuestra que la optimización de rutas mediante modelos de Vehicle Routing Problem (VRP) reduce costos y mejora la utilización de flota, principios esenciales en entornos urbanos de alta densidad.

En México, el crecimiento del comercio electrónico ha incrementado la presión sobre la infraestructura logística urbana, especialmente en zonas metropolitanas.



Objetivo del trabajo

El presente artículo tiene el propósito de evidenciar cómo la última milla es una herramienta de la productividad, la competitividad y un motor económico en el sector logístico en México y el Estado de México; aunque su extensión geográfica es corta, este tramo es el más costoso, complejo y determinante en la percepción del servicio logístico, ya que influye directamente en la experiencia de compra, la satisfacción del cliente y la competitividad de las empresas.

Resultados

Dimensión económica del mercado mexicano

Los datos de la Tabla 1 muestran crecimiento sostenido del mercado, impulsado por el comercio electrónico y la digitalización. Sin embargo, estudios contemporáneos indican que la última milla puede representar hasta el 53 % del costo logístico total en determinados modelos de comercio electrónico en México.

Desde la teoría de redes logísticas, Bowersox et al. (2019) señalan que la ubicación estratégica de nodos de distribución es un determinante clave del desempeño. En México, esto explica el crecimiento de parques logísticos en zonas metropolitanas

Impacto en estructura de costos

La última milla constituye el componente de mayor variabilidad y sensibilidad operativa. No obstante, esta variabilidad confirma lo señalado por Christopher (2016): el nivel de servicio (rapidez, puntualidad, flexibilidad) incrementa costos marginales, por lo que la productividad depende del equilibrio estratégico entre costo y servicio.

En la Figura 1 se presenta la participación estimada de la última milla en costos logísticos totales.

Tabla 1. Mercado de última milla en México (estimaciones recientes)

Indicador	Valor estimado
Valor de mercado 2023	USD 2,177 millones
Proyección 2030	USD 3,600 millones
Tasa estimada anual de rendimiento	7.4 %
Participación de costos logísticos	Hasta 53 %

Fuente: Elaboración propia con base en Grand View Research (2024).

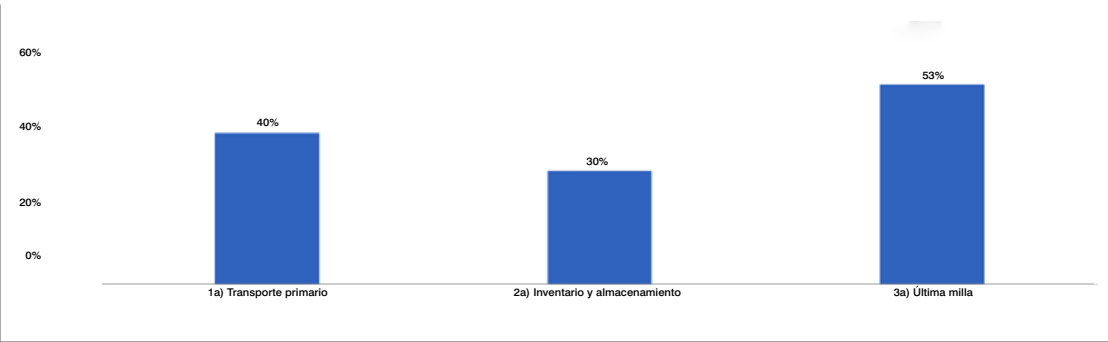


Figura 1. Participación estimada de la última milla en costos logísticos totales (Christopher, 2016). Fuente: Elaboración propia



Productividad y optimización

Modelos de entrega en puntos alternativos pueden reducir costos hasta 19.9 puntos porcentuales (Akkerman, Dieter y Mes, 2023). Laporte (2009) explica que la optimización de rutas reduce costos de transporte y mejora utilización de flota; la teoría de la ventaja competitiva basada en tiempo, desarrollada por Christopher (2016), indica que reducir el tiempo del ciclo logístico incrementa la competitividad. La Tabla 2 presenta los indicadores clave de productividad en última milla.

va de entregas, que reduce costos al agrupar envíos. Estas soluciones permiten disminuir tiempos de entrega, mejorar la eficiencia de la flota y reducir costos logísticos.

Contexto territorial

El Estado de México constituye uno de los principales polos logísticos del país debido a su proximidad con la Zona Metropolitana del Valle de México, conectividad carretera hacia corredores industriales, infraestructura cercana al Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

Tabla 2. Indicadores operativos de productividad en última milla (Christopher, 2016)

Indicador	Impacto en productividad
Costo por paquete	Reducción directa de margen negativo
Entregas por hora	Incremento en eficiencia laboral
Tasa de primera entrega exitosa	Disminución de costos de reintento
Tiempo promedio de ruta	Optimización de combustible y flota

El logro de la productividad mediante los indicadores operativos se alcanza a través de los Micro-hubs urbanos, sistemas de ruteo dinámico, plataformas de trazabilidad en tiempo real y consolidación colaborativa de entregas. El logro de la productividad mediante los indicadores operativos se alcanza a través de estrategias como los micro-hubs urbanos, que acercan los puntos de distribución al cliente final; los sistemas de ruteo dinámico, que optimizan recorridos en tiempo real; las plataformas de trazabilidad, que permiten monitoreo y control operativo y la consolidación colaborati-

Desde la perspectiva de la teoría de localización industrial, la proximidad al mercado reduce costos de transporte y mejora tiempos de respuesta, aumentando la productividad sistémica.

Sin embargo, la concentración de infraestructura industrial y la conectividad estratégica enfrentan:

- Alta congestión urbana.
- Dispersión territorial.
- Restricciones de movilidad.



Figura 2. Factores que afectan la productividad en última milla. Fuente: Elaboración propia.



La Figura 2 muestra los factores que afectan la productividad en última milla. Estos factores incrementan costos de última milla y requieren soluciones basadas en optimización avanzada y planificación territorial.

Discusión

Los hallazgos confirman tres principios teóricos:

1. *Integración sistémica*. Bowersox et al. (2019) enfatizan la integración y el costo total.
2. *Ventaja competitiva basada en tiempo*. Christopher (2016) destaca el servicio y tiempo como ventaja competitiva.
3. *Optimización del ruteo*. Laporte (2009) muestra que el impacto en la optimización de rutas se convierte en una palanca de la productividad.

Por lo anterior, en México la última milla representa simultáneamente el mayor desafío de costos y la mayor oportunidad de mejora productiva. En el Estado de México, el desarrollo de micro-hubs urbanos y sistemas colaborativos puede incrementar la competitividad regional y principalmente ser un motor económico si reduce costo por entrega, genera mayor tasa de entregas exitosas y mejora la experiencia del consumidor.

Conclusiones

La última milla es un determinante estructural de la productividad logística en México. Su impacto económico, su peso en la estructura de costos y su dependencia de variables urbanas la convierten en un eje estratégico de competitividad.

La evidencia académica y estadística demuestra que, lejos de ser un simple tramo final, la última milla en el Estado de México es una estrategia logística que se convierte en un valor tangible de 1423 millones de dólares en los próximos 5 años a nivel nacional.

Referencias

- Akkerman, R., Dieter, H., y Mes, M. (2023). Out-of-home delivery and cost optimization in last-mile logistics. *Arxiv*.
- Bowersox, D. J., Closs, D. J., y Cooper, M. B. (2019). *Supply Chain Logistics Management* (4a. ed.). McGraw-Hill.
- Christopher, M. (2016). *Logistics and Supply Chain Management* (5a. ed.). Pearson.
- Grand View Research (2024). *Mexico last mile delivery market size report 2024–2030*. Grand View Horizon.
- Laporte, G. (2009). Fifty years of vehicle routing. *Transportation Science*, 43(4), 408–416.
- Mordor Intelligence (2025). *Mexico last mile delivery market forecast 2026–2031*.



La cadena de suministro en México y su impacto en el comercio exterior

MTRA. MELVA VELARDE ARZATE

Universidad Tecnológica Fidel Velázquez

melva.velarde@utfv.edu.mx

Introducción: El nexo vital entre logística y mercados globales

En la era de la globalización, la frontera entre la producción local y el consumo internacional se ha vuelto casi invisible. Sin embargo, detrás de cada producto que cruza un océano o una frontera terrestre, existe una maquinaria compleja y a menudo invisible: la cadena de suministro (CS). Este sistema no solo representa el movimiento físico de mercancías, sino que se ha consolidado como el sistema circulatorio del comercio exterior.

Históricamente, el comercio exterior se enfocaba en aranceles y tratados comerciales, hoy, la competitividad de una nación no depende solo de sus acuerdos políticos, sino de su eficiencia logística. La capacidad de gestionar el flujo de información, materiales y capital desde el origen hasta el consumidor final es lo que determina si un país es un actor relevante o solo un espectador en la economía mundial.

Los desafíos de la modernidad

El impacto de la cadena de suministro en el comercio internacional es bidimensional:

- *Como facilitador*: Una CS optimizada reduce los tiempos de tránsito y los costos operativos, permitiendo que las pymes y grandes empresas compitan en igualdad de condiciones en mercados distantes.
- *Como barrera*: La falta de infraestructura, la burocracia aduanera y la volatilidad de los precios del transporte pueden actuar como “aranceles invisibles” que frenan el crecimiento económico.

Objetivo de la investigación

Este análisis busca explorar cómo la integración tecnológica, la sostenibilidad y la resiliencia de la cadena de suministro dictan el éxito de las operaciones de exportación e importación. En un mundo marcado por la incertidumbre geopolítica, entender esta relación ya no es una opción operativa, sino un imperativo estratégico.

La sincronización como motor de exportación

Para que un país sea competitivo, sus empresas deben integrar sus procesos internos con los mercados externos. Un artículo de investigación estándar destaca que la eficiencia en la CS reduce los costos transaccionales, lo que permite que los productos lleguen a precios competitivos a destinos internacionales [1, 2].

Componentes críticos del impacto

La literatura identifica tres pilares donde la CS afecta directamente al comercio:

- *Logística de salida*: La infraestructura (puertos, carreteras, aeropuertos) determina la velocidad de entrega [1, 3].
- *Gestión de riesgos*: La capacidad de reaccionar ante crisis globales (pandemias, guerras, bloqueos de canales) define la resiliencia del comercio exterior [4].
- *Tecnología (Blockchain e IA)*: La digitalización permite la trazabilidad total, reduciendo fraudes y tiempos de aduana [5, 6].

El efecto en la balanza comercial

Una cadena de suministro optimizada permite la implementación de modelos como el Just-



in-Time (JIT) a escala global. Esto reduce la necesidad de grandes inventarios, liberando capital de trabajo y mejorando la posición financiera de las empresas exportadoras.

Logística internacional y distribución física internacional (DFI)

El impacto en el comercio exterior se materializa a través de la DFI, que es el proceso logístico de situar un producto en el mercado internacional cumpliendo con los términos negociados (*Incoterms*).

- *Incoterms (International Commercial Terms)*: Son las reglas que definen el punto de entrega y la transferencia de riesgo en la cadena de suministro global.
- *Nodos logísticos*: Puntos de conexión (puertos, aeropuertos, centros de transferencia) donde la CS se encuentra con las regulaciones aduaneras.

La gestión de la cadena de suministro global (GSCM)

A diferencia de la gestión local, la GSCM (Global Supply Chain Management) debe lidiar con variables críticas que afectan el flujo comercial:

1. *Barreras arancelarias y no arancelarias*: Impuestos y normativas técnicas que la CS debe absorber.
2. *Riesgo cambiario*: La fluctuación de divisas que altera los costos de transporte y materia prima.
3. *Lead Time Internacional*: El tiempo total desde el pedido hasta la entrega final, que es el indicador clave de eficiencia en comercio exterior.

Tendencias contemporáneas en el marco teórico

- *Resiliencia y redundancia*: Tras crisis globales, la teoría ha pasado del "Just-in-Time" (eficiencia pura) al "Just-in-Case" (capacidad de respuesta ante interrupciones).

- *Logística Verde (Green Logistics)*: El impacto ambiental de la CS ahora condiciona el acceso a mercados internacionales con regulaciones ecológicas estrictas.

Marco teórico

El sector automotriz (el modelo "Just-in-Time")

México es el cuarto exportador mundial de vehículos ligeros. La cadena de suministro es tan integrada que una pieza puede cruzar la frontera con Estados Unidos hasta ocho veces antes de que el vehículo esté terminado [1, 7]. La Figura 1 muestra una imagen de implementación del modelo Just-in-Time en el sector automotriz mediante líneas de producción automatizadas.



Figura 1. Implementación del modelo Just-in-Time en el sector automotriz mediante líneas de producción automatizadas. Fuente: Imagen elaborada con DALL-E

Impacto: El uso de almacenes fiscales y la sincronización con proveedores globales permite que plantas en Puebla (VW) o Aguascalientes (Nissan) mantengan un flujo constante hacia mercados extranjeros.

Dato clave: La logística representa un costo crítico; cualquier retraso en la frontera afecta directamente el PIB manufacturero.

El Corredor Interoceánico del Istmo de Tehuantepec (CIIT)

Este es el ejemplo más actual de infraestructura diseñada para potenciar el comercio exte-



rior. Busca conectar los puertos de Salina Cruz (Oaxaca) con Coatzacoalcos (Veracruz).

Impacto: Al reducir el tiempo de transporte entre el Pacífico y el Atlántico, México ofrece una alternativa al Canal de Panamá. Esto transforma la cadena de suministro global al permitir que mercancías de Asia lleguen más rápido a la costa este de Estados Unidos.

El sector agroindustrial (cadena de frío)

México es el principal exportador de aguacate y berries. Aquí, el impacto de la cadena de suministro se mide en *horas de vida útil*.

Ejemplo: El “oro verde” de Michoacán requiere una cadena de frío ininterrumpida desde el huerto hasta los supermercados en Estados Unidos o Japón.

Impacto: Una falla logística (falta de contenedores refrigerados o bloqueos carreteros) se traduce en pérdida total del producto y sanciones comerciales internacionales.

El efecto del nearshoring

Empresas como Tesla (en Nuevo León) o Foxconn (en Chihuahua) han elegido a México para acortar su cadena de suministro.

Impacto: Al mover la producción de Asia a México, las empresas reducen el tiempo de entrega (*lead time*) de semanas a días para el mercado estadounidense. Esto ha disparado la demanda de parques industriales y servicios logísticos de última milla.

Conclusión

Tras el análisis de la relación entre la cadena de suministro (CS) y el comercio exterior, se concluye que la eficiencia logística no es solo un soporte operativo, sino el determinante crítico del éxito en los mercados internacionales.

De la eficiencia de costos a la resiliencia operativa

Históricamente, el impacto de la CS se medía exclusivamente por la reducción de costos. Sin embargo, la realidad global actual demuestra que la *resiliencia* (capacidad de absorber impactos y recuperarse) es ahora el factor que define la permanencia de un país en el comercio exterior. Las cadenas que priorizan la visibilidad y la flexibilidad sobre el costo mínimo son las que logran mantener el flujo comercial en tiempos de crisis.

La tecnología como facilitador comercial

La implementación de tecnologías como el Blockchain, la IA y el Big Data ha transformado el impacto de la CS en el comercio. Estas herramientas eliminan las asimetrías de información y reducen los tiempos en aduanas, permitiendo que productos de países emergentes compitan en mercados desarrollados con estándares de trazabilidad de primer nivel.

Sostenibilidad: el nuevo requisito de acceso

Finalmente, el impacto de la cadena de suministro en el comercio exterior está migrando hacia la descarbonización. Las empresas que no logren optimizar sus rutas y reducir su huella de carbono enfrentarán barreras no arancelarias en el futuro cercano. La logística “verde” ha pasado de ser una opción ética a una necesidad comercial para acceder a bloques económicos exigentes como la Unión Europea. De acuerdo con Christopher [8]:

“En el siglo *xxi*, no compiten las empresas ni los productos de forma aislada; *compiten las cadenas de suministro*. Un país con tratados comerciales sólidos, pero con una infraestructura logística deficiente está destinado al estancamiento. La inversión en una cadena de suministro ágil, digital y sostenible es la única vía para garantizar un crecimiento sostenido en el comercio exterior.”



Referencias

1. Chopra S, Meindl P. Administración de la cadena de suministro: estrategia, planeación y operación. 6a ed. Ciudad de México: Pearson Educación; 2016.
2. Christopher M. Logistics & supply chain management. 5a ed. Londres: Pearson; 2016.
3. Mentzer JT, DeWitt W, Keebler JS. Defining supply chain management. J Bus Logist. 2001;22(2):1-25.
4. Organización Mundial del Comercio. Informe sobre el Comercio Mundial 2023: Los cambios en la cadena de suministro [Internet]. Ginebra: OMC; 2023 [citado 27 feb 2026]. Disponible en: https://www.wto.org/spanish/res_s/booksp_s/wtr23_s.pdf
5. Banco Mundial. Logistics Performance Index 2024: Connecting to Compete [Internet]. Washington D.C.: World Bank; 2024 [citado 27 feb 2026]. Disponible en: <https://lpi.worldbank.org/>
6. Arrieta Posada JG. Interrelación entre la gestión de la cadena de suministro y el comercio exterior. Rev Logist. 2021;14(2):45-58.
7. Ramírez J. Impacto de la digitalización de la cadena de suministro en el comercio exterior de PyMEs en México [tesis]. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México; 2022.
8. Christopher, M. (2011). *Logistics & Supply Chain Management: Creating Value-Adding Networks* (4a ed.). Pearson Education.



Importancia del transporte terrestre refrigerado en la cadena de frío

DR. RAÚL PADILLA GÓMEZ, DANIELA ALEJANDRA MARTÍNEZ FERREIRA,
JANET MURUETA SÁNCHEZ, CRISTIAN LEONARDO FRÍAS RIVERA

Universidad Tecnológica Fidel Velázquez, División de Contabilidad Corporativa, Área Movilidad y Transporte.

raul.padilla@utfv.edu.mx, 25314019@utfv.edu.mx, 25111026@utfv.edu.mx, 25314063@utfv.edu.mx

Resumen

El presente artículo busca formalizar una base teórica en cuanto a la importancia del transporte terrestre refrigerado y su relevancia para mantener la cadena de frío, ya que los investigadores identifican una muy limitada literatura especializada mexicana y, en un país donde se trasladan más del 80 % de las mercancías por vía terrestre, es necesario colocar las bases para el crecimiento y desarrollo de literatura hacia futuras investigaciones. El transporte terrestre refrigerado es fundamental para mantener la cadena de frío, ya sea para el traslado de alimentos, medicinas, vacunas o cualquier otro producto que requiera cuidados en cuanto a la temperatura que debe preservar sus propiedades físicas o químicas. Una ruptura en la cadena de frío implica no solo el potencial rechazo de la mercancía, también podría representar un riesgo a la salud del consumidor final o pérdidas millonarias para las empresas u organismos que requieren contar con el producto. Mantener la cadena de frío exige infraestructura especializada en el punto de origen y en el punto destino, personal especializado y capacitado y, como veremos en este artículo, un transporte adecuado y más competitivo.

Introducción

La logística, el transporte y la cadena de frío son tres actores fundamentales para el desarrollo económico de los mercados, tanto a nivel local como a nivel global. El transporte por vía terrestre es, dentro de las diferentes modalidades de transporte existente, una de las más utilizadas y de las más competitivas derivado de sus grandes ventajas para entregar en cualquier destino y gracias a la última milla, prácticamente en cualquier lugar. La cadena de frío representa hoy día uno de los elemen-

tos más importantes que existen para desplazar cargas variadas pero que tienen como característica principal la preservación de su calidad y propiedades físicas y químicas por medio de un estricto control de temperatura (Figura 1). La globalización ha hecho que las personas y los negocios demanden productos que requieren temperaturas muy específicas para su almacenamiento y consumo, entendiendo que algunos productos se desplacen a distancias cortas, pero otros a distancias más lejanas, sin importar el tiempo y los kilómetros,



el punto origen del traslado, el transporte y el punto destino necesitan registros precisos de la temperatura del producto en el transporte para garantizar la calidad, preservación y posterior consumo del producto en cuestión. El objetivo del presente artículo es sentar bases conceptuales, teóricas y de divulgación científica de lo que debería representar un tema muy importante de investigación en México, derivado de la alta importancia social y comercial de un sector muy especializado del transporte [1].

CADENA DE FRÍO



Figura 1. La cadena de frío. Fuente: uDocz

Desarrollo

Según el gobierno de México, con datos acumulados al último trimestre del año 2025, a lo largo y ancho del país cerca del 85 % del total de las mercancías que son trasladadas de un punto a otro, lo hacen por vía terrestre [2]. De dicha totalidad, el Instituto Mexicano del Transporte, en su *Manual Estadístico del Transporte 2023*, tiene un registro de un 7.3 % de personal y empresas que se dedican al sector del transporte y almacenaje refrigerados, que con respecto al dato 2022, que es de un 6.2 %, representa un crecimiento de un año a otro de un 1.1 % [3]. En cuanto al porcentaje de viajes carreteros transportando carga refrigerada (Figura 2), se estima que al año dicho número corresponde al 6.9 % del total de viajes [2].

La Figura 3 muestra las proyecciones realizadas a este sector, donde se observa una ten-



Figura 2. Transporte refrigerado. Fuente: thelogisticsworld

dencia de crecimiento muy favorable. Según estimaciones en 2024 de IMARC Group, la cual es una empresa líder en investigación de mercados, el transporte refrigerado en México tendrá entre 2025 y 2033 una tasa de crecimiento anual compuesto promedio del 4.59 %, por lo que se estima que dicho mercado pueda crecer de 294 mdd en 2024 a 440.3 mdd para 2033 [3], entendiendo que la tasa de crecimiento anual compuesta (CARG o Compound Annual Growth Rate) es una medida económica que indica el crecimiento medio anual durante un periodo de tiempo determinado. Dicha importancia y tal crecimiento refuerzan la necesidad de conocer y entender mejor la situación actual y las necesidades que presenta este sector tan especializado del autotransporte.



Figura 3. Proyección anual de crecimiento del mercado refrigerado para México 2024-2033. Fuente: IMARC Group (Elaboración propia).



El poder transportar de manera segura alimentos, bebidas, medicamentos, productos o químicos que requieran controles rigurosos de temperatura y vacunas ha permitido una cadena de suministro completa en todos los países y en cada región, sin importar su clima o condiciones climatológicas. Sin embargo, comprender mejor este sector del transporte y la cadena de frío requiere entender ciertos términos y definiciones. La Global Cold Chain Alliance define al transporte en la cadena de frío como “transportar productos a temperatura controlada a lo largo de una cadena de suministro utilizando soluciones de envasado refrigerado para preservar la calidad de productos como productos agrícolas frescos, mariscos, alimentos congelados y productos farmacéuticos” [1]. De manera diferenciada, esta investigación presenta las siguientes definiciones propias. El transporte refrigerado es todo tipo de vehículo acondicionado para mantener una temperatura controlada durante todo su trayecto, y está equipado para mantener temperaturas propias de refrigeración o congelación, según las necesidades del producto transportado y los requerimientos del cliente y su infraestructura (Figura 4).

Con respecto a la cadena de frío, en México, la revista *Comercio Exterior* de Bancomext la define de la siguiente manera: “una cadena de suministro de productos y mercancías susceptibles al cambio de temperaturas, lo que puede mermar su valor, y para evitarlo se deben mantener en condiciones ambientales constantes” [2]. Medina Ramírez, el autor, define la cadena de frío como todos los procesos, actividades y mecanismos de medición y preservación de la temperatura según lo requiera el producto, desde el inicio de su proceso productivo hasta su destino final, incluyendo toda actividad de elaboración, almacenamiento, transportación y exhibición o consumo final.

Es tal la importancia del cuidado de la cadena de frío en cualquiera de sus etapas que la ruptura de esta puede ocasionar una maduración acelerada de productos alimenticios o la proliferación de bacterias en ellos, o tratándose de vacunas, la ruptura de la cadena de frío podría dañar su efectividad y afectar su potencia [4].

El transporte refrigerado en México presenta diversos desafíos. En la Tabla 1, se presentan los desafíos hallados, el impacto de dicho aspecto y las alternativas de solución.



Figura 4. Unidades refrigeradas. Fuente: thelogisticsworld



Tabla 1. Aspectos, desafíos e impacto en el transporte refrigerado y alternativas de solución.

Aspecto	Desafío en la cadena de suministro	Impacto en el transporte refrigerado	Posibles soluciones
Control de temperatura	Mantener la temperatura constante durante todo el trayecto	Pérdida de calidad del producto y desperdicio	Uso de sensores IoT y monitoreo en tiempo real
Infraestructura	Falta de equipos modernos y unidades refrigeradas eficientes	Fallas en el enfriamiento y retrasos	Renovación de flotas y mejora de almacenes refrigerados
Costos operativos	Aumento en costos de energía y combustible	Incremento en el precio final del producto	Uso de energías más eficientes y rutas optimizadas
Tecnología	Bajo nivel de digitalización en la cadena de frío	Falta de control y trazabilidad	Implementación de sistemas digitales y automatización
Capacitación del personal	Falta de personal especializado en manejo de cadena de frío	Errores en manipulación del transporte	Programas de capacitación continua
Sustentabilidad	Emisiones contaminantes de unidades refrigeradas	Impacto ambiental negativo	Uso de refrigerantes ecológicos y transporte sostenible
Regulaciones	Cumplimiento de normas sanitarias más estrictas	Riesgo de sanciones o rechazo de mecánica	Actualización constante y control normativo
Trazabilidad	Dificultad para rastrear el producto en tiempo real	Poca transparencia en el proceso logístico	Sistemas GPS y plataformas de seguimiento
Tiempo de entrega	Rastreo en la distribución	Pérdida de frescura y caducidad del producto	Planeación logística y optimización de rutas
Demanda del mercado	Aumento en la demanda de productos perecederos	Mayor presión sobre la cadena de frío	Expansión de infraestructura y mejor planeación

Fuente: Elaboración propia.



Conclusiones

Para México, el transporte terrestre representa la herramienta más importante de transporte de mercancías, tanto por las ventajas competitivas de la última milla como por costo, y cuando se trata del transporte refrigerado dicha importancia es aún mayor, derivado de la alta especialidad que representa el manejo adecuado de la cadena de frío. Como se pudo apreciar, gracias a diversos factores en los próximos años nuestro país tendrá una necesidad cada vez mayor de este tipo de transporte y de todo lo que rodea a la cadena de frío. El sector enfrenta diversos desafíos operativos y entre ellos también se encuentra la necesidad de elaborar textos de divulgación científica que no solo ayuden al sector a especializarse, también pueden servir de base para futuras investigaciones. Hoy en día, un porcentaje muy importante del éxito en las operaciones del transporte refrigerado es gracias al conocimiento empírico. Hay mucho por escribir, documentar e investigar, siempre con la finalidad de especializar al sector.

Referencias

1. Durm D. Cadena de frío. Mejores prácticas del transporte. Global Cold Chain Alliance; 2024.
2. Medina Ramírez S. Las cadenas de frío y el transporte refrigerado en México. Revista de Comercio Exterior. 2009 Dec 2;59(12):1010–7.
3. Instituto Mexicano del Transporte. Manual Estadístico del Sector Transporte. Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transporte, editor. Vol. 1. Ciudad de México: Gobierno de México; 2023.
4. Mercado del transporte refrigerado en México [Internet]. IMARC Group. 2026 [citado 2026 Feb 1]. Disponible en: <https://www.imarcgroup.com/report/es/mexico-refrigerated-transport-market>



Impacto de la globalización en las normas de los derechos humanos: la doble cara de la globalización

MARIA DE LOS ANGELES FONSECA ARENAS, GERARDO AGUILAR RIVERA, MARÍA ISABEL CALLEJA AGUILAR

Universidad Tecnológica Fidel Velázquez

angeles.fonseca@utfv.edu.mx, gerardo.aguilar@utfv.edu.mx, isabel.calleja@utfv.edu.mx



Fuente: Elaboración propia.

En el siglo *xxi*, la globalización ha dejado de ser un mero proceso de intercambio comercial para convertirse en el ecosistema dominante de la vida humana.

Mientras que las naciones más avanzadas consolidan su liderazgo mediante inversiones masivas en investigación y desarrollo (I+D), los países en desarrollo enfrentan el reto de proteger la dignidad de sus ciudadanos al amparo de los derechos humanos.

Actualmente, al hacer referencia a los derechos humanos, idealizamos un mundo globalizado con una justicia y una igualdad inexistentes.

El escenario global contemporáneo

La globalización, definida como la creciente interconexión de economías, culturas y poblaciones, ha transformado la estructura del mundo moderno. Mediante el intercambio comercial, tecnológico y de información, este fenómeno ha impulsado un crecimiento

económico sin precedentes, facilitando así la difusión de valores universales. No obstante, su despliegue manifiesta una naturaleza ambivalente: a la par que funge como motor de progreso, plantea desafíos críticos para la salvaguarda de la dignidad humana.

Esta tensión intrínseca se manifiesta en dos vertientes:

1. *Fuerzas impulsoras*: Facilitan el avance de los derechos al conectar al mundo, creando una mayor conciencia colectiva y permitiendo que las violaciones sean visibles y denunciadas a escala mundial. Sin embargo, esta conexión es limitada debido a que no todos los países poseen la misma infraestructura en ciencia y tecnología. En la Tabla 1 se muestra la clasificación del grupo de ingreso per cápita de los 20 países más avanzados dentro de un total de 195, lo que representa una concentración del poder en un número reducido de naciones.



Tabla 1. Países más avanzados del mundo [1]

CLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE GLOBAL DE INNOVACIÓN 2025	PAÍS	CLASIFICACIÓN DEL GRUPO DE INGRESOS	CLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE GLOBAL DE INNOVACIÓN 2025	PAÍS	CLASIFICACIÓN DEL GRUPO DE INGRESOS
1	Suiza	1	11	Alemania	10
2	Suecia	2	12	Japón	11
3	Estados Unidos de América	3	13	Francia	12
4	República de Corea	4	14	Israel	13
5	Singapur	5	15	Hong Kong, China	14
6	Reino Unido	6	16	Estonia	15
7	Finlandia	7	17	Canadá	16
8	Países Bajos	8	18	Irlanda	17
9	Dinamarca	9	19	Austria	18
10	China	1	20	Noruega	19

Nota: La clasificación del grupo de ingreso corresponde al ingreso per cápita de cada país.
Fuente: Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) de 2025

2. *Fuerzas de vulneración*: La primacía de los mercados financieros y la expansión de corporaciones transnacionales han generado asimetrías que pueden exacerbar la desigualdad, precarizar el trabajo y erosionar la soberanía de los Estados para proteger a sus ciudadanos. El análisis de estas fuerzas permite identificar tres componentes principales:

1. *Economía*: La primacía de los mercados financieros provoca que las decisiones globales se tomen pensando primero en el beneficio económico (bolsa de valores, inversión extranjera) y no en el bienestar social. La expansión de corporaciones transnacionales (como NVIDIA, Microsoft, Apple, Amazon, Google, Meta o grandes petroleras [1]) operan en tantos países que su presupuesto suele ser mayor que el producto interno bruto (PIB) de naciones enteras.

2. *Desigualdad*: El poder se concentra en pocos puntos del planeta. El crecimiento económico no llega a todos por igual; los dueños del capital se enriquecen más rápido de lo que suben los salarios. Ante esto, muchas naciones, para ser más “competitivas” y atraer inversiones, bajan sus estándares laborales, permitiendo contratos temporales, salarios bajos o menos beneficios sociales.

3. *La erosión de la soberanía estatal*: Este constituye el punto más crítico para la vigencia de los derechos humanos. La soberanía, entendida como la facultad de un Estado para autodeterminarse y gobernarse, se ve comprometida por el dilema del Estado: si un gobierno intenta incrementar la recaudación fiscal para fortalecer los servicios públicos o endurecer los marcos regulatorios ambientales, las corporaciones pueden amenazar con deslocalizar su producción



hacia jurisdicciones con legislaciones más laxas. Como resultado, el Estado se debilita y pierde su capacidad fáctica de proteger a la población, quedando supeditado a las dinámicas del mercado financiero internacional. En última instancia, cuando el capital transnacional supera el poder político de las naciones, la protección efectiva de los ciudadanos se vulnera.

Evolución histórica de la dignidad humana

El marco normativo que hoy intenta regular estos flujos globales es el resultado de siglos de lucha social [2]:



Fuente: Elaboración propia.

- *Raíces antiguas*: Desde el Cilindro de Ciro (539 a.C.) hasta la Carta Magna medieval, que comenzó a limitar el poder absoluto.
- *Revoluciones burguesas* (siglo XVIII): Surgieron los conceptos de derechos naturales e inalienables en la Declaración de Independencia de Estados Unidos y la Declaración de los Derechos del Hombre y del Ciudadano en Francia.
- *Consenso moderno* (1945-1948): Tras las atrocidades de las guerras mundiales, se establecieron la Carta de la ONU y la Declaración Universal de los Derechos Humanos (DUDH) en París, sentando las bases del derecho internacional contemporáneo.

Principios y obligaciones del marco normativo

Las normas de derechos humanos constituyen un armazón legal complejo y vinculante que se rige por directrices fundamentales [4]:

- *Universalidad*: Aplicables a todos sin distinción cultural o ideológica.
- *Indivisibilidad*: No existe jerarquía entre los derechos; los civiles y políticos son tan esenciales como los económicos y sociales.
- *Interdependencia*: El disfrute de un derecho depende de la aplicación de otros.
- *Progresividad y no regresividad*: Obligación de avanzar constantemente hacia su pleno cumplimiento y prohibición de retroceder en la protección ya alcanzada.

Para que estos principios sean operativos, los Estados asumen una *obligación tripartita*: *Respetar* (no interferir), *Proteger* (evitar que terceros violen derechos) y *Cumplir* (adoptar medidas positivas como salud y educación).

Sin embargo, la realidad actual demuestra que estos principios enfrentan obstáculos estructurales. Los mayores retos se concentran en la aplicación efectiva de los derechos y en una reinterpretación sesgada de su entendimiento supeditada a intereses económicos. Bajo esta premisa, se hace evidente que la ciencia no está exenta de la desigualdad global; no podemos hablar de derechos humanos plenos si la innovación no está al alcance de todos. La Tabla 2 muestra los líderes mundiales en inversión en investigación y desarrollo (I + D), en la que se observa esta desigualdad. De hecho, basta con observar cómo solo 15 países lideran la inversión mundial en I+D (Figura 1 y Figura 2) para comprender que, sin una gobernanza global que democratice el progreso, la globalización carece de legitimidad.



Tabla 2. Líderes mundiales en inversión en investigación y desarrollo (I + D)

POSICIÓN	PAÍS	GASTO EN I + D 2024 MILLONES DE DÓLARES	PARTICIPACIÓN GLOBAL	% DEL PIB EN I + D
1	China	785,900	27. 4%	2.7 %
2	EE. UU.	781,800	27.2 %	3.5 %
3	Japón	186,000	6.5 %	3.5 %
4	Alemania	132,200	4.6 %	3.1 %
5	Corea del Sur	126,400	4.4 %	5.3 %
6	Reino Unido	86,500	3.0 %	2.8 %
7	India	75,700	2.6 %	0.7 %
8	Francia	65,800	2.3 %	2.2 %
9	Turquía	43,200	1.5 %	1.4 %
10	Brasil	38,400	1.3 %	1.2 %
11	Rusia	38,100	1.3 %	0.9 %
12	Canadá	33,200	1.2 %	1.8 %
13	Italia	32,500	1.1 %	1.3 %
14	España	29,000	1.0 %	1.5 %
15	Israel	26,500	0.9 %	6.3 %
16	180 Países restantes		13.7 %	

Nota: Los 180 países restantes tienen menos del 1 % de participación global
Fuente: Vancouver: Visual Capitalist; 4 de febrero de 2026



Figura 1. Gráfica de "Distribución de la inversión global en Investigación y Desarrollo (I+D) por naciones líderes".
Fuente: Elaboración propia



Figura 2. Gráfica de "Liderazgo global en inversión de I+D: Participación por país". Fuente: Elaboración propia



Ante este panorama, surge el gran desafío de nuestro tiempo: crear un marco institucional que imponga la primacía integral de la dignidad humana, de tal forma que todo individuo tenga acceso a los avances tecnológicos y científicos sin distinción alguna.

Conclusión

En el contexto actual, la globalización no es solo el escenario donde se ejercen los derechos, sino el factor que determina su eficacia. El gran desafío actual no reside en la falta de normas, sino en la reinterpretación sesgada de las mismas frente al poder económico.

Sin una aplicación efectiva y real de los derechos humanos, la globalización carece de legitimidad. El futuro de este “proyecto inacabado” exige una gobernanza global capaz de someter los intereses transnacionales a la primacía de la dignidad humana, garantizando que el acceso a la tecnología, a la ciencia y al progreso sea un derecho y no un privilegio de mercado.

Referencias

1. Jagran J. Top 10 Most Advanced Countries in the World [Internet]. Noida: Jagran Prakashan; 2024 [actualizado 13 feb 2024; citado 17 mar 2026]. Disponible en: <https://www.jagranjosh.com/general-knowledge/most-advanced-countries-in-the-world-1820000266-1>
2. Bankinter. ¿Cuáles son las empresas más grandes del mundo por capitalización bursátil? [Internet]. Madrid: Bankinter Blog; 2024 [actualizado 23 ago 2024; citado 18 mar 2026]. Disponible en: <https://www.bankinter.com/blog/empresas/empresas-grandes-mundo-capitalizacion-bursatil>
3. Comité español de ACNUR. Historia de los derechos humanos, un relato por terminar [Internet]. Madrid: eacnur.org; 2017 [actualizado 23 may 2017; citado 12 mar 2026]. Disponible en: <https://eacnur.org/es/actualidad/noticias/eventos/historia-de-los-derechos-humanos-un-relato-por-terminar>
4. Organización de las Naciones Unidas. Declaración y Programa de Acción de Viena [Internet]. Viena: ONU; 1993 [citado 17 mar 2026]. Disponible en: <https://www.ohchr.org/es/instruments-mechanisms/instruments/vienna-declaration-and-programme-action>



La seguridad e higiene en las microempresas: mucha conciencia, poca acción

ARMANDO FRANCO GÓMEZ, JOSÉ DOMINGO RAFAEL CASTAÑEDA OLVERA

Universidad Tecnológica Fidel Velázquez

Las pequeñas y medianas empresas (pymes) constituyen el 99.8 % de las unidades económicas en México, con aproximadamente 4.8 millones registradas en 2025 [1]. Estas empresas generan millones de empleos y constituyen un motor esencial de la economía nacional. Sin embargo, diversos estudios señalan que muchas pymes enfrentan dificultades para cumplir con la normatividad de seguridad laboral, ya sea por falta de recursos, desconocimiento o ausencia de cultura preventiva [2, 3].

El objetivo de este trabajo es presentar los resultados de un estudio empírico sobre la importancia percibida del conocimiento y del cumplimiento de las normativas de seguridad e higiene laboral en las pymes, con el caso de estudio de algunas en el municipio de Nicolás Romero, Estado de México.

Metodología

Para llevar a cabo esto, se realizó un estudio cuantitativo de tipo transversal con enfoque descriptivo-comparativo, cuyo objetivo fue analizar la relación entre la importancia percibida de la seguridad e higiene y las acciones preventivas implementadas en pymes en el municipio de Nicolás Romero, Estado de México. La muestra estuvo conformada por 466 unidades económicas, principalmente de los sectores comercio y servicios, seleccionadas con base en criterios de accesibilidad y participación voluntaria de los responsables de cada establecimiento.

La información se recabó mediante un cuestionario estructurado con preguntas cerradas,

el cual abordó cuatro ejes: importancia otorgada a la seguridad e higiene, implementación de medidas de control, conocimiento de la normatividad y aplicación de normas en materia de seguridad. La variable independiente fue la importancia percibida de la seguridad, mientras que como variables dependientes se consideraron la aplicación de normas, la implementación de medidas de control y el conocimiento normativo. El análisis se realizó mediante estadística descriptiva (frecuencias y porcentajes) y análisis bivariado a través de tablas cruzadas, con el fin de comparar la percepción de importancia con las acciones preventivas reportadas. Los resultados se representaron mediante gráficas de barras en porcentaje para facilitar su interpretación. El procesamiento de los datos se llevó a cabo con el *software* IBM SPSS Statistics, garantizando el análisis agregado y la confidencialidad de la información recabada.

Contexto

De acuerdo con el Plan Municipal de Desarrollo Urbano [4], Nicolás Romero cuenta con una población de aproximadamente 430 601 habitantes. La tasa de desempleo en el municipio ha disminuido de 2010 a la fecha: de 5.6 % en 2010 a 4.2 % en 2015, con un descenso a 2.1 % en 2020, siendo este valor la tasa de desempleo registrada más baja en la historia del municipio. El empleo se concentra predominantemente en el sector servicios: en 2010, el 60.52 % de la población ocupada se empleaba en dicho sector, pasando a 66.48 % para el año 2015 y 73.04 % en 2020. Esta terciarización de la economía incrementó la demanda de empleo entre las



pymes, aunada a que, en el sector industrial, se mantuvo con relativa constancia para los tres periodos. Los últimos censos registran más de 17 600 empresas y negocios; los principales giros económicos incluyen el comercio minorista, la producción de artesanías textiles y servicios locales. Una parte significativa de la población depende económicamente de estas pymes, lo que subraya la importancia de que cumplan con las normatividades de seguridad e higiene laboral para garantizar el bienestar de la comunidad. En México, y particularmente en municipios como Nicolás Romero, el cumplimiento de estas normatividades resulta crucial para proteger a los trabajadores, mejorar la productividad y fortalecer el tejido económico local. La consolidación de una cultura preventiva permitirá que las pymes se conviertan en espacios seguros y sostenibles, beneficiando tanto a los empleados como a la comunidad en general, por lo que nos interesa indagar sobre el conocimiento de las normatividades y su aplicación en contextos reales.

Resultados

Importancia y aplicación normativa

Después de analizar los resultados, la mayoría de las empresas encuestadas manifestó que la seguridad e higiene es un aspecto importante dentro de las actividades de su centro de trabajo; sin embargo, al analizar la respuesta con respecto a la aplicación de normas se identificó una disparidad importante entre percepción y práctica, como se muestra en la Figura 1. Entre las empresas que consideran importante la seguridad, solo el 24 % reportó aplicar algún tipo de normatividad en materia de seguridad e higiene, mientras que el 76 % indicó no hacerlo, lo que evidencia que el reconocimiento de su importancia no se traduce de manera automática en acciones formales de cumplimiento y constituye un primer indicio de incongruencia entre conciencia y las acciones preventivas de riesgos de trabajo en este sector.



Figura 1. Relación entre la importancia percibida de la seguridad y la aplicación de normas en microempresas de Nicolás Romero. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos en el estudio.

Importancia y medidas de control

Por otro lado, al analizar la implementación de medidas concretas de seguridad que van más allá de simplemente cumplir con la normatividad, se observó una tendencia similar a la identificada previamente, misma que se muestra en la Figura 2. Entre las empresas que consideran importante la seguridad e higiene, el 41.2 % indicó aplicar medidas de control, mientras que el 58.8 % no las implementa; en contraste, del grupo que no la considera importante, el 77.6 % no aplica medidas preventivas y el 22.4 % sí lo hace. Aunque la proporción de aplicación es mayor entre quienes valoran la seguridad, los resultados muestran que la mayoría de las empresas encuestadas continúa sin adoptar acciones preventivas formales, lo que confirma que la importancia percibida no garantiza su implementación.



Figura 2. Relación entre la importancia percibida de la seguridad y la implementación de medidas de control en microempresas. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos en el estudio.



Conocimiento normativo y aplicación

El análisis del conocimiento normativo evidenció que, aun cuando las empresas declaran conocer la normatividad en materia de seguridad e higiene, ello no garantiza su aplicación efectiva, misma que se indica en la Figura 3.

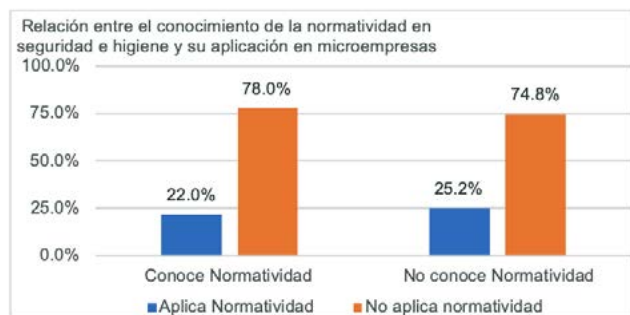


Figura 3. Relación entre el conocimiento de la normatividad en seguridad e higiene y su aplicación en microempresas. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos en el estudio.

Entre aquellas que declararon conocer la normatividad, solo el 22.0 % indicó aplicarla, mientras que el 78.0 % señaló no hacerla; de manera similar, entre quienes no la conocen de manera formal, es decir, aplican normas de seguridad internas no necesariamente las que regula el gobierno u otra entidad, el 25.2 % reportó aplicarla y el 74.8 % no implementa alguna normativa.

La escasa variación entre ambos grupos sugiere que el conocimiento normativo, por sí solo, no constituye un factor determinante del cumplimiento, lo que evidencia la existencia de barreras adicionales —de tipo organizacional, estructural o cultural— que limitan la adopción efectiva de prácticas de seguridad e higiene en las microempresas [5].

Aplicación de medidas y ocurrencia de accidentes

Finalmente, después de analizar la relación entre la aplicación de medidas de seguridad y la ocurrencia de accidentes laborales, se observó que las empresas que no implementan medidas

presentan una mayor proporción de accidentes (62.9 %) en comparación con aquellas que sí aplican medidas preventivas (43.8 %), lo que representa una diferencia de 19.1 puntos porcentuales y sugiere una asociación relevante entre la implementación de acciones preventivas y una menor ocurrencia de accidentes (véase Figura 4). No obstante, el hecho de que casi la mitad de las empresas que reportan aplicar medidas también hayan registrado accidentes indica posibles deficiencias en la calidad o la efectividad de dichas acciones y confirma un patrón consistente en el estudio: la conciencia sobre la seguridad no siempre se traduce en prácticas preventivas suficientes, lo que incrementa la vulnerabilidad frente a eventos adversos [6].

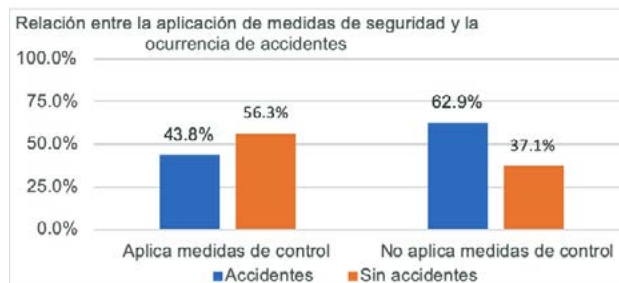


Figura 4. Relación entre la aplicación de medidas de control de seguridad e higiene y la ocurrencia de accidentes laborales. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos en el estudio.

Conclusiones

Los resultados de este estudio evidencian una discrepancia entre la importancia que las microempresas declaran dar a la seguridad e higiene en sus actividades diarias y la implementación de acciones preventivas y el cumplimiento normativo. Aunque existe conciencia en la mayoría de las empresas sobre la trascendencia de la seguridad e higiene en el trabajo, esta no se materializa en una práctica constante en la adopción consistente de medidas de control ni en la aplicación de normas, lo que se refleja en una mayor proporción de accidentes en aquellas



empresas que no implementan acciones preventivas. Asimismo, el conocimiento de la normatividad no garantiza su cumplimiento, lo que sugiere la presencia de limitaciones organizacionales y culturales que limitan la gestión efectiva de la seguridad e higiene. En conjunto, los hallazgos confirman que en el contexto de las microempresas persiste una desconexión entre discurso y práctica preventiva.

La seguridad e higiene laboral no solo es una obligación legal, sino una inversión estratégica para las pymes. En México, y particularmente en municipios como Nicolás Romero, el cumplimiento de estas normatividades resulta crucial para proteger a los trabajadores, mejorar la productividad y fortalecer el tejido económico local. La consolidación de una cultura preventiva permitirá que las pymes se conviertan en espacios seguros y sostenibles, beneficiando tanto a los empleados como a la comunidad en general.

Referencias

1. Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática (INEGI). [Internet] Estadísticas a propósito del día de las micro, pequeñas y medianas empresas. INEGI; [Citado 13 de febrero de 2025]. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2025/EAP_MIPYMES_25.pdf
2. Ortega JA, Rodríguez JR y Hernández HG. Importancia de la seguridad de los trabajadores en el cumplimiento de procesos, procedimientos y funciones. *Revista Academia y Derecho*, 2017; 8(14), 155-176.
3. Belli S y De Keulenaer F. OSH Pulse 2025: Occupational safety and health in the era of climate and digital change. [Internet]. Luxemburgo; [Citado 13 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://osha.europa.eu/es/publications/osh-pulse-2025-occupational-safety-and-health-era-climate-and-digital-change>
4. Municipio de Nicolás Romero. Plan Municipal de Desarrollo Urbano. Estado de México: Nicolás Romero; 2025.
5. Moran-Fuentes JJ, Carlos-Ornelas CE, Soto-Morones H. Prácticas de gestión de seguridad y salud en el trabajo: una revisión sistemática de la literatura. *Ciencia administrativa. Teoría y praxis*. [Internet]. 2022 ene-jun;18(1). Disponible en <https://doi.org/10.46443/cattyp.v18i1.304>
6. Olguín Moreno A, Rossetti López SR, García Arvizu JF, Coronado García MA. Seguridad e higiene industrial en las pymes de Hermosillo, Sonora, México. *Epistemos* [Internet]. 2019 jul-dic;13(27):51-62. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=673/67360127004>



Centro de Cooperación Academia-Industria. ¿Qué es y por qué resulta clave para el desarrollo tecnológico?

GIOVANNI GARCÍA DOMÍNGUEZ

Profesor de la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez

Resumen

En la actualidad es común escuchar términos como innovación, transferencia tecnológica, investigación aplicada o desarrollo tecnológico. Sin embargo, pocas veces se explica cómo estos conceptos se articulan en la práctica para generar soluciones reales. Las universidades generan conocimiento científico; las empresas enfrentan desafíos técnicos concretos. Pero ¿cómo se conectan estos dos mundos? La respuesta se encuentra en una estructura estratégica conocida como Centro de Cooperación Academia-Industria (CCAI).



Figura 1. Esquema funcional de un Centro de Cooperación Academia-Industria. El CCAI opera como nodo articulador entre las capacidades científicas universitarias y las necesidades tecnológicas del sector productivo. Fuente: Figura elaborada con DALL·E.



Aquí explicaremos qué es un CCAI, cómo funciona y por qué representa un elemento fundamental para fortalecer el desarrollo tecnológico.

¿Qué es un Centro de Cooperación Academia-Industria?

Un Centro de Cooperación Academia-Industria es una unidad especializada dentro de una institución educativa que tiene como objetivo vincular capacidades científicas con necesidades tecnológicas del sector productivo. No se limita a gestionar convenios institucionales; su función principal es:

- Detectar problemáticas técnicas reales.
- Formular proyectos de investigación aplicada.
- Desarrollar prototipos y soluciones tecnológicas.
- Facilitar la transferencia de conocimiento.
- Impulsar innovación con impacto.
- En términos simples, es el puente entre el laboratorio y la industria.

¿Por qué es necesario un centro de cooperación?

Durante décadas, la investigación universitaria y la industria avanzaron de manera paralela. Mientras en los laboratorios se desarrollaban nuevos materiales, procesos o tecnologías, muchas empresas desconocían que esas soluciones podían resolver sus problemas productivos.

Un CCAI reduce esta brecha al traducir el lenguaje académico en soluciones aplicables y viables. La Figura 1 muestra el esquema funcional de un Centro de Cooperación Academia-Industria.

Desarrollo tecnológico: más allá de la teoría

El desarrollo tecnológico no ocurre únicamente cuando se publica un artículo científico. Ocurre cuando ese conocimiento se convierte en un prototipo funcional, se valida en condiciones reales y genera valor

productivo o social [1]. Los Centros de Cooperación permiten:

- Implementar proyectos de I+D+i (Investigación, Desarrollo e Innovación).
- Fortalecer la competitividad empresarial.
- Generar transferencia tecnológica.
- Desarrollar talento con experiencia práctica.
- Promover emprendimiento de base tecnológica.
- Cuando estudiantes y profesores trabajan en proyectos reales, el aprendizaje trasciende el aula [2].

El caso de la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez

En la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez se cuenta con un Centro de Cooperación Academia-Industria que articula las capacidades académicas con las necesidades del entorno productivo. Desde este espacio se busca promover:

- Desarrollo de proyectos tecnológicos aplicados.
- Colaboración con empresas regionales.
- Diseño y validación de prototipos.
- Participación estudiantil en retos reales.
- Generación de soluciones con impacto social.

El objetivo no es únicamente investigar, sino transformar conocimiento en resultados concretos, mediante proceso de cooperación tecnológica desde la detección de necesidades hasta la implementación de soluciones (Figura 2).

Cooperación como motor de innovación

La innovación contemporánea se construye a partir de la colaboración. Un Centro de Cooperación permite que:

- La ciencia dialogue con el sector productivo.
- La investigación tenga aplicación práctica.
- El talento joven participe en desafíos reales.
- Las soluciones tecnológicas impacten en la competitividad y sostenibilidad.



Figura 2. Representación del proceso de cooperación tecnológica desde la detección de necesidades hasta la implementación de soluciones. Fuente: Figura elaborada con DALL-E.

En este sentido, estos centros representan infraestructura estratégica para cualquier institución que aspire a contribuir activamente al desarrollo tecnológico [3, 4].

Conclusiones

Un Centro de Cooperación Academia-Industria no es únicamente una oficina de vinculación; es un espacio donde el conocimiento científico adquiere propósito aplicado. Cuando la academia y la industria trabajan de manera coordinada, la innovación deja de ser un concepto abstracto y se convierte en una práctica constante. Fortalecer estos espacios significa fortalecer la capacidad de transformar ciencia en soluciones reales.

Referencias

1. Etzkowitz H, Leydesdorff L. The dynamics of innovation: from National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university-industry-government relations. Research Policy, 2000.
2. Leydesdorff L, Etzkowitz H. Can 'the public' be considered as a fourth helix in university-industry-government relations? Report on the Fourth Triple Helix Conference, 2002. Science and Public Policy, 2003, 30(1):55-61.
3. OECD. University-Industry Collaboration: New Evidence and Policy Options. OECD; 2019.
4. Yoda N, Kuwashima K. Triple helix of university-industry-government relations in Japan: Transitions of collaborations and interactions. Journal of the Knowledge Economy, 2020,11(3):1120-1144.