



raké



Ciencia
Tecnología
Innovación

REVISTA CREADA POR EL INSTITUTO DE INNOVACIÓN Y COMPETITIVIDAD

VOLUMEN 3. 2026.

EDUCACIÓN, TALENTO Y FUTURO STEM



RAKÉ CIENCIA, TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN.
REVISTA DE DIFUSIÓN Y DIVULGACIÓN DEL
ESTADO DE CHIHUAHUA.



02 - 07 PARTE I – Del Departamento de Innovación y Emprendimiento del Instituto de Innovación y Competitividad.

03 EDITORIAL. Mtro. Francisco Javier Turati Muñoz.

04 “STEM: LA CLAVE PARA EL FUTURO DE CHIHUAHUA”.
Arturo Castro Rocha. Departamento de Innovación y Emprendimiento. Instituto de Innovación y Competitividad.

08 - 95 PARTE II – Artículos de la comunidad científica de Chihuahua.

09 “DISEÑAR DESDE LA EMPATÍA: GESTIÓN DEL DISEÑO EN UNA CAMPAÑA DE BIENESTAR SOCIOEMOCIONAL PARA ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS”. Joana González De León.

16 “CUERPOS CONSCIENTES, MENTES LIBRES: PROYECTO DE DISEÑO Y GESTIÓN EN COMUNICACIÓN VISUAL”.
Alejandra Pérez Enríquez.

22 “DESARROLLO Y GESTIÓN DEL DISEÑO DE UN SITIO WEB EDUCATIVO SOBRE AGENTES INTELIGENTES”.
Carlos Eduardo Gallegos Borunda y Silvia Husted Ramos.

31 “LA PRODUCCIÓN DE ESPACIO SOCIAL: ARTE CONTEMPORÁNEO EN CONTEXTOS CON INFRAESTRUCTURA LIMITADA”. Octavio Castrejón Alanís y Gracia Emelia Chávez Ortiz.

34 “MAPEANDO JUÁREZ A TRAVÉS DE SUS CÓMICS”.
Alejo Emiliano de la Rosa Carrillo y José de Jesús Flores Figueroa.

38 “CÓMO PASAR DE LA SUPOSICIÓN AL DATO FUNDAMENTADO. REVISIÓN DE MÉTODOS MUSICALES PARA PERCUSIÓN”. Guillermo Alberto Méndez Herrera.

42 “DE RESIDUO A RECURSO. CÓMO LA BIOMASA AGRÍCOLA DE CHIHUAHUA PUEDE AYUDAR A CUIDAR EL SUELO, EL AGUA Y EL CLIMA”. Miriam Jazmín Aguilar Delgado y María Noemí Frías Moreno.

47 “CUANDO EL SUELO VUELA. LA HISTORIA AMBIENTAL DETRÁS DE LAS TOLVANERAS EN CHIHUAHUA”.
Elizabeth Villalobos Pérez, Miriam Jazmín Aguilar Delgado y Rosa María Yáñez Muñoz.

52 “CÁNCER ORAL: ¿CUESTIÓN DE GENES?”.
Sofía Fong Varela, Gustavo Gil Bravo Reza, Emylse Rubí Alvarado Ochoa y América Susana Mares García.

55 “LOS VENENOS INVISIBLES EN CHIHUAHUA: POR QUÉ LA TOXICOLOGÍA DEBE ESTAR EN LAS AULAS”.
José Nicolás Lauro Aldama Meza y Edna Margarita Rico Escobar.

58 “IMPACTO DEL COVID-19 EN EL CONTROL DE LA DIABETES, LA SOMBRA METABÓLICA DE LA PANDEMIA”.
Iván Joel Calderón Araujo y José Nicolás Lauro Aldama Meza.

62 “PLANTAS QUE CURAN EL SUELO DE CHIHUAHUA”.
Carmen Alejandra Méndez Hurtado, Guillermo Alberto Barraza Garza y Raymundo Rivas Caceres.

68 “CUANDO UNA NUBE SE CONVIERTE EN TECNOLOGÍA”.
Patricia Amézaga Madrid, Diana Aracely Vázquez Vargas y Pedro Pizá Ruíz.

82 “EL RIEGO INTELIGENTE DEL MANZANO”.
Mariela Rascón Castillo, Guadalupe Isela Olivas, Rafael Ángel Parra Quezada, Francisco Javier Molina Corral y María Noemí Frías Moreno.

87 “CRECER JUNTOS PARA COMUNICAR LA CIENCIA”.
Iván Jalil Antón Carreño Márquez.

90 “MODELO 7E. INNOVANDO LA ENSEÑANZA”.
Priscila Loya Ramírez.

96 - 103 PARTE III – Difusión de programas del Instituto de Innovación y Competitividad.

97 “ITCJ: SEMBRANDO INNOVACIÓN DESDE LAS AULAS”.

100 “TALENTO CHIHUAHUENSE EN LA REGENERON ISEF 2026”.

102 “DEL RETO A LA INNOVACIÓN: SOCIO FORMADOR DEL TECNOLÓGICO DE MONTERREY”.



raké



Ciencia
Tecnología
Innovación

PARTE I

Del Departamento de Innovación
y Emprendimiento del Instituto
de Innovación y Competitividad



MÁS CHIHUAHUA
más de lo bueno
GOBIERNO DEL ESTADO

INSTITUTO DE
INNOVACIÓN Y
COMPETITIVIDAD





EDITORIAL

Vivimos una época en la que el conocimiento avanza a un ritmo sin precedentes. La inteligencia artificial, la biotecnología, la manufactura avanzada, los semiconductores, la transición energética y la transformación digital están redefiniendo la manera en que vivimos, trabajamos y nos relacionamos con el mundo. Frente a este escenario, el mayor desafío no consiste únicamente en desarrollar nuevas tecnologías, sino en formar personas capaces de comprenderlas, adaptarlas y convertirlas en soluciones para los retos de nuestra sociedad.

Por ello, el tercer volumen de **Raké**, titulado **"Educación, Talento y Futuro STEM"**, está dedicado a reconocer el papel fundamental que desempeñan la educación, la investigación y la innovación en la construcción del Chihuahua del futuro.

En el Gobierno del Estado, encabezado por la **Gobernadora Maru Campos**, compartimos la convicción de que el desarrollo económico y social comienza con el desarrollo del talento. Invertir en educación STEM —ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas— significa preparar a nuestras niñas, niños y jóvenes para competir en un mundo cada vez más dinámico, pero también brindarles las herramientas para convertirse en agentes de cambio dentro de sus comunidades.

Desde el Instituto de Innovación y Competitividad trabajamos para fortalecer un ecosistema donde universidades, centros de investigación, empresas, organismos públicos y sociedad colaboren para transformar el conocimiento en oportunidades de desarrollo. Creemos firmemente que la innovación surge cuando las ideas encuentran espacios para crecer, cuando el talento recibe apoyo y cuando la colaboración sustituye al trabajo aislado.

Los artículos que integran este volumen reflejan precisamente esa visión. Encontraremos investigaciones que muestran cómo la ciencia puede contribuir al cuidado del medio ambiente, a la salud, a la agricultura y a la transformación digital; experiencias que acercan el conocimiento a la sociedad mediante la divulgación científica; y casos que evidencian cómo las instituciones educativas están formando profesionistas capaces de responder a los desafíos de la economía del conocimiento.

También presentamos experiencias impulsadas desde el propio Instituto de Innovación y Competitividad, como la participación de estudiantes chihuahuenses en la **Regeneron International Science and Engineering Fair (ISEF) 2026**, uno de los encuentros científicos juveniles más importantes del mundo, y la colaboración con el Tecnológico de Monterrey Campus Ciudad Juárez mediante el programa

Socio Formador, donde estudiantes universitarios desarrollaron propuestas innovadoras para fortalecer el ecosistema estatal de innovación. Estas iniciativas demuestran que, cuando el gobierno, la academia y la sociedad trabajan de manera coordinada, es posible generar oportunidades que trascienden las aulas y tienen un impacto real en el desarrollo de nuestro estado.

De igual forma, reconocemos el esfuerzo de instituciones como el Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, que a través de iniciativas como **InnovaTecNM**, **HackaTec** y **VinculaTec** fortalecen las competencias técnicas, emprendedoras y profesionales de las nuevas generaciones, consolidando una cultura de innovación que responde a las necesidades de los sectores estratégicos de Chihuahua.

Este volumen reúne las contribuciones de investigadores, docentes, estudiantes y divulgadores científicos que, desde distintas disciplinas, comparten un mismo propósito: acercar el conocimiento a la sociedad e inspirar nuevas vocaciones científicas y tecnológicas. Cada artículo representa una muestra del talento que existe en nuestro estado y del compromiso de quienes trabajan diariamente para generar conocimiento con impacto.

Estoy convencido de que el futuro de Chihuahua dependerá, en gran medida, de nuestra capacidad para formar personas curiosas, críticas, creativas y comprometidas con su entorno. Personas capaces de aprender durante toda la vida, de trabajar de manera colaborativa y de utilizar la ciencia y la tecnología como herramientas para resolver los grandes desafíos de nuestro tiempo.

A todas y todos los autores que hicieron posible esta edición, les expreso mi más sincero reconocimiento por compartir su experiencia y contribuir al fortalecimiento de la cultura científica de nuestro estado.

Los invito a recorrer estas páginas con la certeza de que cada historia, cada proyecto y cada investigación aquí presentada es una muestra de que el talento chihuahuense tiene el potencial de transformar nuestro presente y construir un futuro más próspero, innovador y competitivo.



Mtro. Francisco Javier Turati Muñoz

Director General del Instituto de Innovación y Competitividad

Gobierno del Estado de Chihuahua

CRÉDITOS

Gobierno del Estado de Chihuahua

Mtro. Francisco Javier Turati Muñoz

Director General del Instituto de Innovación y Competitividad

Lic. Elizabeth Nevarez Castañeda

Jefa del Departamento de Innovación y Emprendimiento

Dr. Arturo Castro Rocha

Coordinador Editorial
Departamento de Innovación y Emprendimiento

Lic. Andrea Alba Acosta

Supervisión Editorial
Departamento de Innovación y Emprendimiento



STEM:

LA CLAVE PARA EL FUTURO DE CHIHUAHUA

DR. ARTURO CASTRO ROCHA

Departamento de Innovación y Emprendimiento
Instituto de Innovación y Competitividad



El porvenir del Estado de Chihuahua se encuentra en una coyuntura decisiva. Como uno de los líderes de la industria manufacturera avanzada, aeroespacial y de exportación en México, la región requiere urgentemente una fuerza laboral equipada con las competencias que define el siglo XXI. Esta transición debe ir de la mano con la equidad social, la inclusión de las comunidades periféricas y el arraigo de la identidad regional. En este escenario, la educación en disciplinas STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas), expandida hacia el enfoque interdisciplinario STEAM al entrelazar las Artes y las Humanidades, surge como la verdadera clave para catalizar el talento regional, cerrar brechas socioeconómicas y asegurar un desarrollo próspero y sustentable en la región.

La era del talento integrado y el valor del aprendizaje transdisciplinario

La transición global hacia una economía automatizada y basada en el conocimiento demanda dejar atrás los métodos de enseñanza tradicionales, rígidos y memorísticos. En el mundo real, los problemas complejos no se resuelven en silos disciplinarios, por lo que el aula tampoco debería forzar esa fragmentación. Investigaciones recientes en educación superior demuestran que más del 70% de los estudiantes considera que los enfoques integrados bajo el modelo STEAM promueven un aprendizaje verdaderamente constructivista, facilitan una comprensión conceptual profunda y potencian la eficiencia profesional y el pensamiento crítico [8]. Esta percepción positiva se alinea con la evidencia cuantitativa de grandes análisis meta-analíticos en naciones pioneras como Corea del Sur, donde la evaluación de programas integrados revela un impacto positivo y significativo (con un tamaño de efecto promedio medio-alto) en el desarrollo de la creatividad, las habilidades de indagación de procesos científicos y las actitudes favorables de los alumnos hacia las ciencias, particularmente en la educación primaria [6].

No obstante, la efectividad del modelo STEAM no reside en una simple acumulación o yuxtaposición de materias, sino en transitar hacia enfoques auténticamente transdisciplinarios y de praxis reflexiva, donde la teoría se integre con la resolución colaborativa de problemas locales y el compromiso ético [2]. El éxito de este ecosistema pedagógico depende de la asimilación de principios estratégicos claros: la equidad como valor transversal de la práctica, el desarrollo de relaciones co-equitativas entre disciplinas, el fomento de la colaboración e indagación

colectiva, el diseño de conexiones estrechas con contextos del mundo real, el desarrollo integrado de procesos de "pensar-hacer-diseñar", la estimulación de la creatividad espacial y material, y el empoderamiento y personalización de la experiencia del estudiante [1]. De este modo, la educación científica deja de ser una materia pasiva para convertirse en un motor dinámico de transformación.

Tecnología inmersiva y cognición encarnada en las aulas chihuahuenses

Uno de los vectores de cambio más dinámicos para catalizar las competencias STEAM es la adopción de tecnologías de aprendizaje inmersivo, específicamente la realidad mixta (RM) y la realidad virtual (RV). De acuerdo con rigurosos análisis sistemáticos y meta-análisis en la materia, las intervenciones didácticas apoyadas en realidad mixta a nivel de grado escolar incrementan significativamente la comprensión de conceptos abstractos, el rendimiento académico, el interés, la atención y la motivación intrínseca de los estudiantes, superando significativamente a los enfoques tradicionales de transmisión verbal [7]. Esto se debe a que estos entornos inmersivos posibilitan experiencias de "cognición encarnada", donde las acciones físicas y corporales del estudiante interactúan directamente con los procesos cognitivos de asimilación conceptual.

Por ejemplo, el uso de herramientas didácticas virtuales y de realidad aumentada —como el modelado y simulación tridimensional aplicados al diseño estructural y la ingeniería de puentes— permite a los alumnos construir, deconstruir e interactuar de forma intuitiva, divertida y altamente interactiva con principios físicos de resistencia y distribución de carga [11]. Este tipo de plataformas no solo reduce significativamente la frustración o confusión del alumno gracias a la posibilidad de realizar prácticas de manera repetible y sin costo material, sino que fomenta una asimilación más intuitiva de la teoría y promueve un fuerte sentido de aprecio por las técnicas ancestrales y la identidad del patrimonio edificado [11]. Para el estado de Chihuahua, la implementación de estas herramientas de simulación inmersiva representa una oportunidad histórica para democratizar el acceso a la ciencia y la tecnología, permitiendo que escuelas de diversas regiones geográficas experimenten escenarios de aprendizaje complejos y de nivel internacional sin la necesidad de infraestructuras de laboratorio prohibitivas.

Pertinencia territorial e inclusión rural

La amplia extensión geográfica y la



diversidad cultural de Chihuahua —que se extiende desde dinámicos centros industriales urbanos hasta dispersas poblaciones rurales e indígenas de la Sierra Tarahumara— obliga a diseñar propuestas pedagógicas con un profundo arraigo territorial. Existe el mito recurrente de que la enseñanza tecnológica de calidad solo es viable en escuelas de altos recursos con laboratorios sofisticados; sin embargo, la investigación educativa en contextos históricamente vulnerabilizados demuestra lo contrario.

Estudios cuasi-experimentales llevados a cabo en escuelas primarias rurales e indígenas de México confirman que el Aprendizaje Basado en Retos (CBL), estructurado mediante desafíos contextualizados en el entorno y usando materiales de muy bajo costo, genera un impacto sumamente positivo en la motivación y autoconfianza de los estudiantes hacia las disciplinas STEM [5]. Al enfrentar retos estrechamente vinculados con sus realidades locales —como el desarrollo de algoritmos de cocina comunitaria, modelos de ADN comestibles o el análisis de sostenibilidad mediante alimentos de "kilómetro cero"—, los estudiantes de primaria logran desmitificar la complejidad de las matemáticas y la tecnología, revalorizando activamente los conocimientos comunitarios y la herencia de sus entornos [5].

Esta contextualización se complementa con propuestas de vanguardia y la ecología de materiales, que abogan por una computación sustentable de bajo impacto tecnológico [9]. A través del uso de biomateriales accesibles hechos a base de desechos orgánicos (como biolaminados de café) o el diseño de máquinas sencillas para extruir botellas de plástico desechadas y convertirlas en filamentos reciclados para impresión 3D, las aulas de comunidades rurales pueden transformarse en laboratorios de economía circular e innovación ecológica [9]. Al fabricar interfaces y productos sustentables basados en el diseño de la naturaleza y los saberes ancestrales locales, los jóvenes adquieren competencias técnicas avanzadas de ingeniería y desarrollo sustentable, y aprenden a generar un valor social y económico no alienado para sus familias [9]. De este modo, el enfoque STEAM deja de ser una agenda puramente técnica y mercantil para convertirse en una herramienta de equidad social y regeneración comunitaria.

El docente como eje de la transformación: planeación colaborativa y el soporte institucional

La implementación efectiva y sostenible de estos proyectos de innovación educativa en Chihuahua depende por entero del empoderamiento, capacitación y las condiciones de práctica de su cuerpo docente. Los educadores enfrentan desafíos metodológicos sustanciales al transitar de una enseñanza tradicional hacia un modelo integrado, debido a que las estructuras escolares suelen estar rígidamente fragmentadas por departamentos. Estudios comparativos de seguimiento docente indican que, si bien la valoración subjetiva de los maestros sobre la importancia de STEAM ha crecido con los años, su confianza para aplicarlo sigue siendo moderada y sus oportunidades de desarrollo profesional resultan todavía insuficientes [3]. Más aún, las barreras críticas han cambiado: mientras que antes los profesores identificaban la carencia de infraestructura tecnológica como el obstáculo principal, hoy en día la barrera más citada es la severa restricción de tiempo dentro de los horarios escolares para la planeación colaborativa y el codiseño de actividades interdisciplinarias [3].

Para abatir el aislamiento docente y facilitar un flujo efectivo de "conocimiento tácito" (el saber-cómo metodológico que solo se obtiene a través de la práctica), es prioritario estructurar plataformas de soporte robustas [10]. La creación de comunidades de práctica virtuales ofrece un entorno flexible y asíncrono donde los profesores pueden compartir repositorios de planes didácticos, co-editar proyectos conjuntos y debatir sobre sus barreras de aula cotidianas [10]. Asimismo, la integración de asistentes de inteligencia artificial en estos entornos digitales puede potenciar de manera innovadora la planeación interdepartamental, ayudando a los docentes a identificar conexiones sutiles y complementariedades de contenido entre áreas como el lenguaje, la geometría o la biología, estimulando así la co-creación transdisciplinaria [10]. Para que estas redes colaboren de manera fluida, se requiere de directrices curriculares flexibles, un marco normativo adaptado que valide y dé espacio a la colaboración, y un firme respaldo administrativo a nivel institucional [2, 3].

En este esfuerzo, las alianzas entre las escuelas formales y las instituciones de educación no formal desempeñan un papel crucial. Los docentes coinciden en que la vinculación estratégica con museos interactivos, centros comunitarios de ciencia y laboratorios de innovación abierta es una de las soluciones más viables para superar las limitaciones del aula tradicional [3]. Estas colaboraciones actúan como ecosistemas integrales que brindan a los maestros oportunidades continuas de desarrollo profesional bajo esquemas de aprendizaje basado en proyectos (PBL) y dotan a los alumnos de espacios inmersivos donde interactuar directamente con expertos de la industria y la investigación científica aplicada [3, 4].

Hacia un modelo educativo sustentable para el porvenir de Chihuahua

El desarrollo de proyectos de aprendizaje basado en proyectos en la educación media superior y superior —como lo demuestran grandes iniciativas colaborativas a nivel internacional— no solo consolida competencias de resolución técnica, sino que fortalece significativamente soft-skills de altísima demanda laboral, tales como el trabajo en equipo intersectorial, la empatía, la comunicación intercultural y la ética en la toma de decisiones profesionales [4]. El Estado de Chihuahua cuenta con las bases industriales, la riqueza cultural y el capital académico necesarios para consolidar una estrategia estatal de innovación educativa de este calibre.

El talento en el estado de Chihuahua posee una resiliencia y una inventiva histórica. Dotar a este talento de las habilidades transdisciplinarias del siglo XXI, bajo un enfoque inclusivo, sustentable y profundamente sensible a su riqueza cultural, constituye la mayor promesa de equidad y excelencia para forjar el porvenir de Chihuahua.





REFERENCIAS

[1] Chappell, K., Hetherington, L., Juillard, S., Aguirre, C., & Duca, E. (2025). A framework for effective STEAM education: Pedagogy for responding to wicked problems. *International Journal of Educational Research Open*, 9, 100474.

[2] Dahal, N. (2026). STEAM in tertiary and teacher education: A rapid review. *Social Sciences & Humanities Open*, 14, 103211.

[3] Frentescu Tordai, L., Cretu, C., & Lavicza, Z. (2026). Teachers' Perceptions and Beliefs About STEAM Education: A Repeated Cross-sectional Survey (2020 vs. 2024). *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 26, 9.

[4] García-Llamas, P., Taboada, A., Sanz-Chumillas, P., Lopes Pereira, L., & Baelo Álvarez, R. (2025). Breaking barriers in STEAM education: Analyzing competence acquisition through project-based learning in a European context. *International Journal of Educational Research Open*, 8, 100449.

[5] García-Silva, E., García-Holgado, A., Sánchez-Gómez, M. C., & Verdugo-Castro, S. (2026). Culturally responsive challenge-based STEM education: A pre-post study with rural and Indigenous primary students in Mexico. *Social Sciences & Humanities Open*, 13, 102946.

[6] Jeong, H.-M., Kwon, H., & Kim, S.-H. (2023). A Meta-Analytic Approach for Examining the Effects of STEAM Education Programs in South Korea. *Innovation and Education (INED)*, 5(1), 5:1

[7] Ojetunde, S. M., & Ramnarain, U. (2026). Enhancing STEM and STEAM Education at the Grade Level Through Mixed Reality Applications: A Meta-analytical Study. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 26, 19.

[8] Singh, M., Azad, I., Qayyoom, M. A., & Khan, T. (2024). A study on perceptions and practices of STEAM-based education with university students. *Social Sciences & Humanities Open*, 10, 101162.

[9] Videla, R., Aros, M., Sandoval-Obando, E., Velásquez, A., Ramírez, P., Sarzosa, A., Cerpa, C., Veas, P., Carvajal, D., Jorquera, D., & Chávez, M. (2025). Sustainable computing in STEAM generative education: integrating biology, art, science of design and engineering with nature. *International Journal of Technology and Design Education*, 36, 499–522.

[10] Wu, Z. (2022). Understanding teachers' cross-disciplinary collaboration for STEAM education: Building a digital community of practice. *Thinking Skills and Creativity*, 46, 101178.

[11] Zhan, Z., Zhong, X., Lin, Z., & Tan, R. (2024). Exploring the effect of VR-enhanced teaching aids in STEAM education: An embodied cognition perspective. *Computers & Education: X Reality*, 4, 100067.



PARTE II

Artículos de la comunidad científica de Chihuahua



MÁS CHIHUAHUA
más de lo bueno
GOBIERNO DEL ESTADO

**INSTITUTO DE
INNOVACIÓN Y
COMPETITIVIDAD**



The background is a vibrant green textured surface. It is decorated with various colorful paper scraps and emoji stickers. In the top left, there is a pink starburst sticker. Scattered around are several square and rectangular pieces of paper in shades of orange, green, and pink. These pieces feature different emoji faces: a simple smiley face, a face with heart eyes, a face with a wide open mouth and tongue, a face with a single tear, and a face with a sad expression. A hand is visible at the bottom left, with the index finger pointing towards a pink square piece that has a simple smiley face on it.

DISEÑAR DESDE LA EMPATÍA: GESTIÓN DEL DISEÑO EN UNA CAMPAÑA DE BIENESTAR SOCIOEMOCIONAL PARA ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS

Joana González De León



*Autor de correspondencia: joanadeleon21@gmail.com

RESUMEN

Sin empatía, no se establece una conexión; y sin gestión, no se logra una difusión. Este artículo tiene como objetivo describir la gestión del diseño realizada para crear una campaña que promueva un manual de bienestar socioemocional para los estudiantes de licenciatura de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ). Así, se llevó a cabo la gestión utilizando la metodología del design thinking. En la etapa de empatía, se usó una encuesta para entender cómo los estudiantes perciben su propio bienestar socioemocional. En la etapa de definir, se identificaron los objetivos del proyecto. En la etapa de ideación, se realizó una lluvia de ideas para definir posibles formatos para la campaña. Durante la etapa de prototipar, se elaboró la primera versión de la campaña, que incluyó un cronograma de planeación para redes sociales. Finalmente, en la etapa de evaluación, se realizó una encuesta con los estudiantes para entender su comprensión de la campaña. Con sus comentarios, se modificó la campaña y se presentó una segunda propuesta. También se realizó una nueva encuesta para conocer sus opiniones sobre esta segunda propuesta. Como resultado, se notó que, gracias a la gestión, el valor del diseño se vuelve más importante y fácil de comprender para el usuario.

Introducción

¿Dónde se puede aplicar la gestión? Antes de este proyecto, mi respuesta habría estado relacionada con áreas como la administración, la ingeniería, la arquitectura y la medicina. Sin embargo, gracias a este proyecto, he podido ver cómo es útil y efectivo aplicar la gestión en el diseño, específicamente en el diseño gráfico.

Aunque el diseño usa procesos específicos para su área, la gestión considera aspectos que el diseño a menudo ignora. Para esto, es importante definir qué se entiende por gestión. Según el Project Management Institute (2013), la gestión "(...) involucra la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades de un proyecto, para generar un resultado

único que proporciona beneficios a individuos y organizaciones" (Project Management Institute, 2013, citado por Chacón, 2016, p. 406).

Si no se lleva a cabo una buena gestión, puede afectar el avance de un proyecto e incluso evitar que se realice en su totalidad (CBD, 2016; MJV, 2017; citados por De Salles & Moreira, 2021, p. 67). ¿Cómo se aplica una gestión inadecuada? Al ignorar uno de los elementos más importantes del diseño: comprender al usuario (Von Hippel, 2007, citado por De Salles & Moreira, 2021, p. 67).

Así pues, es claro que la gestión no solo considera las necesidades específicas del proyecto, sino también el manejar conocimientos y habilidades para atender las necesidades de las personas, que son el enfoque principal del proyecto. Para esto, se usan metodologías ágiles, que cuentan con una estructura flexible e iterativa para considerar a las personas y, al mismo tiempo, beneficiar a las instituciones involucradas.

Desarrollo

Este proyecto nace de una investigación en la que se creó un manual para fomentar el bienestar emocional y social de los estudiantes universitarios. Este material fue entregado a estudiantes de licenciatura que participaron en los talleres del semestre de enero-mayo 2026, dados por la Dirección General de Bienestar Universitario (DGBU) de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ). Además, aborda 4 temas principales: ansiedad, depresión, autocuidado y habilidades para el bienestar. En cada uno de ellos, se incluyen ejercicios y consejos prácticos para los estudiantes.



Figura 1: Extracto del manual para el participante de talleres grupales CBU-UACJ 2026. Fuente: Elaboración propia, adaptada del diseño preliminar de la Dirección General de Bienestar Universitario (DGBU), 2025.

Por otro lado, la gestión del diseño se aplicó a la creación de una campaña que promueva este manual, dirigida hacia los estudiantes de licenciatura de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. El proceso que siguió fue el design thinking porque se relaciona con el propósito del manual: entender a los estudiantes, ayudándolos a identificar el estado actual de su bienestar socioemocional y ofrecerles herramientas para mejorarlo.

Este proceso contempla cinco fases principales. Primero, se encuentra la fase de empatizar, en donde se busca comprender a los usuarios y sus necesidades, intereses y estilos de vida. Luego, sigue la fase de definir, que consiste en identificar las

problemáticas principales que se van a satisfacer por medio del proyecto. Posteriormente, en la fase de idear, se piensan en posibles soluciones. Después, en la fase de prototipar, se desarrollan prototipos de las ideas para definir la más viable. Por último, en la fase de evaluar, se presenta el prototipo en un contexto real para recibir retroalimentación del usuario, y así mejorar la propuesta.



Metodología Design Thinking



Figura 2: Metodología del design thinking. Fuente: Elaboración propia, 2026.

De este modo, al seguir los pasos del design thinking, se evaluó la comprensión de los estudiantes con respecto al concepto de bienestar socioemocional antes y después de ver la campaña. Además, se compararon la primera y la segunda versión de la campaña con sus comentarios para comprobar si esta última era más clara y directa.

Resultados

Fase 1: Empatizar

En la primera fase de empatizar, se aplicó una encuesta con una primera muestra de 12 estudiantes de nivel intermedio-avanzado de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez: 4 del Instituto de Arquitectura, Diseño y Arte (IADA), 4 del Instituto de Ingeniería y Tecnología (IIT), 3 del Instituto de Ciencias Sociales y Administración (ICSA) y 1 de Ciudad Universitaria (CU).

La encuesta se centró en 3 temas principales: 1) las emociones que sienten los estudiantes, 2) lo que piensan sobre el bienestar socioemocional y 3) los formatos que les gustaría para recibir información o consejos sobre cómo manejar el estrés y

su bienestar emocional.

En el primer tema, se encontró que los estudiantes sienten una carga emocional moderada, que se ve afectada por la carga de tareas escolares, la presión por las calificaciones, la dificultad para organizar su tiempo y por situaciones personales.

En el segundo tema, la mitad de los estudiantes dijo que había oído hablar del bienestar socioemocional, mientras que la otra mitad lo conocía muy poco o no lo conocía en absoluto. Además, relacionan el bienestar socioemocional con tres puntos clave: el equilibrio emocional, relaciones interpersonales y un bienestar integral (físico, mental y social).

En el tercer tema, los estudiantes dijeron que suelen buscar consejos sobre cómo

manejar el estrés o mejorar su bienestar emocional a través de medios como: 1) redes sociales, 2) apoyo psicológico o servicios de la universidad y 3) amigos o compañeros. De igual forma, prefieren que el contenido sea compartido en el formato de una publicación para redes sociales, infografías y videos cortos.

Para comprender mejor a los estudiantes y aterrizar los resultados de la encuesta, se hizo un ejercicio de un mapa de empatía. El mapa cuenta con 6 bloques que analizan lo que otros piensan, ven, escuchan, hacen, así como sus debilidades y fortalezas (Trochainnova, 2020, citado por Riveros y Olmedo, 2024, p. 142). De esta manera, sirve como una herramienta que muestra la experiencia del usuario de una forma más clara y comprensible.



Figura 3: Mapa de empatía de los estudiantes universitarios. Fuente: Elaboración propia, 2026.

Fase 2: Definir

Los resultados de la encuesta mostraron que hay una necesidad de informar sobre que es el bienestar socioemocional y, al mismo tiempo, ofrecer consejos sobre el tema mediante formatos visuales y breves. Por eso, se decidió crear una campaña en redes sociales para promover el manual de bienestar socioemocional como una herramienta para estudiantes de licenciatura de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Sin embargo, la campaña no se publicó oficialmente, ya que el manual que se creó es propiedad de la Dirección General de Bienestar Universitario (DGBU) de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ). Por lo tanto, la campaña solo se presentó como una propuesta para el futuro, la cual, si la dirección la aprueba, podría ser publicada en las redes sociales oficiales de la misma universidad.

Fase 3: Idear

Se revisaron varias publicaciones en redes sociales para identificar qué tipo de contenidos se usarían en la campaña. Por ejemplo, publicaciones que explican un tema sobre el bienestar socioemocional, como el manejo de las emociones. También se analizaron publicaciones que promocionan un material con ejercicios para mejorar el bienestar emocional y social. En ellas, se explicaban los contenidos del manual y se mostraban algunas páginas de este. Finalmente, se encontraron algunas infografías y videos cortos sobre el tema.



IG @mi.rinconcito.mental



IG @soniagarcia_autora



Figura 4: Moodboard para el desarrollo de la campaña del manual de bienestar socioemocional. Fuentes: Autores variados de Instagram y Pinterest, 2020-2026.

Una vez que se terminó el moodboard, se creó el primer cronograma de planificación para la campaña. Este cronograma incluía la red social donde se publicaría, el formato de la publicación, su objetivo, el contenido y el copy. También se planearon 2 publicaciones a la semana, una en formato de carrusel y la otra como un reel.

Semana	Red social	Formato de post	Objetivo	Contenido del post	Copy del post
1	Instagram / Facebook	Carrusel informativo	Introducir el concepto de bienestar socioemocional	Slide 1: ¿Qué es el bienestar socioemocional? Slide 2: Es la capacidad de reconocer, comprender y gestionar tus emociones. Slide 3: Te ayuda a identificar cómo te sientes... y a responder de forma más consciente. Slide 4: Influye en cómo estudias, te organizas y enfrentas el estrés. Slide 5: Cuidar tu bienestar también es parte de tu formación.	Cuidar tu bienestar socioemocional también es parte de tu vida universitaria.
	TikTok / Instagram Reels	Reel	Identificar señales de descuido del bienestar socioemocional	Escena 1: Tareas/proyectos/exámenes Escena 2: ¿Y tú? Escena 3: Tu bienestar también importa.	Tareas, proyectos, exámenes... ¿Y tú? Tu bienestar también importa.
2	Instagram / Facebook	Carrusel	Identificar señales de descuido del bienestar socioemocional	Slide 1: ¿Sientes que necesitas una pausa... pero no sabes cómo? Slide 2: Entre tareas, proyectos y pendientes... es fácil dejar de lado cómo te sientes. Slide 3: Pero estar bien también es parte de tu proceso como estudiante. Slide 4: Por eso, existe una guía de bienestar socioemocional pensada para estudiantes como tú. Slide 5: Encuentra herramientas, tips y apoyo en un solo lugar. • Para más información, acércate al Centro de Bienestar Universitario de tu instituto.	Entre todo lo que tienes que hacer, también estás tú. Cuida de ti, cuida de tu bienestar.
	TikTok / Instagram Reels	Reel	Identificar señales de descuido del bienestar socioemocional	Escena 1: 3 señales de que necesitas una pausa. Escena 2: Señal 1 - No puedes desconectarte. Escena 3: Señal 2 - Te sientes saturado. Escena 4: Señal 3 - No estás descansando bien. Escena 5: No es solo cansancio, es tu bienestar.	Si te pasa esto... quizá necesitas un respiro.
3	Instagram / Facebook	Post infográfico	Informar sobre el contenido del manual de bienestar socioemocional	Slide 1: Una guía pensada para ti • Cuidar de tu bienestar socioemocional también es parte de tu formación Slide 2: ¿Qué puedes encontrar en esta guía? • Ansiedad: Cómo identificarla y qué hacer cuando aparece. • Depresión: Señales importantes y la importancia de buscar apoyo. • Autocuidado: Acciones simples para cuidar tu bienestar día a día. • Habilidades para el bienestar: Herramientas para gestionar tus emociones. • Para más información, acércate al Centro de Bienestar Universitario de tu instituto.	Tu guía de bienestar en la uni. Un recurso pensado para ayudarte a entenderte y cuidarte mejor.
4	TikTok / Instagram Reels	Reel	Mostrar el contenido del manual de bienestar socioemocional	Escena 1: A veces no sabes manejar lo que sientes. Escena 2: Y no entiendes lo que te pasa. Escena 3: Pero hay formas de comprenderte mejor. Escena 4: Herramientas/Tips/Teoría Escena 5: Todo en un solo lugar. Escena 6: Cuidar tu bienestar también se aprende.	Tu bienestar también se construye día a día con pequeñas decisiones.
	Instagram / Facebook	Carrusel	Promover la búsqueda de apoyo institucional	Slide 1: Buscar ayuda también es parte de cuidarte. Slide 2: Acércate al Centro de Bienestar Universitario (CBU) de tu instituto. Slide 3: Puedes recibir apoyo psicológico y acceder a recursos para tu bienestar. Slide 4: No tienes que hacerlo todo solo.	Entre todo lo que tienes que hacer, también estás tú. Cuida de ti, cuida de tu bienestar.

Figura 5: Planeación de la campaña para redes sociales. Fuente: Elaboración propia, 2026.

Fase 4: Prototipar

Para diseñar la campaña, se usó la misma identidad visual que se creó para el manual, para que todas las publicaciones sigan la misma línea. Además, se mantuvo el mismo estilo de ilustración que en la portada y contraportada del manual. De esta manera, se obtuvieron los siguientes resultados:



Figura 6: Identidad visual del manual de bienestar socioemocional. Fuente: Elaboración propia, 2026.

Carrusel informativo: Semana 1



Post infográfico: Semana 3



Figura 7: Propuesta de diseño para la campaña. Fuente: Elaboración propia, 2026.

También se hicieron algunos storyboards para los reels, incluyendo las tomas y el texto que se narrará. Asimismo, se mantuvo la tipografía de la identidad visual del manual para que el estilo de las publicaciones y de los reels fuera coherente.

Storyboards reels: Semana 1, 2 y 4



Figura 8: Storyboards para reels de la campaña. Fuente: Elaboración propia, 2026.

Fase 5: Evaluar

Al terminar la campaña, se realizó una encuesta a una segunda muestra de 12 estudiantes de nivel intermedio-avanzado de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez: 5 del Instituto de Arquitectura, Diseño y Arte (IADA), 3 del Instituto de Ingeniería y Tecnología (IIT), 3 del Instituto de Ciencias Sociales y Administración (ICSA) y 1 del Instituto de Ciencias Biomédicas.

Los estudiantes pensaron que la campaña se centraba en el bienestar emocional, el autocuidado y la salud mental. Identificaron que el mensaje principal era cuidar su salud y prestar atención a cómo se sienten. También señalaron que les gustó el diseño, los colores y lo clara que fue la información. De igual forma, se sintieron identificados con la campaña porque trataba temas reales, como el estrés, la carga de trabajo y sus emociones en la universidad.

Pensaron que un manual podría ayudarles a entender cómo se sentían. Sin embargo, había dudas sobre si consultar el manual después de ver la campaña. Por lo tanto, algunos estudiantes recomendaron aclarar más la información o entrar en detalle sobre consejos o el contenido del manual. Así, se establecieron los siguientes aspectos a mejorar en la campaña:

Objetivo	Cambios a la campaña	Ejemplos
Pasar de la identificación a la acción	Agregar en cada pieza un mini paso accionable	<ul style="list-style-type: none">• "Prueba esto hoy"• "Empieza con"
Incluir herramientas prácticas	Integrar micro-herramientas en posts y reels	<ul style="list-style-type: none">• Respiración breve• Pausa de 5 min• Escribir cómo te sientes
Que los estudiantes puedan explicar lo que sienten (no solo mostrarlo)	Agregar frases que refuerce el objetivo	<ul style="list-style-type: none">• "Esto podría ser..."• "Lo que sientes tiene nombre"
Reforzar el call to action (CTA) (hacerlo más claro y cercano)	No solo decir "acércate al CBU"	<ul style="list-style-type: none">• Mencionar qué van a encontrar y cómo les ayuda

Figura 9: Puntos a mejorar en la campaña. Fuente: Elaboración propia, 2026.

Además de estos puntos, se agregó un reel (en la semana 3) donde se puede practicar un ejercicio para combatir la ansiedad que está incluido en el manual. Se realiza un ejercicio de respiración que tiene como objetivo ayudar al estudiante a pausar y estar en el momento presente.

Con estos cambios, se les volvió a preguntar a los estudiantes que miraran el nuevo diseño para ver si les gustaba más que el diseño anterior de la campaña. Se realizó una encuesta a una tercera muestra de 12 estudiantes de nivel intermedio-avanzado de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez: 6 del Instituto de Arquitectura, Diseño y Arte (IADA), 3 del Instituto de Ingeniería y Tecnología (IIT), 1 del Instituto de Ciencias Sociales y Administración (ICSA), 1 del Instituto de Ciencias Biomédicas y 1 de Ciudad Universitaria (CU).

Los estudiantes dijeron que el mensaje principal de la campaña fue poner la salud mental primero, antes que la carga académica. La mayoría votó que el manual les sería útil para cuidar su bienestar, porque el contenido les ayuda a detenerse y recordar que es importante cuidar de sí mismos. Además, consideraban que los ejercicios sugeridos en la campaña se podían incluir en su día a día.

Después de ver la campaña, el 75% de los estudiantes mostró interés en cambiar algo en su rutina para cuidar su bienestar socioemocional. Sin embargo, solo el 25% de ellos dijo que definitivamente se acercarían a los Centros de Bienestar

Universitario (CBU) para pedir ayuda. Sugieren que la campaña sea más clara, que incluya más consejos y más actividades presenciales en la universidad para aumentar la conciencia acerca de cómo mejorar su bienestar socioemocional.

CONCLUSIONES

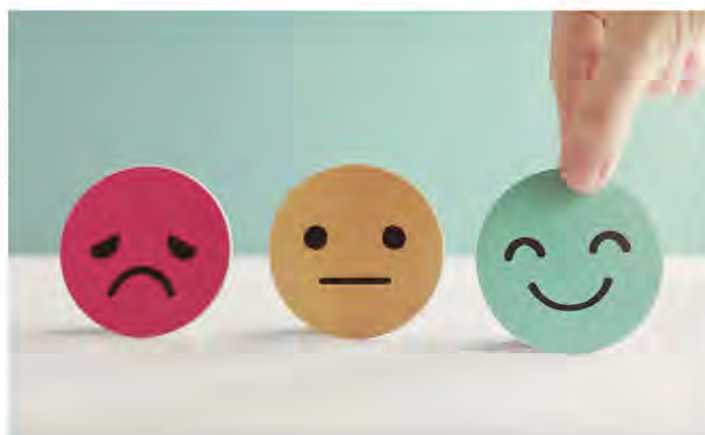
Generalmente, un proyecto de diseño no sigue la gestión de manera estricta. Sin embargo, a través de este proyecto, se demostró su gran importancia. No solo como una herramienta para gestionar tiempos o tareas, sino para entender el proyecto de manera más completa. Es decir, entender cómo el diseño afecta al usuario, involucrándolo en el proceso desde el principio hasta la evaluación.

El uso de procesos como el design thinking o herramientas como el mapa de empatía son efectivos para seguir el proceso de diseño y su evolución a medida que avanza el proyecto. Gracias a ellos, los recursos, el tiempo y el esfuerzo se utilizan de manera más efectiva durante el proyecto, ya sea que se trabaje de forma individual o colectiva.

La gestión ayuda a aprovechar los desafíos y oportunidades de cada proyecto, no solo en el diseño, para desarrollar habilidades, conocimientos y ejemplos a seguir en un proyecto específico. Sin embargo, el diseño es solo una de varias disciplinas que se benefician del uso de la gestión. Además, al usar la gestión junto con procesos como el design thinking, se logran diseños más efectivos y comprensivos con los usuarios.

La campaña realizada para este proyecto mostró cómo el diseño puede ayudar a comunicar y explicar temas complejos, como el bienestar socioemocional, de una forma más accesible y amigable para los usuarios. Así, los estudiantes pueden sentirse identificados con el contenido de la campaña y tener interés en obtener herramientas que les ayuden a reflexionar y a formar hábitos que les permitan estar presentes y cuidar de su bienestar, tanto dentro como fuera de la universidad.

Aunque la campaña solo quedó como una propuesta, los comentarios recibidos fueron importantes para el desarrollo de la gestión del diseño de este proyecto. Sin embargo, para obtener resultados más claros, sería necesario evaluarla con un solo grupo de estudiantes que analicen cómo cambia la propuesta desde el principio hasta el final. Además, si se publica, se podrían tener en cuenta cosas como cuántas reacciones recibe cada publicación o cuántas veces los estudiantes la comparten.



REFERENCIAS

- [1] Arzuaga, R. G. (2025). Metodologías ágiles como herramienta para la transformación y competitividad empresarial en entornos dinámicos. *European Public & Social Innovation Review*, 11, 1-17. <https://doi.org/10.31637/epsir-2026-2241>
- [2] Chacón, P. A. (2016). Propuesta para la formación del diseñador en gestión de proyectos. *Revista Ciencias Estratégicas*, 24(36), 403-412.
- [3] De Salles, D., & Moreira, M. (2021). Marco de gestión de proyectos de design thinking. *Estudios de Diseño*, 29(3), 66-86.
- [4] Riveros, T., & Olmedo, S. L. (2024). Los mapas de empatía: una herramienta para evaluar las necesidades y motivaciones del turista. *Revista Internacional de Turismo, Empresa y Territorio*, 8(1), 139-164.





CUERPOS CONSCIENTES, MENTES LIBRES: PROYECTO DE DISEÑO Y GESTIÓN EN COMUNICACIÓN VISUAL

Alejandra Pérez Enríquez

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

RESUMEN

Este artículo describe el proceso de gestión de diseño del proyecto *Cuerpos conscientes, mentes libres*, una libreta de reflexión diaria que nace de una investigación de la maestría de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ). Su objetivo es cuestionar los estereotipos corporales que repetimos sin darnos cuenta en la vida diaria, y propone una herramienta para fomentar esta reflexión, en lugar de ofrecer consejos o afirmaciones positivas, se proponen preguntas que invitan a pensar de dónde vienen esas ideas. El proceso se desarrolló a partir de una fusión de Design Think con el proceso formal de gestión de diseño y se enfrentaron desafíos propios de cualquier proyecto que trabaja con temas sensibles. La experiencia mostró que gestionar bien no significa ejecutar sin errores, sino tomar decisiones informadas en cada etapa, reconocer los desajustes a tiempo y adaptarse sin perder de vista el objetivo.

PALABRAS CLAVE

Imagen corporal

Diseño gráfico

Gestión de diseño

Libreta reflexiva



Introducción y definición del tema

¿Puede una libreta transformar la forma en que una persona piensa y vive su propio cuerpo? Esta pregunta es la que guía el proyecto *Cuerpos conscientes, mentes libres*, que se ha creado derivado de una investigación de maestría en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ).

¿Cuántas veces al día piensas en tu cuerpo? ¿Y cuántas de esas veces ese pensamiento viene acompañado de una crítica, una comparación o una insatisfacción?

Si te pasa seguido, no es casualidad. Vivimos rodeados de imágenes que nos dicen, sin palabras, cómo deberían ser los cuerpos: qué tamaño, qué forma, qué color, qué edad. Esas imágenes están en la publicidad, en las redes sociales, en las revistas, en los empaques de los productos. Como señala Berger (1972), la manera en que vemos las cosas depende de lo que sabemos y creemos, por eso la imagen nunca es neutral. Y detrás de cada una de ellas hay decisiones de diseño: qué cuerpo aparece, cómo se ilumina, qué tan grande se muestra, qué queda fuera del encuadre.

Se detectó una oportunidad: casi no existen materiales que inviten a reflexionar profundamente sobre el cuerpo en la rutina diaria. Aunque hay agendas de bienestar, cuadernillos de journaling o recursos de mindfulness, pocos lo hacen desde una mirada crítica, inclusiva y sin imponer normas.

De ahí surge la propuesta, una libreta para pensar el cuerpo desde la experiencia personal cotidiana, sin dar respuestas cerradas, sin moralizar y sin exigir conocimientos previos. Para lograrlo, la gestión de diseño del proyecto requirió decisiones estratégicas, éticas y comunicativas en cada etapa.

Este artículo explica ese proceso: cómo se definió el problema, cómo se creó el concepto, qué se evaluó, qué resultados se

obtuvieron y hacia dónde se planea llevar el proyecto en el futuro.

El punto de partida de este proyecto es una pregunta que parece simple pero no lo es ¿de dónde vienen las ideas que tenemos sobre los cuerpos?

Cuando alguien piensa “mi cuerpo no es suficiente” o “ese cuerpo sí se ve bien”, esas ideas no aparecieron de la nada. Las aprendimos. Las absorbimos poco a poco a través de los comentarios familiares, programas de televisión, publicidades o redes sociales. Y con el tiempo dejaron de sentirse como ideas ajenas y empezaron a sentirse como verdades propias.

A esto se le llama internalizar un estereotipo: cuando una idea externa sobre los cuerpos se convierte en una voz interna que nos juzga constantemente. Los estereotipos se presentan como algo “natural” o lo que debería ser, pero en realidad son construcciones sociales (Wolf, 1991).

El diseño gráfico y la comunicación visual juegan un papel en ese proceso. Cada vez que en un anuncio aparece siempre el mismo tipo de cuerpo, cuando los cuerpos que se muestran como exitosos o saludables siguen el mismo molde, se está construyendo sin decirlo un estándar de lo que es normal y lo que no.

La investigación propone que tomar conciencia de esto, es decir, darse cuenta de que esas ideas tienen origen, que alguien las construyó, que no son verdades universales, ya es un primer paso hacia pensar de forma más libre y más propia. Es un proyecto que se sitúa en la intersección entre el diseño gráfico, crítica social y autoconocimiento y propone que el diseño puede ser una herramienta de cuestionamiento: no solo para analizar cómo funcionan los estereotipos en la sociedad sino para crear herramientas que permitan a las personas activar su reflexión profunda.

El problema

El problema principal es que, en la vida diaria, las personas repiten sin darse cuenta los estereotipos sobre el cuerpo en sus hábitos, en lo que ven y en lo que dicen. Además, casi no existen materiales que ayuden a reflexionar sobre el cuerpo de una manera clara y cercana.

Esta doble problemática (cultural y editorial) dio origen al proyecto. La idea es que, si los estereotipos se forman en lo cotidiano, la solución es encontrarla también en lo cotidiano. Por eso se decidió crear una libreta. Este objeto de uso común, fácil de llevar y privado, que pueda convertirse en un espacio personal de reflexión para cuestionarse y tomar conciencia.

Cuerpos conscientes, mentes libres es una libreta de uso diario, pequeña (tamaño A5, como media hoja carta) con entre 12 y 16 páginas. Está pensada para usarse entre 5 y 10 minutos al día, sin necesidad de haber leído nada sobre el tema antes.

La propuesta de diseño

Lo que la hace diferente de otras agendas o cuadernos de bienestar que hay en el mercado es lo que no hace: no da consejos, no propone afirmaciones de tipo “soy suficiente”, no ofrece rutinas de autocuidado ni promete transformarte en semanas.

En cambio, pregunta. Y las preguntas están diseñadas para incomodar un poco: para que la persona se detenga y piense de dónde vienen esas ideas, si realmente las eligió o simplemente las heredo, ya quien le conviene que existan.

La libreta no está dirigida a un género o edad específica. Las ideas sobre los cuerpos nos afectan a todas las personas, aunque de maneras distintas. Por eso el lenguaje es sencillo e incluye a cualquiera que quiera usarla.

Tres sistemas integrados

Sistema de contenido
Preguntas breves, claras y abiertas. Lenguaje inclusivo y accesible. Profundidad reflexiva progresiva.

Sistema visual
Diseño limpio, ritmo y espacio entre texto y vacíos, jerarquía clara. Estética que no impone ni exige.

Sistema de uso
5 a 10 minutos diarios. Sin exigencia de trabajo extenso. Compatible con rutinas cotidianas de cualquier persona.

Tabla 1: Los tres sistemas integrados de la libreta Cuerpos conscientes, mentes libres. Fuente: Elaboración propia, 2026.

Los ejercicios: de lo más fácil a lo más profundo

La libreta tiene seis tipos de ejercicios, ordenados de menos a mayor. La idea es que cada uno prepare el camino para el siguiente:

Figura 1
Sistema de ejercicios - prototipo

NIVEL	TIPO DE EJERCICIO	¿QUÉ HACE QUIEN LO USA?	EJEMPLO DE PREGUNTA
BÁSICO	Ver sin juzgar Observación	Describe lo que ve, sin calificar ni opinar	"Describe lo que ves en esta imagen sin usar palabras como bonito, feo o ideal."
	Anotar el día Registro personal	Registra cuándo y cómo piensa en su cuerpo durante el día	"¿En qué momento de hoy pensaste en tu cuerpo? ¿Qué pasó antes?"
MEDIO	Preguntar de dónde viene Cuestionamiento	Cuestiona el origen de sus ideas sobre el cuerpo	"¿Quién decide cómo debe verse un cuerpo ideal? ¿Cuándo aprendiste eso?"
	Leer las imágenes Análisis de medios	Identifica qué mensajes hay detrás de la publicidad y las redes	"¿Qué tipos de cuerpos aparecen aquí? ¿Cuáles nunca aparecen?"
ALTO	Reescribir el pensamiento Cambio de perspectiva	Toma un pensamiento negativo y lo reformula desde otra mirada	"Toma este pensamiento: 'mi cuerpo no está bien'. ¿De dónde viene esa idea?"
APLICADO	Hacer algo hoy Acción concreta	Lleva la reflexión a una acción pequeña y real en su vida cotidiana	"¿Qué podrías hacer hoy, aunque sea algo pequeño, para cuestionar una idea sobre los cuerpos?"

■ Básico — observar y registrar ■ Medio — cuestionar y analizar ■ Alto / aplicado — cambiar y actuar

Como podemos observar en la figura 1 son 3 niveles de profundidad de reflexión. El nivel básico es el nivel de entrada, donde se busca que el usuario comienza a observar sin necesidad de un análisis profundo; en el nivel medio el usuario deja de solo observar y empieza a relacionar, analizar y cuestionar; y el nivel alto ya no solo se analizan experiencias personales sino también todo aquello que se entiende que las producen y refuerzan esas ideas sobre el cuerpo, para si llegar a entender que sus ideas no surgen de la nada sino son parte de las estructuras sociales.



Como se ve la libreta

El diseño visual de la libreta también comunica algo. No hay imágenes de cuerpos idealizados adentro, porque sería contradictorio. En su lugar, hay mucho espacio en blanco, que no es vacío, sino una invitación a escribir y a pensar, y una tipografía clara que jerarquiza bien la pregunta, la instrucción y el espacio de respuesta.

La estética es intencionada: nada que distraiga, nada que imponga. El protagonista es quien la usa.

Figura 2

Páginas de la libreta “Cuerpos conscientes, cuerpos libres”

Momento corporal del día	Ver sin interpretar
<p>Instrucción: Describe un momento del día en el que pensaste en tu cuerpo.</p> <p>Guía</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué ocurrió? • ¿Qué pensaste? • ¿Qué sentiste? <p>Espacio de escritura:</p> <p>¿Para qué es este ejercicio? Para hacer visibles esos momentos en los que piensas en tu cuerpo sin darte cuenta. Lo cotidiano también construye cómo te percibes.</p>	<p>Instrucción: Observa la imagen (puede ser una fotografía de cuerpos diversos o publicidad). Responde únicamente describiendo lo que ves, sin usar adjetivos valorativos.</p> <p>Guía</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué elementos aparecen? • ¿Qué acciones ocurren? • ¿Qué características físicas puedes identificar sin interpretar? <p>Espacio de escritura:</p> <p>¿Para qué es este ejercicio? Para ayudarte a notar la diferencia entre lo que ves y lo que interpretas. Muchas veces agregamos juicios sin darnos cuenta. Este ejercicio te permite identificar ese proceso.</p>

El proceso de gestión del diseño

En el desarrollo de Cuerpos conscientes, mentes libres, se siguió una metodología híbrida que fusiona el Design Thinking con un proceso formal de gestión de diseño. Todo este desarrollo estuvo lejos de ser una línea recta, fue un recorrido de ajuste y correcciones y redefinición de alcances. La gestión se estableció desde una perspectiva integral, abarcando principios como la resolución, la comunicación y la transformación, además de los componentes prácticos como las fases secuenciales, revisiones y herramientas específicas (Canfield & Bernardes, 2021). Lupton (2011) describe el Design Thinking como un proceso que no parte de soluciones predefinidas sino de una comprensión profunda de las personas para quienes se diseña, lo que hace especialmente adecuado para proyectos de impacto social.

Etapas 1 – Investigar y entender el problema

En esta etapa solo se trabajó con la etapa de “Empatizar” del Design Thinking y del proceso de gestión del diseño la parte de “Iniciación”.

El objetivo de esta etapa es construir una base sólida antes que diseñar, para eso se revisó literatura sobre imagen corporal y cultura visual y se hicieron preguntas exploratorias a personas sobre su relación cotidiana con su propio cuerpo: ¿Cuándo piensan en él?, ¿qué les genera incomodidad?, ¿usan agendas o cuadernos de reflexión?

También se analizaron productos similares, como lo son las agendas de bienestar, cuadernos de autoconocimiento, el famoso Destroza este diario de Smith, para entender qué existe y qué falta. La propuesta de Smith de darle un uso distinto a un objeto cotidiano fue clave: si una libreta puede romperse para ayudar a soltar las inhibiciones (2007), también puede servir para cuestionar las ideas que nos limitan.

Etapas 2 – Delimitación del experimento

Para la etapa dos del proceso de Design Thinking se trabajó la parte de “Definir” y la etapa de “Planificación” del proceso de gestión del diseño.

El objetivo de esta etapa es transformar los hallazgos de la etapa 1 en una estructura clara del proyecto. En esta parte se definió con claridad qué se va a probar dentro del prototipo,

delimitando los tipos de ejercicios reflexivos que permiten cuestionar los estereotipos corporales, el nivel de profundidad de reflexión, la frecuencia de uso, el tono narrativo y la parte visual de la libreta.

Con esa información, se decidió qué tipos de ejercicios incluir, qué tan largos serían, con qué frecuencia se usarían (uno o dos por día) y cuánto tiempo duraría la prueba (entre 7 y 14 días). Se organizó cada ejercicio por nivel, se especificó el objetivo y el tipo de reflexión.

Etapas 3 – Diseñar el prototipo

Se tomó la etapa de “Idear” del Design Thinking y mientras que del proceso de gestión se tomó la etapa de “Ejecución”.

El objetivo es construir un prototipo funcional que permita probar las tipologías de ejercicios en un formato sencillo y accesible. Se seleccionaron los ejercicios definitivos, al igual que se estableció la secuencia de los mismos. Ya con estos datos en orden, se pasó a diseñar la estructura básica de la libreta y ajustar lo necesario para que todo sea claro y fácil de usar.

Se creó una versión sencilla de la libreta, impresa en blanco y negro, engrapada, sin diseño elaborado. La prioridad en esta etapa no era que se viera bien, sino que funcionara: probar si los ejercicios eran claros, si las preguntas generaban algo en quien las leía.

En las etapas de la gestión del diseño, la etapa de monitoreo y control es una fase que está presente de manera transversal durante la planificación y ejecución. Para esta fusión está trabajando en la etapa 2 y 3.



Etapa 4 – Aplicación y testeo

En la etapa 4 solo se trabaja del Desing Thinking la etapa de testear.

El objetivo de esta etapa es observar cómo interactúan los usuarios con el prototipo y evaluar la efectividad de los ejercicios reflexivos. Para esta etapa se seleccionan los participantes para la prueba, se explica el propósito y funcionamiento del prototipo y se aplica el prototipo en el tiempo establecido.

El prototipo se entregó a un grupo reducido de personas (8 personas) que lo usaron durante el periodo de prueba.

Etapa 5 – Análisis y cierre

Para esta etapa, solo se activa la gestión del diseño con su etapa de cierre. Aquí se trabaja el análisis de los resultados obtenidos durante el testeo para identificar qué tipos de ejercicios generan mayor reflexión sobre los estereotipos corporales.

Se revisaron las respuestas buscando incidencias de uso ¿Qué ejercicios funcionaron mejor?, ¿cuáles generaron más confusión o resistencia?, ¿las personas continuaron usando la libreta varios seguidos?

Los ajustes que el proceso exigió

Una parte honesta de documentar este proyecto es registrar donde el plan y la realidad no coincidieron, porque esos momentos son también parte del proceso de gestión.

El primer ajuste fue de alcance. El proyecto original contemplaba una libreta anual con versión física y digital simultáneas. Ese plan era inviable para un equipo unipersonal con el tiempo y recursos limitados. La decisión fue reformular el objetivo en lugar de un producto terminado, mejor desarrollar y testear un prototipo de baja fidelidad que respondiera una pregunta concreta de diseño. Eso no fue una renuncia, fue una corrección necesaria y metodológicamente más coherente.

El segundo ajuste fue de lenguaje. Traducir conceptos como “conciencia crítica” o “desnaturalización de normas corporales” a preguntar que cualquier persona puede responder sin contexto previo resultó uno de los retos más exigentes de todo el proceso. El riesgo era doble: trivializar y simplificar el tema o hacerlo tan denso que resultara excluyente.

El tercer ajuste llegó durante el teste, y es el más importante: nadie usó la libreta de

forma espontánea. Ese resultado no invalida el diseño, pero sí revela algo que orienta todo el proceso siguiente: el perfil del usuario y el canal de llegada son variables de diseño, no detalles secundarios. Una herramienta de reflexión corporal tiene sentido para personas que ya tienen alguna apertura al tema.

¿Qué se quería saber?

La prueba no buscaba saber si la libreta gusta o si se vendería bien. Buscaba responder a algo más del contenido, sobre los ejercicios: ¿Qué tipo de ejercicio ayuda más a una persona a cuestionar las ideas que tiene sobre su cuerpo de manera segura?

Para eso, se observaron cuatro cosas en cada ejercicio:

¿Se entendía? ¿La pregunta e instrucciones eran claras sin necesitar más explicación?

¿Hacia pensar? ¿La persona llegaba a reflexionar sobre de dónde viene sus ideas o solo describía como se sentía?

¿Generaba algo? A veces la incomodidad es una buena señal, significa que el ejercicio todo algo real. ¿Pero había que distinguir cuando era incomodidad era útil, cuando la incomodidad estaba cercana a una herida que requiriera acercamiento psicológico o cuando era señal de que la pregunta está mal redactada?

¿Las personas volvían al día siguiente? La continuidad era importante, una libreta que se abandona al tercer día no logra su objetivo.

Hallazgos

Primero, lo que paso antes de hablar de resultados...

Antes de hablar de lo que dijeron las personas, también es relevantes hablar del proceso mismo y contar lo que paso durante el proceso de prueba.

En el primer acercamiento, nadie usó la libreta por su cuenta. Ninguna de las ocho personas que participaron la tomó de forma espontánea. En el segundo intento, fue necesario hacer seguimiento activo, de recordarles el uso cotidiano de la libreta.

Eso no es un detalle menor, ni quita validez al proyecto. Es, en sí mismo, un hallazgo honesto y muy importante: una herramienta de reflexión sobre el propio cuerpo no funciona si quien la recibe no tiene ningún interés previo en el tema. No porque la libreta o las preguntas estén mal diseñadas,

sino porque este tipo de ejercicio requiere una disposición que no puede imponerse desde afuera.

La muestra

Ocho personas participaron en la prueba: 6 mujeres y 2 hombres, con edades que van desde los 15 hasta los 74 años. La diversidad de edades fue una característica no planeada sino un muestreo por conveniencia, seleccionando a los participantes disponibles y accesibles al momento de la recolección de datos.

Resultados

Los ejercicios que más resonaron fueron los de registro personal (anotar cuando y como piensan en su cuerpo durante el día y los de observación y análisis de imágenes (analizar lo que se muestra en la publicidad y las redes sociales). Estos fueron lo que generaron mayor cantidad de respuestas.

Las respuesta más reflexivas y completas vinieron de participantes de mediana edad, mientras que los más jóvenes y las personas de mayor edad mostraron más resistencia al formato escrito. Y las personas de mayor edad mostraron resistencia al tema, mientras que los de edad media les pareció interesante el tema.

La mayoría de los participantes saltó ejercicios, principalmente los que requerían escribir mucho o pensar a profundidad. El estado físico de la persona afectó directamente la experiencia: el agotamiento hizo que los ejercicios se vivieran como tarea y no como reflexión. Algunos comentaron que solían estar cansados o sin tiempo cuando realizaban la reflexión, y en la mayoría lo realizo en la noche.



CONCLUSIONES

Este proyecto enseñó algo que no estaba en ningún libro de diseño: que una herramienta bien pensada puede no funcionar si no llega a las manos correctas en el momento correcto.

La primera aplicación de la libreta dejó en claro que el diseño del objeto no es suficiente por sí solo. Una libreta de reflexión sobre el cuerpo requiere que quien la use tenga alguna disposición previa hacia el tema, aunque sea pequeña. Sin esa chispa inicial, las preguntas más cuidadosamente diseñadas se convierten en una tarea más en la lista del día. Eso no es un defecto del proyecto, es una de sus lecciones más valiosas, y orienta directamente las siguientes decisiones de diseño.

El proceso también mostró que el formato importa tanto como el contenido. Ejercicios que en papel parecían bien planteados resultaron demasiados largos, demasiados abiertos o demasiados exigentes para el momento y la energía real de las personas. Diseñar para cómo la gente realmente usa las cosas (cansada, con poco tiempo, muchas veces de noche) es tan importante como diseñar para como idealmente debería usarlas.

Y quizás lo más importante, el proceso confirmó que el diseño puede ir más allá de comunicar mensajes. Puede crear espacios para que las personas se hagan preguntas que de otra forma no se harían. Eso es lo que este proyecto buscaba desde el principio, y es que sigue guiando su desarrollo.



REFERENCIAS

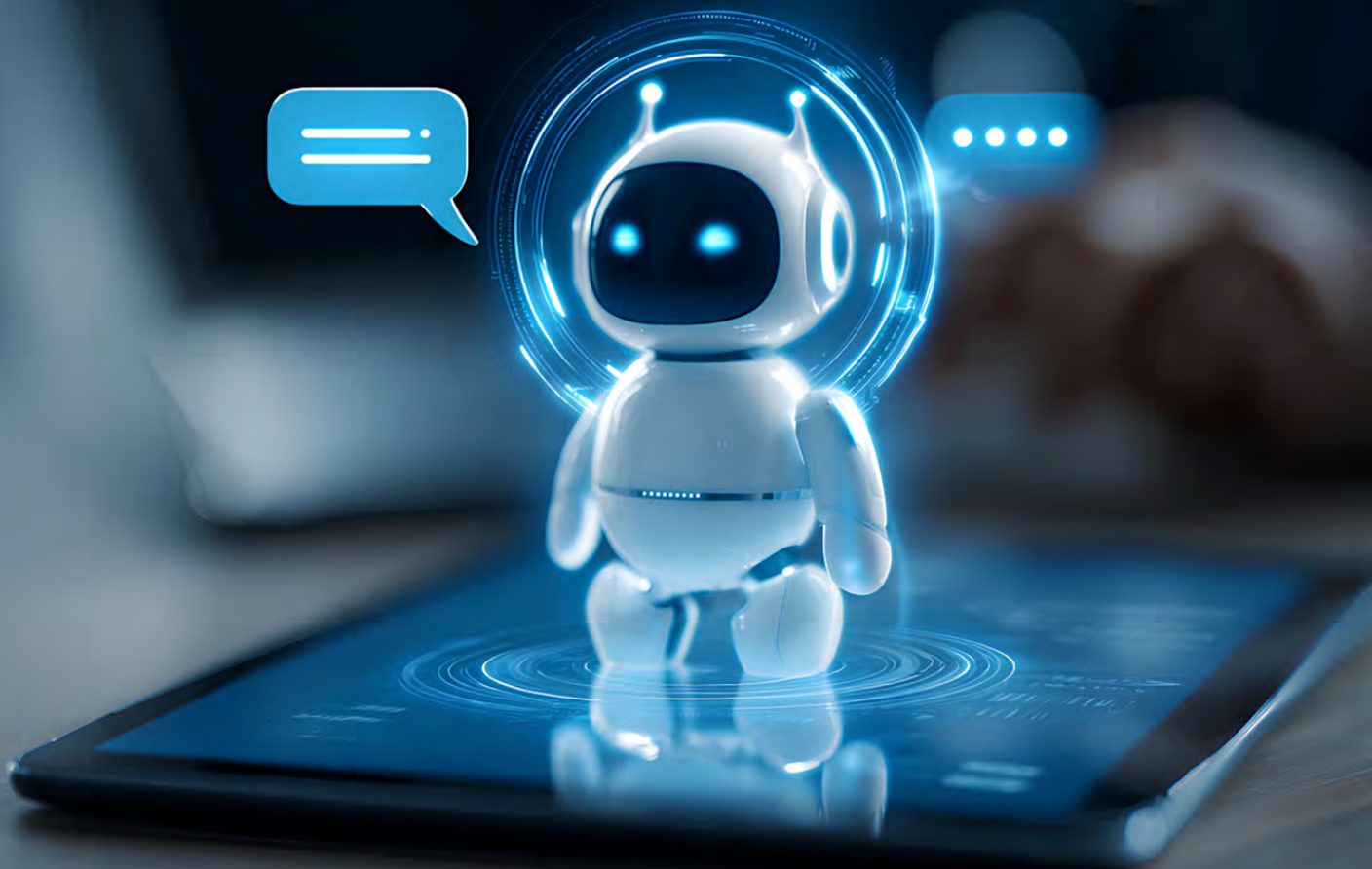
- [1] Berger, J. (1972). Modos de ver (J. Fitzmaurice, Trad.). Editorial Gustavo Gili.
- [2] Canfield, D. de S., & Bernardes, M. M. e S. (2021). Design Thinking Project Management framework. Estudos Em Design, 29
- [3] Lupton, E. (2011). Graphic design thinking: Beyond brainstorming. Princeton Architectural Press.
- [4] Smith, K. (2007). Destroza este diario (R. Lara, Trad.). Paidós.
- [5] Wolf, N. (1991). El mito de la belleza (M. Mercadal, Trad.). Eméché Editores.



DESARROLLO Y GESTIÓN DEL DISEÑO DE UN SITIO WEB EDUCATIVO SOBRE AGENTES INTELIGENTES

Carlos Eduardo Gallegos Borunda ^[1], Silvia Husted Ramos ^[1]

^[1] Universidad Autónoma en Ciudad Juárez



RESUMEN

Los agentes inteligentes son sistemas capaces de percibir información de su entorno, procesarla y tomar decisiones de manera autónoma. Aunque su presencia es cada vez más común en diversas tecnologías, su funcionamiento suele resultar complejo para quienes no están familiarizados con el tema.

Este trabajo presenta el desarrollo de un sitio web diseñado para explicar de forma clara y accesible los principios básicos de los agentes inteligentes y algunos de los procesos cognitivos que influyen en su comportamiento. Más allá de la creación del contenido, el proyecto analiza la gestión del diseño empleada durante la planeación y construcción del sitio.

A lo largo del proceso se definieron objetivos, se organizaron contenidos y se desarrolló una propuesta visual orientada a facilitar la comprensión de conceptos especializados. Asimismo, se consideraron aspectos relacionados con la experiencia del usuario y la accesibilidad de la información.

Los resultados muestran cómo la gestión del diseño puede contribuir a la comunicación efectiva de temas tecnológicos complejos, favoreciendo la divulgación del conocimiento mediante plataformas digitales accesibles para públicos diversos.

de forma natural en la vida diaria, comprender cómo funcionan sigue siendo un desafío para gran parte de la población. Con frecuencia, la información relacionada con agentes inteligentes y procesos cognitivos se presenta mediante terminología técnica y especializada, lo que dificulta su acceso para estudiantes, diseñadores y personas interesadas en el desarrollo digital que buscan una aproximación más práctica a estos temas.

Esta situación plantea la necesidad de encontrar nuevas formas de comunicar conocimientos tecnológicos complejos. Más allá de transmitir información, resulta importante construir experiencias que permitan al usuario comprender conceptos especializados de manera gradual y significativa. En este sentido, el diseño adquiere un papel fundamental, ya que no solo interviene en la apariencia visual de una plataforma, sino también en la organización de contenidos, la planificación de la experiencia de usuario y la estructuración de los elementos que facilitan el aprendizaje.

informativa, sino también como un caso de estudio sobre la gestión del diseño en productos digitales. Su construcción permitió analizar cómo la organización de recursos, la definición de objetivos y la planificación estratégica influyen en la calidad final de una plataforma orientada a la divulgación del conocimiento. Para ello, se adoptó un enfoque de gestión del ciclo de vida del proyecto, una práctica cada vez más utilizada para coordinar recursos y asegurar la calidad técnica en entornos digitales complejos (Sakaliuk et al., 2025). Del mismo modo, la toma de decisiones se apoyó en principios de gestión orientada al cliente, favoreciendo una comprensión más precisa de las necesidades y expectativas de los usuarios (Romanov, 2024).

La organización de contenidos y la estructura general del sitio se diseñaron bajo metodologías de Diseño Centrado en el Usuario (UCD), buscando que la accesibilidad de la información y la coherencia visual fueran el resultado de una planificación consciente y no elementos incorporados de manera fortuita.



Introducción

En la actualidad convivimos diariamente con tecnologías capaces de realizar acciones que parecen producto del razonamiento humano. Asistentes virtuales, sistemas de recomendación, aplicaciones inteligentes e incluso personajes de videojuegos forman parte de un entorno digital cada vez más presente en nuestras actividades cotidianas. Detrás de muchas de estas herramientas se encuentran los agentes inteligentes, sistemas diseñados para recibir información de su entorno, interpretarla, tomar decisiones y responder de manera autónoma según las circunstancias que enfrentan.

Aunque estas tecnologías se han integrado

Desde esta perspectiva, el presente trabajo explora el desarrollo de un sitio web orientado a la divulgación de conceptos relacionados con los agentes inteligentes y los procesos cognitivos. A través del análisis de su gestión de diseño, se busca mostrar cómo las decisiones tomadas durante la planeación, organización y construcción de la plataforma pueden contribuir a transformar información especializada en contenidos accesibles para públicos diversos.

Como respuesta a esta necesidad, se desarrolló un sitio web dedicado a la explicación de los agentes inteligentes, concebido no solo como una herramienta

(Darmansah et al., 2024; Rahma, 2025). Con este propósito, el sitio se dividió en distintas secciones que permiten una comprensión progresiva de los conceptos abordados, incorporando explicaciones, recursos gráficos y elementos interactivos que facilitan la exploración del tema. Esta consistencia visual resulta especialmente importante en entornos digitales, ya que contribuye a reducir la carga cognitiva y favorece una mejor comprensión de la información presentada (Rahma, 2025).

Además, el uso de elementos interactivos permite que los usuarios experimenten de manera más cercana con los principios de funcionamiento de los agentes inteligentes,

alineándose con metodologías de Design Thinking que promueven la experimentación y la resolución de problemas mediante prototipos funcionales (Pratama et al., 2023). Finalmente, el proyecto incluyó una evaluación con estudiantes de diseño digital bajo un marco de Diseño Centrado en el Usuario (UCD), permitiendo identificar áreas de mejora y refinar tanto la funcionalidad como la capacidad comunicativa del sitio. Este proceso de evaluación constituye una parte esencial de la gestión contemporánea del diseño, ya que facilita la implementación de mejoras iterativas basadas en la experiencia real de los usuarios (Darmansah et al., 2024; Sakaliuk et al., 2025).



Como saber que es una inteligencia artificial y un agente inteligente

En la actualidad es común escuchar términos como inteligencia artificial y agente inteligente como si fueran sinónimos, pero en realidad se refieren a conceptos diferentes. La inteligencia artificial (IA) es un área de la informática dedicada al desarrollo de sistemas capaces de realizar tareas que normalmente asociamos con capacidades humanas, como aprender, reconocer patrones, analizar información o resolver problemas.

Los agentes inteligentes, por su parte, son una de las formas en que la inteligencia artificial puede aplicarse. Se trata de sistemas capaces de percibir información de su entorno, procesarla y actuar para alcanzar un objetivo específico. Dependiendo de las condiciones que enfrentan, estos agentes pueden adaptar su comportamiento y tomar decisiones basadas en las reglas o procesos para los que fueron diseñados.

Una manera sencilla de entender la diferencia es pensar que la inteligencia artificial proporciona las capacidades, mientras que el agente inteligente es quien las utiliza para interactuar con un entorno determinado. De acuerdo con Russell & Norvig (2021), un agente es aquello que percibe su entorno y actúa sobre él. Esta definición permite comprender que un agente inteligente no es únicamente un algoritmo, sino una entidad que mantiene una relación constante con el entorno mediante la percepción y la acción.

Desarrollo

El sitio web se dividió:

Plataforma digital educativa

Para facilitar la comprensión de los agentes inteligentes, el sitio web fue concebido como una plataforma educativa interactiva orientada a la divulgación de conocimientos relacionados con la inteligencia artificial y los procesos cognitivos. Su principal objetivo fue acercar estos conceptos a estudiantes y personas interesadas en el tema mediante explicaciones claras, recursos visuales y elementos interactivos que favorecen el aprendizaje.

El diseño de la plataforma buscó transformar contenidos técnicos en una experiencia accesible y fácil de explorar. Para ello, se organizaron los contenidos de manera progresiva, permitiendo que los usuarios avanzaran desde conceptos básicos hasta temas más específicos sin necesidad de contar con conocimientos previos en programación o inteligencia artificial.

Además de la presentación de información, se prestó especial atención a la experiencia de navegación. La estructura del sitio, la

distribución de los contenidos y la coherencia visual fueron planificadas para facilitar el acceso a la información y mantener una experiencia de aprendizaje clara e intuitiva. De esta manera, la plataforma no solo funciona como un repositorio de contenidos, sino también como una herramienta diseñada para acercar temas tecnológicos complejos a públicos diversos.

Problema detectado

Aunque los agentes inteligentes están presentes en muchas de las tecnologías que utilizamos a diario, comprender cómo funcionan no siempre resulta sencillo. Gran parte de la información disponible sobre estos sistemas está dirigida a especialistas y utiliza terminología técnica que puede resultar difícil de interpretar para estudiantes, diseñadores y personas interesadas en la tecnología desde áreas distintas a la informática.

Esta situación genera una brecha entre el uso cotidiano de estas herramientas y la comprensión de los procesos que las hacen posibles. Como consecuencia, muchas personas tienen dificultades para acercarse a conceptos relacionados con la inteligencia artificial y los agentes inteligentes, limitando su capacidad para explorar estas tecnologías desde perspectivas creativas e interdisciplinarias.

A ello se suma la escasez de recursos digitales que combinen explicaciones accesibles, organización clara de contenidos y recursos visuales que faciliten el aprendizaje. Frente a este panorama, surge la necesidad de desarrollar espacios educativos que permitan acercar estos conocimientos a públicos más amplios de una manera comprensible y atractiva.





Objetivo general

El propósito principal de este proyecto fue diseñar y gestionar una plataforma digital educativa capaz de facilitar el aprendizaje práctico de los agentes inteligentes en contextos universitarios. Para alcanzar esta meta, se buscó construir una experiencia educativa accesible y atractiva, apoyada en una estructura clara que permitiera a los usuarios explorar los contenidos de manera intuitiva.

Asimismo, el desarrollo de la plataforma contempló la creación de una arquitectura funcional que favoreciera la organización de la información y la interacción con los distintos recursos educativos. También se consideró la posibilidad de que docentes y estudiantes pudieran incorporar la herramienta en actividades académicas, promoviendo su uso como apoyo para la enseñanza y el aprendizaje de temas relacionados con la inteligencia artificial. Finalmente, se evaluó su aplicación en entornos universitarios con el fin de conocer su utilidad y detectar oportunidades de mejora.

Usuarios principales

La plataforma fue diseñada pensando en estudiantes, docentes y personas interesadas en áreas como el diseño digital, el desarrollo multimedia, los videojuegos y la inteligencia artificial. A diferencia de muchos recursos especializados, este proyecto buscó acercar el tema a usuarios que no necesariamente cuentan con

formación avanzada en programación, pero que desean comprender cómo funcionan los agentes inteligentes y de qué manera se aplican en distintos contextos tecnológicos.

Para lograrlo, se consideró un enfoque interdisciplinario que combina explicaciones accesibles con recursos visuales e interactivos. De esta manera, los usuarios pueden explorar conceptos que suelen presentarse de forma técnica mediante ejemplos, gráficos y contenidos organizados de manera progresiva, facilitando así el aprendizaje y la comprensión de temas complejos.

Metodología de gestión del diseño: Doble Diamante

Para organizar el desarrollo de la plataforma se utilizó la metodología del Doble Diamante, propuesta por el Design Council (2005). Este modelo es ampliamente utilizado en proyectos de innovación porque permite abordar problemas complejos mediante un proceso que combina exploración, análisis y toma de decisiones. Su principal característica consiste en alternar momentos de apertura, donde se exploran múltiples posibilidades, con etapas de enfoque, en las que se seleccionan y refinan las soluciones más adecuadas.

En el caso de esta plataforma educativa, la metodología proporcionó una guía para comprender las necesidades de los usuarios antes de iniciar el desarrollo técnico. Este enfoque resulta

especialmente útil en proyectos digitales, ya que permite reducir la incertidumbre durante las primeras etapas del diseño y fundamentar las decisiones en información obtenida del contexto y de los usuarios, en lugar de basarse únicamente en supuestos o preferencias estéticas (Bermejo-Martínez et al., 2024; He et al., 2023; Hartana, 2024).

Además, el Doble Diamante favorece un proceso de mejora continua, en el que las ideas pueden evaluarse, ajustarse y validarse conforme avanza el proyecto. De esta manera, el diseño deja de ser únicamente una actividad creativa para convertirse en una estrategia de gestión orientada a generar soluciones funcionales y con valor para los usuarios (Turunen, 2025).

La primera fase, denominada descubrimiento, estuvo enfocada en comprender las dificultades que enfrentan muchas personas al acercarse a conceptos relacionados con los agentes inteligentes. Durante esta etapa se identificaron necesidades y obstáculos comunes entre estudiantes y usuarios provenientes de áreas de diseño digital, especialmente aquellos vinculados con el uso de lenguaje técnico y la falta de recursos accesibles para el aprendizaje.

Una vez identificadas estas necesidades, la fase de definición permitió establecer los objetivos del proyecto y organizar la estructura general de la plataforma. En este momento se determinaron los contenidos prioritarios, la arquitectura de la información y diversos aspectos relacionados con la experiencia de usuario, con el propósito de construir un entorno claro y fácil de navegar.

Posteriormente, en la etapa de desarrollo, se diseñaron propuestas visuales, recursos interactivos y pruebas de navegación que permitieran explicar el funcionamiento de los agentes inteligentes de una forma más cercana y comprensible. Finalmente, durante la fase de entrega, la plataforma fue puesta en funcionamiento y evaluada con estudiantes, lo que permitió conocer su experiencia de uso e identificar oportunidades de mejora relacionadas con la interacción, la accesibilidad y la comprensión de los contenidos.

Inserción de la transformación digital

La transformación digital dentro de este proyecto no consistió únicamente en trasladar información a un entorno en línea. Su propósito fue aprovechar las posibilidades que ofrecen las tecnologías digitales para crear una experiencia de aprendizaje más dinámica, accesible e interactiva.

De esta manera, la plataforma fue concebida como un espacio donde los usuarios pueden explorar conceptos relacionados con la inteligencia artificial y los agentes inteligentes de una forma más cercana y participativa.

A diferencia de los modelos tradicionales basados principalmente en la lectura de contenidos, la plataforma incorpora recursos visuales, navegación estructurada y elementos interactivos que permiten a los usuarios construir su propio recorrido de aprendizaje. Este enfoque favorece una comprensión gradual de conceptos que suelen presentarse de manera técnica o especializada.

La integración de diseño, comunicación y tecnología permitió transformar la plataforma en una herramienta educativa capaz de apoyar procesos de enseñanza y aprendizaje vinculados con tecnologías emergentes. Así, además de funcionar como una fuente de información, el sitio busca promover la exploración, la comprensión y el interés por temas relacionados con los agentes inteligentes y la inteligencia artificial.

Aprendizaje interactivo digital

Uno de los elementos centrales de la plataforma es el aprendizaje interactivo digital, una estrategia que busca que los usuarios participen activamente en la construcción de su conocimiento. En lugar de limitarse a la lectura de definiciones y conceptos teóricos, el sitio incorpora recursos visuales e interactivos que permiten explorar de manera más dinámica el funcionamiento de los agentes inteligentes.

La plataforma fue organizada para que los contenidos pudieran recorrerse de forma progresiva, facilitando la comprensión de conceptos que suelen resultar complejos para quienes se acercan por primera vez al

tema. A través de esta combinación de explicaciones, elementos gráficos e interacción, los usuarios pueden relacionar la teoría con ejemplos más cercanos a su experiencia.

Este enfoque favorece el aprendizaje autónomo y convierte la exploración de los contenidos en una experiencia más participativa. Como resultado, la plataforma busca no solo transmitir información, sino también facilitar la comprensión y retención de conocimientos relacionados con la inteligencia artificial y los agentes inteligentes.

Integración de tecnología y educación

Uno de los principales retos del proyecto fue combinar las posibilidades que ofrecen las herramientas digitales con estrategias que favorecieran el aprendizaje. Para ello, la plataforma fue diseñada no solo como un espacio tecnológico, sino también como un recurso educativo capaz de facilitar la comprensión de conceptos relacionados con los agentes inteligentes.

Desde el aspecto tecnológico, se incorporaron elementos interactivos y recursos digitales que permiten una navegación sencilla y una exploración más dinámica de los contenidos. Al mismo tiempo, la información fue organizada de manera progresiva para que usuarios con diferentes niveles de experiencia pudieran comprender los temas sin sentirse abrumados por la complejidad técnica.

Esta integración entre tecnología y educación permitió construir una experiencia más completa, donde el diseño cumple una función que va más allá de lo visual. La organización de los contenidos, la claridad de las explicaciones y la participación activa del usuario se convirtieron en elementos clave para transformar información especializada en conocimiento accesible y significativo.

La plataforma como herramienta educativa

Más que un sitio web informativo, la plataforma fue concebida como una herramienta de apoyo al aprendizaje. Su propósito es acercar el conocimiento sobre agentes inteligentes a estudiantes y personas interesadas en la tecnología mediante contenidos organizados, recursos visuales y espacios de interacción que faciliten la comprensión de conceptos complejos.

A través de una estructura diseñada para la exploración progresiva, los usuarios pueden construir su conocimiento a su propio ritmo, consultando información, interactuando con los recursos disponibles y relacionando la teoría con ejemplos prácticos. De esta manera, la plataforma se convierte en un complemento para procesos educativos vinculados con el diseño digital, los videojuegos, la tecnología y la inteligencia artificial.

Nuevas formas de aprender y enseñar

La incorporación de herramientas digitales en la educación también implica cambios en la manera en que se desarrollan los procesos de enseñanza y aprendizaje. En este contexto, el papel del docente evoluciona hacia el de un facilitador que guía a los estudiantes en el uso de recursos tecnológicos y en la construcción de conocimientos a partir de distintas fuentes de información.

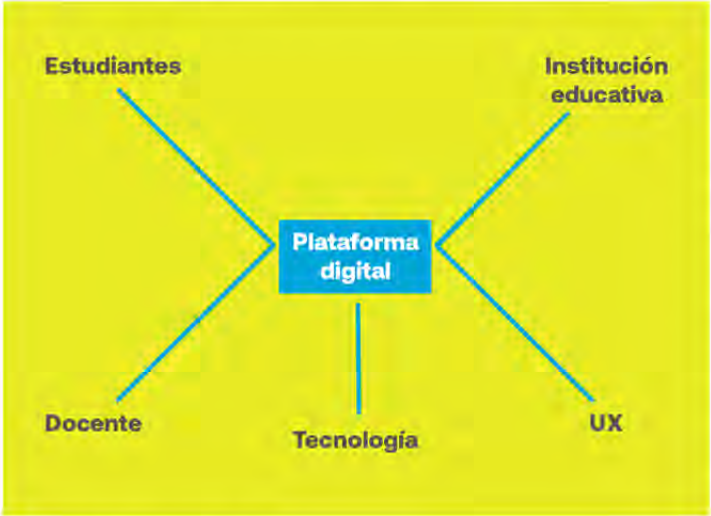
Por su parte, los estudiantes adquieren un rol más activo, participando de forma autónoma en la exploración de contenidos y aprovechando las plataformas digitales como complemento de su formación académica. Esto favorece el desarrollo de habilidades relacionadas con la búsqueda de información, la autogestión del aprendizaje y el uso crítico de herramientas tecnológicas.



Parámetros que la plataforma debe cumplir:

Para garantizar que la plataforma cumpliera con sus objetivos educativos, durante el proceso de diseño se establecieron una serie de parámetros que guiaron las decisiones relacionadas con la organización, funcionalidad y presentación de los contenidos. Como se muestra en el siguiente diagrama, estos elementos permitieron mantener la coherencia del proyecto y asegurar una experiencia de aprendizaje clara, accesible y alineada con las necesidades de los usuarios.

Figura 1: Diagrama de áreas que abarca la plataforma digital



Fuente: Elaboración propia, 2026.

Por lo que nos llevó, por consecuencia, a decidir cómo sería la tabla de los empleados necesarios, como su rol dentro del proyecto, con una breve descripción de las mismas, para un mejor entendimiento.

Tabla 1: Puesto de empleados

Puesto	Rol dentro del proyecto
Project manager	Coordinación estratégica del proyecto
Desarrollador tecnológico	Implementación técnica de la plataforma
Diseñador UX/UI	Diseño de la experiencia e interfaz de la plataforma
Diseñador de contenido educativo	Desarrollo del contenido pedagógico de la plataforma
Evaluador / analista de usuarios	Validación y mejora del proyecto

Fuente: Elaboración propia, 2026.

Con el fin de conocer la experiencia de los usuarios, se realizó una evaluación del sitio web con estudiantes que exploraron la plataforma y compartieron sus opiniones sobre su funcionamiento. El instrumento de evaluación estuvo conformado por diez preguntas enfocadas en aspectos como la comprensión de los contenidos, la interacción con los recursos disponibles y la utilidad general de la herramienta. Debido a que el cuestionario generó una amplia cantidad de información, en este apartado se presentan

amplia cantidad de información, en este apartado se presentan únicamente los resultados más representativos, aquellos que aportaron información relevante para el análisis y la mejora del diseño de la plataforma.

Resultados

Una vez concluida la fase de evaluación, se analizaron las respuestas de los estudiantes con el propósito de conocer qué tan efectiva resultó la plataforma para comunicar conceptos relacionados con los agentes inteligentes y los procesos cognitivos. Debido a que uno de los objetivos principales del proyecto fue acercar estos temas a usuarios con distintos niveles de experiencia, resultaba fundamental determinar si la información presentada era clara, comprensible y fácil de seguir.

Los resultados obtenidos permitieron identificar la percepción de los participantes respecto a la organización de los contenidos, la navegación y la claridad de las explicaciones. Entre los aspectos evaluados, uno de los más importantes fue comprobar si los usuarios podían comprender el propósito de la plataforma desde el momento en que ingresaban al sitio.

Por ello, una de las preguntas se centró en conocer si la estructura y presentación de la información permitían identificar rápidamente de qué trataba la plataforma y cuál era su objetivo. Este aspecto es especialmente relevante, ya que una comunicación clara desde el primer contacto puede facilitar la navegación, mejorar la experiencia de uso y favorecer la comprensión de los contenidos presentados.

Figura 1: Comprensión del sitio



Fuente: Elaboración propia, 2026.

Las respuestas obtenidas mediante una escala de valoración del 1 al 5, donde 1 correspondía a la evaluación más baja y 5 a la más alta, mostraron una percepción generalmente positiva de la plataforma. No obstante, la presencia de valoraciones intermedias indicó que aún existen oportunidades de mejora en aspectos relacionados con la claridad de la información y la forma en que esta se presenta a los usuarios. Aunque los resultados sugieren que el sitio logró comunicar su propósito principal, también evidencian la necesidad de continuar refinando ciertos elementos para fortalecer la comprensión de los contenidos y optimizar la experiencia de navegación.

Con el fin de profundizar en estos resultados, se planteó una pregunta complementaria que permitió conocer con mayor detalle

cómo interpretaron los participantes la función de la plataforma y qué aspectos identificaron como sus principales aportaciones.

Tabla 2: ¿Qué crees que ofrece el sitio web?

¿Qué crees que ofrece el sitio web?
Una introducción al tema del desarrollo de agentes inteligentes
Información relevante a agentes inteligentes
Información sobre modelos de IA
Debería tener más información en el inicio
Acceso a la guía de la información

Fuente: Elaboración propia, 2026.

Las respuestas abiertas permitieron identificar distintos niveles de comprensión sobre el propósito de la plataforma. Aunque el sitio fue desarrollado para explicar conceptos relacionados con los agentes inteligentes, algunos participantes lo interpretaron como una introducción general a la inteligencia artificial o como una guía informativa sobre el tema. Estas diferencias sugieren que, si bien la plataforma logró transmitir parte de su objetivo, todavía existen oportunidades para reforzar la manera en que se presentan y contextualizan los contenidos.

Este hallazgo pone de manifiesto la importancia de seguir mejorando la organización y comunicación de la información, con el fin de que los usuarios puedan identificar con mayor precisión el tema central abordado. No obstante, independientemente de estas interpretaciones iniciales, los participantes tuvieron acceso a los contenidos y recursos relacionados con los agentes inteligentes. Por ello, surgió el interés de conocer si la información presentada resultó suficientemente clara y comprensible durante su experiencia de navegación, dando paso a la siguiente pregunta de evaluación.

Figura 2: Información clara y de entender



Fuente: Elaboración propia, 2026.

pesar de los aspectos identificados previamente como áreas de mejora, los resultados obtenidos mostraron que la información presentada dentro del sitio web fue percibida por los usuarios

como clara y precisa. Esto permite observar que el contenido desarrollado logró comunicar adecuadamente los conceptos principales relacionados con los agentes inteligentes. Sin embargo, los resultados también indican la posibilidad de fortalecer algunos elementos relacionados con la amplitud de la información y la manera en que esta se presenta, con el objetivo de generar una experiencia más completa y cercana para los usuarios en futuras actualizaciones.

Una vez identificada una percepción favorable respecto a la claridad del contenido, surgió la necesidad de analizar otro aspecto importante: la manera en que dicha información fue organizada dentro de la plataforma. Por ello, la siguiente pregunta estuvo orientada a conocer si los usuarios consideraban que la información presentada mantenía una estructura adecuada que facilitara su lectura y comprensión.

Figura 3: Estructura de la guía



Fuente: Elaboración propia, 2026.

A pesar de las áreas de mejora identificadas en las preguntas anteriores, los resultados mostraron que la mayoría de los participantes percibió la información del sitio web como clara y comprensible. Esto sugiere que los contenidos lograron comunicar de manera efectiva los conceptos fundamentales relacionados con los agentes inteligentes. No obstante, las respuestas también señalaron la oportunidad de ampliar ciertos temas y optimizar la forma en que se presentan, con el propósito de ofrecer una experiencia de aprendizaje más completa y enriquecedora en futuras versiones de la plataforma.

Una vez analizada la claridad de los contenidos, resultó importante evaluar otro aspecto clave para la experiencia de uso: la organización de la información. Por esta razón, la siguiente pregunta estuvo orientada a conocer si los participantes consideraban que la estructura del sitio facilitaba la lectura, la navegación y la comprensión de los contenidos presentados.



Figura 4: Facilidad en entender la herramienta



Fuente: Elaboración propia, 2026.

Los resultados muestran que la herramienta integrada en el sitio web fue percibida por los participantes como fácil de utilizar y comprender, además de proporcionar una experiencia de interacción cómoda durante su uso. Esta percepción positiva sugiere que las decisiones tomadas en cuanto a diseño, organización y funcionamiento contribuyeron a que los usuarios pudieran familiarizarse con la plataforma de manera rápida y sencilla.

Aunque las valoraciones obtenidas fueron favorables, los resultados también indican que aún existen oportunidades para seguir fortaleciendo la experiencia de uso. Contar con una base funcional y una aceptación positiva por parte de los participantes representa un punto de partida importante para la evolución del proyecto. En este sentido, resulta valioso conocer de forma directa las opiniones y sugerencias de los usuarios, ya que estas permiten identificar áreas de mejora que pueden incorporarse en futuras actualizaciones y contribuir al crecimiento continuo de la plataforma.

Tabla 3: ¿Qué se podría mejorar?

¿Qué mejorarías del sitio o de algunas de sus secciones?
La sección de blog debería organizar jerárquicamente los contenidos del sitio de manera que cada uno tenga un peso visual acorde. No me gusto que todos sean del mismo tamaño o que sean grandes a menos que yo de clic
Tamaño fuente letra
Añadir más elementos visuales
Información de inicio del sitio web
Una paleta de colores diferente

Fuente: Transcripción de resultados, elaboración propia. 2026.

Los comentarios y observaciones recopilados durante esta etapa aportaron información valiosa para identificar oportunidades de mejora dentro de la plataforma. Gracias a esta retroalimentación fue posible reconocer aspectos relacionados con la jerarquía

visual, la organización de los contenidos y la presentación de algunas secciones, los cuales podrían optimizarse para facilitar una comprensión más clara de la información.

Además de señalar posibles ajustes, las respuestas de los participantes permitieron comprender mejor la manera en que interactúan con el sitio web y cómo interpretan los contenidos presentados. Este tipo de aportaciones resulta especialmente útil, ya que ayuda a detectar detalles que pueden pasar inadvertidos durante el desarrollo del proyecto y proporciona una base sólida para continuar refinando la experiencia de uso en futuras actualizaciones.

CONCLUSIÓN

El desarrollo de esta plataforma demuestra que la gestión del diseño puede desempeñar un papel fundamental en la comunicación de conocimientos tecnológicos complejos. A lo largo del proyecto, el diseño fue más allá de la construcción visual del sitio web, participando activamente en la organización de contenidos, la definición de objetivos y la creación de una experiencia de aprendizaje orientada a facilitar la comprensión de conceptos relacionados con los agentes inteligentes y los procesos cognitivos.

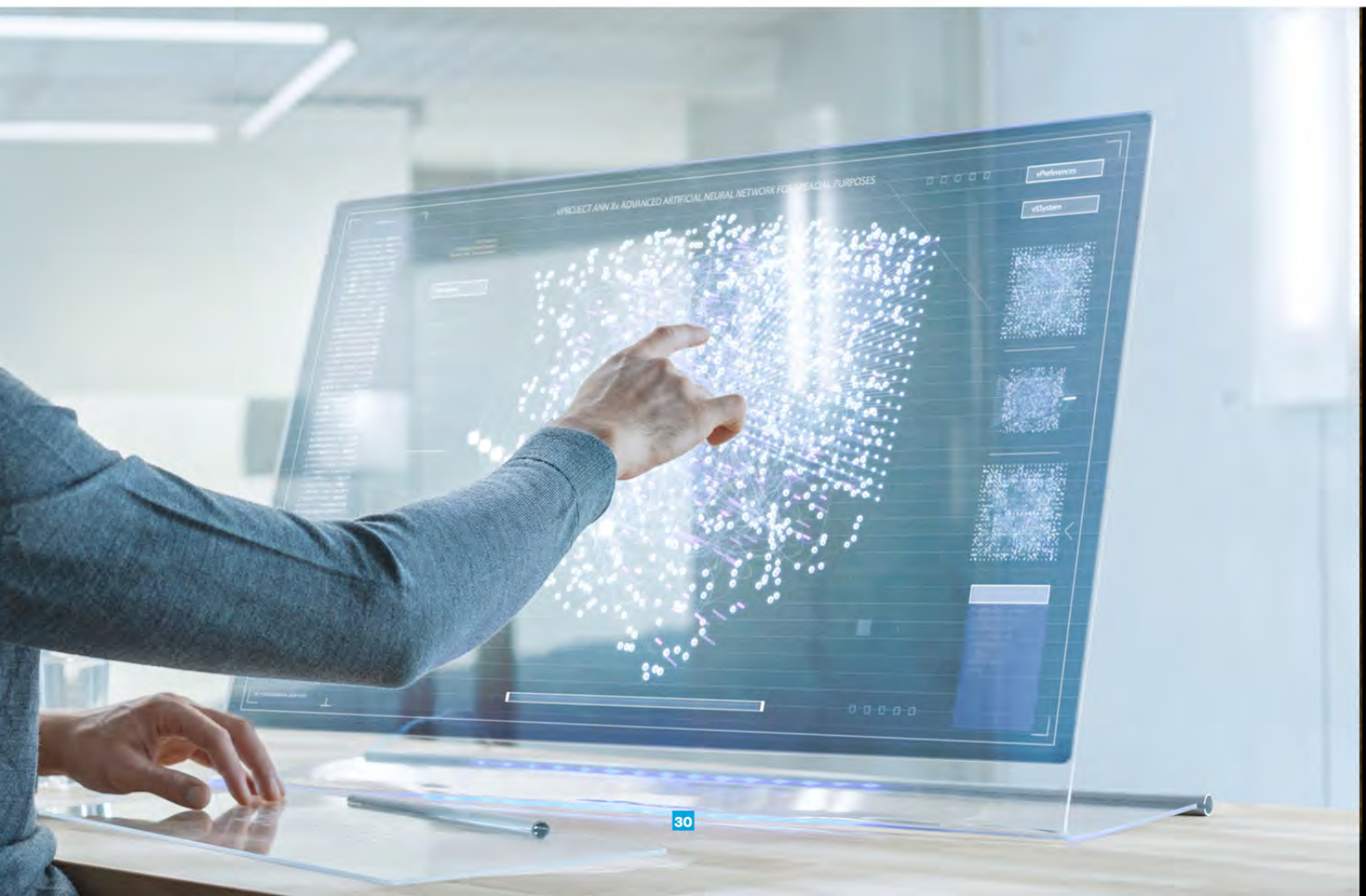
La implementación de una metodología de trabajo permitió mantener una estructura clara durante las distintas etapas del proyecto, favoreciendo la identificación de necesidades, la planificación de contenidos y la toma de decisiones fundamentadas. Gracias a este enfoque, fue posible transformar información que normalmente se presenta mediante lenguaje técnico en recursos más accesibles para estudiantes y personas interesadas en la tecnología desde perspectivas interdisciplinarias.

Los resultados obtenidos durante la evaluación reflejaron una percepción favorable por parte de los participantes, especialmente en aspectos relacionados con la claridad de la información, la organización de los contenidos y la facilidad de uso de la plataforma. Al mismo tiempo, las observaciones y sugerencias recopiladas permitieron identificar oportunidades de mejora que pueden contribuir a fortalecer la experiencia de aprendizaje y la capacidad comunicativa del sitio. Estos hallazgos resaltan la importancia de incorporar la retroalimentación de los usuarios como parte de un proceso continuo de evaluación y perfeccionamiento.

En conjunto, este proyecto evidencia cómo la gestión del diseño puede contribuir al desarrollo de herramientas digitales capaces de acercar temas tecnológicos a públicos diversos. La combinación de recursos visuales, estrategias de organización de la información y enfoques educativos permitió construir una experiencia más accesible y comprensible para los usuarios. Asimismo, la plataforma establece una base sólida para futuras mejoras, incorporando nuevas funcionalidades, recursos interactivos y contenidos que continúen ampliando las oportunidades de aprendizaje sobre inteligencia artificial y agentes inteligentes en entornos digitales.

REFERENCIAS

- [1] Bermejo-Martínez, G., et al. (2024). Development of a Web Platform to Facilitate the Implementation and Evaluation of Health Promoting Schools: Protocol for a Double Diamond Design Approach. JMIR Research Protocols. <https://doi.org/10.2196/52110>
- [2] Darmansah, F. Z., et al. (2024). Perencanaan Pengembangan Website Portofolio con Sistem Manajemen Konten (CMS) Menggunakan Metode User Centered Design. Saber.
- [3] Design Council. (2005). The Design Process: What is the Double Diamond? Design Council UK.
- [4] Hartana, A. P. (2024). Evaluation of Design Thinking in Logistics Management: A Case Study of the Double Diamond Method. International Journal Software Engineering and Computer Science.
- [5] He, Y., et al. (2023). Design of smart tourism platform under Double Diamond Model design thinking. IEEE ISCID. <https://doi.org/10.1109/iscid59865.2023.00031>
- [6] Pratama, I. K. A., et al. (2023). Perancangan design website inkubator bisnis primakara menggunakan metode design thinking dan kanban board. Jurnal Informatika Teknologi dan Sains (Jinteks). <https://doi.org/10.51401/jinteks.v5i3.2776>
- [7] Rahma, N. M. (2025). Figma sites as a responsive web design solution: an analysis of productivity and visual consistency in digital design practice. Percipience.
- [8] Romanov, A. A. (2024). The role of a client-oriented approach in managing web design projects. The American Journal of Social Science and Education Innovations.
- [9] Russell, S., & Norvig, P. (2021). Artificial intelligence: A modern approach (4th ed.). Pearson.
- [10] Sakaliuk, O., et al. (2025). Project lifecycle management: on the example of web resources of a higher education institution. Automation of Technological and Business Processes.
- [11] Turunen, A. (2025). Co-creating and validating customer value in Higher Education IT Services using Service Design. EPiC Series in Co





LA PRODUCCIÓN DE ESPACIO SOCIAL: ARTE CONTEMPORÁNEO EN CONTEXTOS CON INFRAESTRUCTURA LIMITADA

Octavio Castrejón Alanís ^[1], Gracia Emelia Chávez Ortiz ^[1]

^[1] Universidad Autónoma de Ciudad Juárez



PALABRAS CLAVE

Arte

Exhibición

Curaduría

Cuando se habla de arte contemporáneo es común pensar en los grandes recintos como museos y galerías que resguardan y exhiben obras de arte en muros blancos y pisos relucientes, pero ¿qué ocurre cuando la infraestructura de la ciudad no dispone de suficientes espacios para que les artistas exhiban sus obras? Ciudad Juárez es una ciudad industrial que cuenta según el Sistema de Información Cultural (2026) con diez museos en la región, de los cuales, únicamente el Museo de Arte de Ciudad Juárez (MACJ) exhibe propuestas de arte contemporáneo. Esta oferta limitada de espacios institucionales para la exhibición artística ha provocado que artistas, curadores y colectivos recurran a adaptar distintos lugares del contexto fronterizo para convertirlos en sitios de exhibición. Estos lugares van desde domicilios particulares y espacios públicos hasta la vitrina de un comercio en el centro de la ciudad. Si bien, esta problemática afecta especialmente a los productores de arte, también afecta al público general, pues disminuye las posibilidades de tener una oferta cultural más amplia en la ciudad.

La problemática de los espacios de exhibición en la ciudad involucra procesos como la profesionalización de los artistas, la legitimación de su práctica y el hecho mismo de exponer (una acción necesaria en el medio), pues al hacerlo, los productores artísticos van generando cierta credibilidad en lo que Bourdieu (2023) llamará “campo”, un juego de posiciones compuesto a partir de las relaciones entre los agentes involucrados. Estas relaciones son relaciones de lucha donde se compite por el capital que permite establecer las reglas del juego.

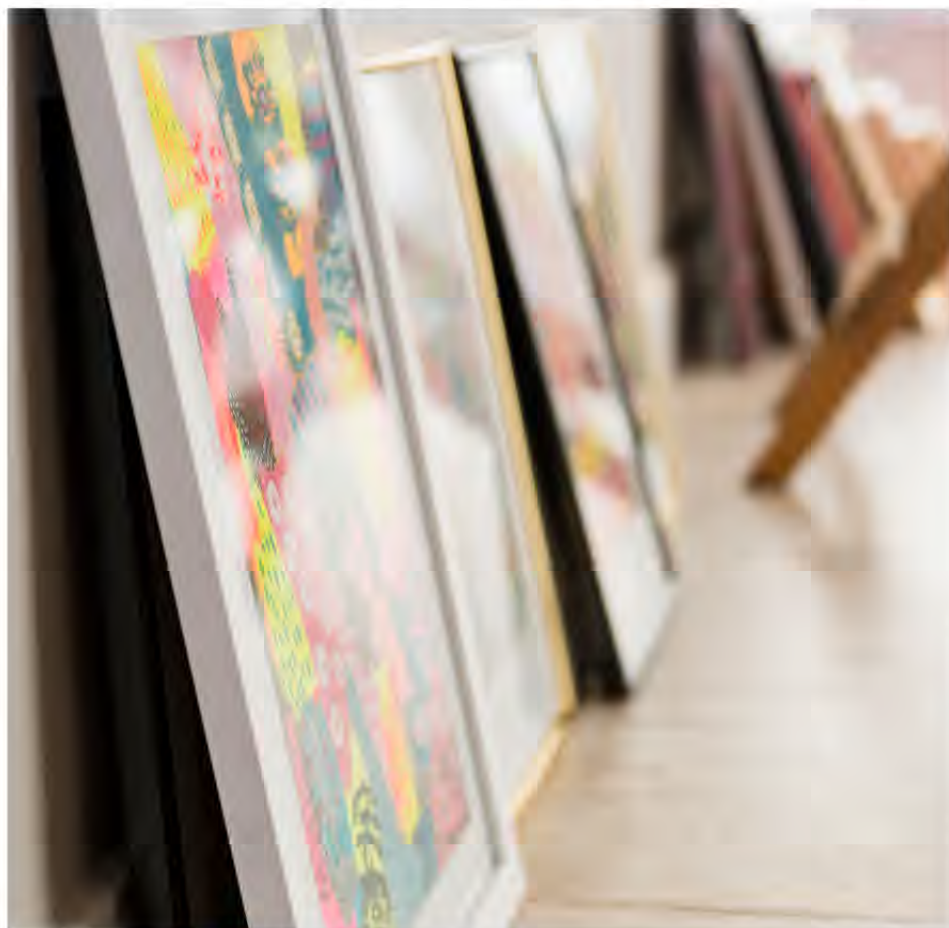
A través de las exhibiciones los agentes involucrados acceden a cierta legitimación que les avala como artistas frente a sus pares, es por ello por lo que las exhibiciones se convierten en pieza fundamental dentro del campo artístico, pues eventualmente se transforman en currículum que permite el acceso a becas y residencias, con las cuales, los productores pueden continuar elaborando su práctica artística. Sin embargo; al estar ubicados en un contexto con infraestructura limitada como el de nuestra ciudad, se vuelve complejo obtener dicha posibilidad y como consecuencia tal credibilidad.

Debido a ello, artistas, curadores y colectivos han organizado exhibiciones fuera de espacios institucionales, que irónicamente, luego propiciarán la entrada a espacios formales de exhibición. Bourdieu (2023) llamará a esto estrategias de ortodoxia y estrategias de herejía, siendo estas últimas aquellas acciones que llevarán a cabo los agentes menos favorecidos en el campo para cambiar o revertir las posiciones actuales del juego.

Esto por supuesto no es un fenómeno aislado en el contexto fronterizo de Ciudad Juárez, sino que ha sido una estrategia que cada vez más se encuentra absorbida por el sistema de arte contemporáneo, ya desde los 90's podíamos ver la emergencia de diversos espacios en la Ciudad de México que surgían como respuesta ante la falta de espacios expositivos para las prácticas artísticas; entre ellos los proyectos de La Panadería y Temístocles 44 (Museo Universitario de Arte Contemporáneo, 2026), en donde se adaptó una vieja panadería de la colonia Condesa y un domicilio particular de cara a la demolición para funcionar como sitios de exhibición. Paulatinamente los fundadores de estos proyectos pudieron legitimar su práctica artística y hoy en día se encuentran entre los productores de arte contemporáneo más relevantes de la escena nacional.

Ante este escenario cabe preguntarse, ¿Cómo es posible que estos lugares puedan convertirse en sitios de exhibición avalados por el sistema de arte contemporáneo? Si bien, la respuesta puede encontrarse en los postulados de Bourdieu, un complemento importante para esto, lo encontramos en lo que nos dice Lefebvre (2013) respecto al espacio, el cual debe ser considerado desde tres campos o dimensiones para tener una visión más completa de lo que implica; estas dimensiones son las de lo real, lo social y lo mental.

Cada una de estas dimensiones aborda elementos tangibles e intangibles del espacio, como lo son, en el caso de la dimensión de lo real, los elementos físicos que lo componen como los muros, la puerta, las obras y apoyaturas, es decir todo lo que contiene en su dimensión física. Desde la dimensión social, se encuentra lo que tiene que ver con las relaciones que sostenemos en el espacio, es decir, al artista conversando con sus pares u ofreciendo una visita guiada del recorrido de la exhibición; y la mental, que va más inclinada con la planeación y distribución del espacio, como es el caso del ejercicio de los urbanistas o arquitectos que crean el espacio antes de vivirlo, la integración de estas tres dimensiones aborda al espacio desde un punto de vista más integral. Otro



de los pensamientos del autor que me gustaría incluir es que a su consideración “el espacio físico no posee ninguna realidad sin la energía que se despliega en él” (Lefebvre, 2013), este argumento es clave para entender el propósito principal de este texto, que es el de detallar cómo ocurren las exhibiciones de arte contemporáneo en contextos con infraestructura limitada. Si bien, el espacio físico de los lugares adaptados como sitios de exhibición son todo menos espacios de exhibición como museos y galerías; el espacio social y las relaciones que ahí se producen hace posible verlos de esa forma.

Desde el programa de la licenciatura en Artes Visuales de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez se ha establecido como requisito para titulación de los estudiantes la organización de una exhibición que muestre los resultados de su protocolo de investigación, por ello, que en el 2007 haya nacido la Gun Gallery, un espacio de exhibiciones dirigido por Victoria Vinamaragui que solventaba las necesidades de los estudiantes que buscaban un espacio para mostrar su producción artística, donde el espacio físico se trataba de un domicilio particular ubicado en el fraccionamiento El Portal, pero la energía que ahí se desplegaba y las relaciones que ahí se sostenían lo transformaban en un espacio de arte.

Al igual que este proyecto han surgido muchos otros en el contexto fronterizo de Ciudad Juárez, tales como Azul Arena, Casa Centro X 16, Un Dique, San Luis Contemporáneo, Rezizte, el Edificio de los sueños, etcétera y desde esta perspectiva me he preguntado si necesitamos de infraestructura para realizar nuestros proyectos artísticos, la respuesta es que sí y no. Sí, por que de manera obvia es mucho más fácil desarrollar una práctica artística o curatorial cuando se tienen los medios necesarios para hacerlo y no, porque estos proyectos autogestivos son prueba viva de ello. Esta respuesta de ninguna manera romantiza el hecho de trabajar desde la precariedad, sino que conforma una estrategia para llevar a cabo prácticas artísticas en contextos con infraestructura limitada. Al mismo tiempo, lo único que se presenta en los portafolios de artista es la evidencia de esa exhibición, por lo que una buena imagen puede ser más económica que sostener un espacio. Si bien, nos ha tocado producir con nuestros propios medios y a prueba y error una escena artística local, la idea es que en el futuro puedan existir más apoyos e infraestructura que le permitan a los más jóvenes un contexto diferente.

REFERENCIAS

- [1] Bourdieu. P. (2023). El sentido social del gusto: elementos para una sociología de la cultura. Siglo XXI editores.
- [2] Lefebvre, H. (2013). La producción social del espacio. Capitán Swing.
- [3] Sistema de información cultural. (s.f). Museos en Juárez, Chihuahua.
https://sic.cultura.gob.mx/lista.php?table=museo&estado_id=8&municipio_id=37
- [4] Museo Universitario de Arte Contemporáneo. (s.f). Espacios.
<https://muac.unam.mx/espacios>





MAPEANDO JUÁREZ A TRAVÉS DE SUS CÓMICS

Alejo Emiliano de la Rosa Carrillo ^[1], José de Jesús Flores Figueroa ^[1]

^[1] Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

RESUMEN

Si el mapa expresa una construcción social del mundo en su momento, y el cómic manifiesta la cultura popular, también de su momento, entonces la historieta, en particular aquella cuya narración gira en torno a una zona geográfica específica, revela la relación entre esta construcción social y la cultura popular.

En este trabajo se revisan cinco cómics escritos y publicados en Ciudad Juárez, entre 2020 y 2025, cuyos sucesos ficticios se desarrollan en el mismo territorio juarense; de estas obras se observa qué espacios geográficos de la ciudad fueron elegidos por sus creadores para ser representados, y se analiza de qué manera se decidió representarlos. Además, se nombran los espacios del territorio no representados.

El objetivo final de este trabajo es, pues, reflexionar acerca de la manera en que Ciudad Juárez se representa en estas obras y lo que ello significa en su construcción gráfica y social actual.

PALABRAS CLAVE

Cómic

Mapas

Identidad juarense

Si el mapa expresa una construcción social del mundo en su momento, y el cómic manifiesta la cultura popular, también de su momento, entonces la historieta, en particular aquella cuya narración gira en torno a una zona geográfica específica, revela una relación entre esta construcción social y la cultura popular.

En este escrito se revisan cinco cómics escritos y publicados en Ciudad Juárez, entre 2022 y 2024, cuyos sucesos ficticios se desarrollan en el mismo territorio juarense; de estas obras se observa y analiza qué espacios geográficos de la ciudad fueron elegidos por sus creadores para ser representados; considerando, además, cuáles fueron los espacios no representados.

Los cómics como medio artístico y por la naturaleza de su creación, representan una ventana directa a la cultura popular del momento en que fueron creados y elaborados; esto deriva de sus orígenes como caricatura política y satírica (García, 2010, p. 43), que respondía a los sucesos del momento, y de su posterior adopción como espacio publicitario para anunciar productos de consumo masivo, como jabones y otros bienes domésticos (García, 2010, p. 100).



Por otro lado, los mapas, aunque se comprenden como una representación neutral y objetiva de la realidad geográfica, son también obras subjetivas creadas por humanos, con sus sesgos técnicos e ideológicos (Wood), ya que “contienen una dimensión de realismo simbólico que es también una declaración de autoridad y control políticos” (Harley, 2005, p. 199).

El objetivo de este texto entonces es, a través de una lectura de cinco historietas de creadores juarenses (de reciente publicación y cuyas narrativas además se desarrollan en Ciudad Juárez), y de la identificación de los espacios geográficos que retratan de Juárez, reflexionar acerca de qué partes de la ciudad existen, y cuáles no, según estas piezas de cultura popular.

El material revisado

Se obtuvieron cinco publicaciones de narrativa gráfica juarense, dos de ellas publicadas por la editorial 656 Cómics, dos más por Editorial Trágica, y la última por Changolión Cómics.

Acerca de las editoriales, 656 Cómics es una editorial de cómics juarense que se ha mantenido activa desde 2003, y hasta la fecha ha publicado más de 30 diversas obras (De la Rosa, 2019, p. 29); Editorial

Trágica fue fundada en 2012 y hasta 2019 registraba trece publicaciones (p. 37), y Changolión Comics, que ha operado como colectivo de artistas desde 2001, con más de ocho publicaciones desde entonces (p. 28).

Las obras revisadas de 656 Cómics son: *Dead Stop. Tour of Terror* (2023), una publicación que recolecta siete historias diferentes unidas por una octava que sirve de marco narrativo, y que cuenta con la participación de los artistas Dominique Arce,

Darío Rodríguez y Serge-Em, y de los escritores Marcos Porras, Ray Ramos y Francisco Arce; y la novela gráfica *El Infante*, escrita e ilustrada por Rexito Maraña.

De Editorial Trágica se revisan las publicaciones *Cd. Juárez vs. El Chupacabras* (2022), ilustrado por isakishi y escrito por Tragicaejo, y *Cd. Juárez vs. La Datsun Atómica* (2024), ilustrado por Sofía Franco y, otra vez, escrito por Tragicaejo. Finalmente, de Changolión Cómics se revisa *Malillas* (2024), escrito e ilustrado por Sergio Morales (quien también participó en *Dead Stop*, con el seudónimo de Serge-Em).

Las obras y sus referencias geográficas

Dead Stop. Tour of Terror. Esta historieta es una antología de ocho historietas de terror. Uno de estos relatos, titulado *Kreizy* y Caronte, opera como narración integradora, al presentar a un chofer de transporte público que va presentando a un pasajero anónimo los temas de las otras siete obras.

Las referencias geográficas presentes en esta publicación son principalmente observables en el relato de *Kreizy*, pues en diálogos se menciona el cruce de las calles Ramón Corona y 16 de Septiembre, y la Avenida Lerdo, además de aparecer

ilustrado en una viñeta un semáforo con la nomenclatura de la Avenida Paseo Triunfo de la República, y otras partes reconocibles como áreas comerciales de la zona centro.

En los otros relatos, sin embargo, sólo el Puente Internacional Paso del Norte es reconocible; aunque hay ilustraciones de viviendas de interés popular, su ubicación geográfica en la ciudad no está identificada, por lo que es imposible saber a cuál colonia o barrio de Ciudad Juárez está haciendo referencia.

El Infante. Este texto de 2023 integra diversos relatos autobiográficos de su autor e ilustrador, Rexto Maraña en formato de novela gráfica. La narración empieza ilustrando sucesos de su infancia, hasta los últimos capítulos que retratan momentos personales del 2017.

Las referencias geográficas evidentes en esta obra son limitadas: La escuela primara Benito Juárez, el cerro Bola con su leyenda “Lee la Biblia”, y la Iglesia Bautista Maranatha; aunque al igual que Dead Stop, El Infante ilustra viviendas y espacios juarenses (como lotes baldíos y áreas desiertas) que no identifican un área específica.

En este caso específico, sin embargo, a través de la consideración del contexto de la obra como pieza autobiográfica y de las anteriores ubicaciones sí ilustradas y mencionadas claramente, se puede inferir que estos espacios son referencias gráficas al poniente de la ciudad.

Cd. Juárez vs. El Chupacabras. Esta historieta de 2022 cuenta la llegada del monstruo Chupacabras a Ciudad Juárez, e ilustra sus dificultades para obtener alimento y conseguir un trabajo en la urbe. La narración concluye con la criatura trabajando como agente de la policía de Tránsito local.

Cómo referencias geográficas, aparecen claramente retratadas la Catedral de Nuestra Señora de Guadalupe, ubicada en la zona centro; la Avenida De la Raza y el Monumento a la Raza, ubicado sobre la misma avenida; la Estrella en la Montaña, ubicada en la ciudad vecina de El Paso, pero visible desde territorio juarense, y el Monumento a la Mexicanidad.

Al igual que las obras anteriores, existen referencias no especificadas a otros espacios de la ciudad, sin embargo, debido a que la narración abarca tanto espacio geográfico, es imposible delimitarlas a sectores particulares. Algunas de estas referencias son: viviendas de interés popular, tienditas de la esquina, obras en construcción, y el exterior e interior de un parque industrial.

Cd. Juárez vs. La Datsun Atómica. Este cómic de 2024 cuenta una historia alternativa del Accidente por contaminación con cobalto 60 de 1983 (Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, 2019). En esta versión de los hechos, tiempo después del percance el vehículo cobra vida, convirtiéndose en un monstruo gigantesco que destruye la ciudad. El relato concluye con la redención de la criatura al convertirse en vehículo de transporte público.

De las historietas revisadas, esta es la que más referencias directas presenta a distintos lugares de la ciudad: La Loma Colorada, en el Valle de Juárez; el Monumento a la Mexicanidad; el campus universitario ICB, de la UACJ; el campus de IIT, de la misma UACJ, el estacionamiento público de la Presidencia Municipal y una parodia del Yonke Fénix, donde según datos de archivo fue ubicado el vehículo originalmente.

Malillas. La última de las obras revisadas; publicada en septiembre de 2024, recolecta ilustraciones y cómics de su autor, Sergio

Morales, desde el año 2000 hasta su fecha de publicación. Entre el contenido incluido, destaca una historieta de siete páginas, que relata la manera en que un par de “malillas” recogen cigarros de contrabando del Puente Internacional Paso del Norte.

Los espacios geográficos claramente identificables en la obra son pocos: el Monumento a la Mexicanidad, la zona centro, el antes referido puente internacional, y el Monumento al Nuevo Ciudadano, también llamado monumento al cigarro o Pito de King Kong (Cardona, 2005). Los demás espacios urbanos representados, al igual que Dead Stop y Cd. Juárez vs. El Chupacabras, carecen de la suficiente información y contexto como para ubicarlos espacialmente.



Análisis de las referencias

Los espacios referenciados directamente en las cinco obras fueron los siguientes:

Calle Ramón Corona
Avenida 16 de Septiembre
Avenida Lerdo
Avenida Paseo Triunfo de la República
Zona centro.
Puente Internacional Paso del Norte
Escuela primaria Benito Juárez
Cerro Bola y su leyenda “Lee la Biblia”
Iglesia Bautista Maranatha
Poniente y norponiente de la ciudad
Catedral de Nuestra Señora de Guadalupe
Avenida De la Raza
Monumento a la Raza
Estrella en la Montaña
Monumento a la Mexicanidad
La Loma Colorada
Campus universitario de ICB
Campus universitario de IIT
Estacionamiento de la Presidencia Municipal
Parodia del Yonke Fénix
Monumento al Nuevo Ciudadano

De todos estos, sin embargo, nueve están ubicados en la zona centro de la ciudad (1-7, 11 y 19), cuatro en el norponiente (8-10, y 20), dos son ubicaciones turísticas (15 y 16), dos son campus de la UACJ cercanos entre sí, y próximos a la frontera norte (17 y 18), y dos más, a parte de estar contiguos uno al otro, conectan vialmente con la zona centro (12 y 13). Uno más está ubicado en la ciudad vecina (14), y sólo existe una referencia a la zona suroriente de la ciudad (19).

Además de esto, las referencias visuales sin identificar son de viviendas de interés popular, parques industriales, lotes baldíos y domicilios empobrecidos. No fueron retratados ninguno de los múltiples museos de la ciudad, centros comerciales, áreas de esparcimiento ni parques públicos; también fue descartada la existencia de la zona suroriente de Juárez, que ha visto un auge en su desarrollo urbano desde hace más de diez años.

Ciudad Juárez es una metrópolis fronteriza de más de medio millón de habitantes, sin embargo, resulta preocupante que mucha de esta población, resulte no existente en medios de consumo y producción popular, como lo es el cómic; además, aunque el sector industrial es de las principales fuentes de empleo en la región, invisibilizar las demás profesiones ejercidas por la población representa una decisión a cuestionar por parte de los autores y artistas.

Aunque este trabajo comenzó como un análisis documental de los

espacios geográficos juarenses representados en sus cómics, revela que existe un sesgo a favor de las áreas turísticas, industriales y las más antiguas de la ciudad, por parte de los creadores de narrativa gráfica revisados.

Si un mapa es la manifestación del poder político de un territorio, y si se fuera a mapear la ciudad basándose en los espacios representados a través de estas historietas, entonces una gran parte de su población desaparecería. Esto significa, pues, que estos huecos territoriales no sólo carecen de relevancia política, sino también social, en el ideario popular que generó estas publicaciones.



REFERENCIAS

- [1] Arce, D., Arce, F., Porras, M., Ramos, R., Rodríguez, D., Serge-Em (2023). Dead Stop. Tour of Terror. México: 656 Comics.
- [2] Cardona, J. (2005). Ciudad Juárez: Cinco Historias. México.
- [3] Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (2019). Accidente por contaminación con cobalto- 60 México 1984. México: Gobierno de México.
- [4] De la Rosa Carrillo, A. E. (2019). El método compuesto para un análisis estructural del cómic impreso y producido en Ciudad Juárez (2003-2018) [Tesina no publicada]. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
- [5] García, S. (2010). La Novela Gráfica. España: Astiberri Ediciones.
- [6] Harley, J. B. (2005) “Hacia una deconstrucción del mapa” en La Nueva Naturaleza de los Mapas. México: Fondo de Cultura Económica, pp. 185-207.
- [7] Isakishi, Tragicalajo (2022). Cd. Juárez vs. El Chupacabras. México: Editorial Trágica.
- [8] Maraña, R. (2023). El Infante. México: 656 Comics.
- [9] Pía, Tragicalajo (2024). Cd. Juárez vs. la Datsun Atómica. México: Editorial Trágica.
- [10] Wood, D. (1983). El Poder de los Mapas.



CÓMO PASAR DE LA SUPOSICIÓN AL DATO FUNDAMENTADO. REVISIÓN DE MÉTODOS MUSICALES PARA PERCUSIÓN

Guillermo Alberto Méndez Herrera ^[1]

[1] Universidad Autónoma en Ciudad Juárez

PALABRAS CLAVE

Métodos musicales

Validación del conocimiento

Música

Experiencia

Investigación documental

El presente escrito reflexiona sobre el proceso de validación del conocimiento construido desde la experiencia vivida por medio de una investigación documental. Se aborda a partir de la experiencia personal, cómo el conocimiento construido desde la práctica educativa y artística puede convertirse en un conocimiento fundamentado a través de la revisión bibliográfica, y la recopilación de datos sobre los métodos musicales para percusión.

Así, se muestra el proceso de investigación documental en música, desglosando los pasos que se siguieron hasta construir un análisis y obtener los resultados. Además, se busca reflexionar sobre cómo los conocimientos surgidos desde las prácticas artísticas pueden transformarse en conocimientos científicos que amplíen y fortalezcan las disciplinas artísticas.

Hasta el día de hoy he dedicado más de 15 años a mi formación profesional como músico y profesor en el área de percusión. Durante este tiempo, he construido un panorama general sobre las distintas necesidades y problemáticas a las que se enfrentan las percusiones dentro de mi

localidad. Por esta razón, comencé mis estudios de posgrado, quería encontrar soluciones a algunos de los problemas y aquí fue donde descubrí que lo que había aprendido en estos años de experiencia en mi disciplina era valioso, pero tenían que pasar por la dimensión metodológica de la investigación cualitativa.

Uno de los temas que más me interesaban al inicio de mi investigación eran los métodos musicales de percusión, quería saber de qué forma podía aportar con este tema. Dentro de mi experiencia como docente tenía claro lo que pasaba alrededor de los métodos musicales y comencé haciendo afirmaciones, “hacen falta métodos de percusiones especializados”, “los métodos de percusión son muy recientes” “existe una carencia de métodos para percusión en español”.

El problema con estas afirmaciones no es que fueran del todo falsas, sino que provenían únicamente de la experiencia que había tenido a lo largo de estos años en la música y hasta el momento eran suposiciones. Estas afirmaciones fueron cuestionadas porque carecían evidencia que pudieran sostener que lo que decía era cierto. Así, mi trabajo a partir de ese momento fue fundamentar las afirmaciones con evidencias que respaldara o contradijeran dichas afirmaciones.

De tal manera, que el objetivo de este trabajo es presentar una reflexión sobre como el conocimiento adquirido a través de la experiencia puede convertirse en conocimiento fundamentado. Comienzo narrando mi experiencia alrededor de una investigación en curso porque de nuevo quiero utilizar la experiencia personal para

convertirla en conocimiento para alguien más ya que la experiencia personal como docente, nunca es única, es compartida.

De la suposición al dato fundamentado

Al situarme dentro de las disciplinas artísticas, resulta fundamental reconocer que el conocimiento que se adquiere a través de la experiencia, es un conocimiento relevante para el quehacer artístico, ya que estas disciplinas suelen tener un alto grado de ejecución práctica y reflexión. Sin embargo, el entorno de la experiencia y su configuración también dan cabida a generar afirmaciones que se tornan en suposiciones, por esta razón, es importante recordar que “una de las propiedades del conocimiento científico es su carácter acumulativo” (Barquero, 2022, p.339). Acumular y validar el conocimiento adquirido a través de la experiencia permite pasar de la suposición al dato fundamentado. Es decir, en las disciplinas artísticas, la experiencia genera conocimiento, pero también suposiciones que, al contrastarlas con la experiencia acumulada y recuperada de la revisión bibliográfica, dan certeza sobre los conocimientos existentes en una disciplina y permite que otras personas utilicen, cuestionen o amplíen dicho conocimiento.

Tomando en cuenta el relato inicial de este trabajo sobre las necesidades de los métodos en percusiones, el conocimiento que había adquirido a través de la experiencia y desde donde problematizo mis dudas, necesitaba ser validado a través de una investigación documental que permitieran tener claridad sobre los métodos musicales en percusiones, “es de esta forma como el conocimiento progresa, se desarrollan teorías y se explican los





fenómenos del mundo físico y social” (Barquero, 2022, p.340). Los conocimientos derivados de esta investigación permitirán elaborar conclusiones con bases sólidas para confirmar si las necesidades que planteo sobre los métodos de percusión son reales.

En palabras de Hernández Sampieri en González-Plate y Sepúlveda-Gallardo (2021) “La investigación documental o bibliográfica es un método crucial en el abordaje y comprensión profunda del contexto histórico, espacial y temporal en el que se revela una problemática específica.” (p. 3). Por esta razón, esta investigación documental tiene como objetivo conocer el panorama actual de la literatura de percusión; explorando, catalogando y analizando estos métodos; ya que, validar este conocimiento me permitirá afirmar, negar o ampliar las afirmaciones basadas en la suposición. La revisión bibliográfica es útil para conocer el avance, lo que se ha hecho y falta conocer entrono al tema, así como reconocer tendencias y autores para profundizar en diversas áreas del conocimiento tomando en cuenta el conocimiento existente” (González-Plate y Sepúlveda-Gallardo, 2021, p. 3), en este caso, la revisión bibliográfica aportará evidencia sobre la realidad actual de los métodos de percusión.

Utilizar la suposición y los temas de interés personal no suponen un error para la investigación ya que la investigación cualitativa “precisa de reflexión, en donde cada etapa el investigador puede cambiar o modificar algo, pero al mismo tiempo le permita aprender en todo ese proceso” (Maxwell en Martínez, 2023, p. 149). Por lo tanto, partir del interés personal sobre los métodos musicales y la experiencia

personal en la música pueden ser el punto inicial para acumular conocimiento relevante para nuestras disciplinas.

Exploración de los métodos musicales en percusiones

Cada investigación tiene sus propias necesidades, por ello, cada investigador ajusta los pasos necesarios para llevar a cabo su trabajo con éxito. En este caso, mi objetivo era explorar los métodos musicales de percusión para ello necesitaba realizar una investigación documental que me permitiera conocer y contrastar la información existente sobre los métodos musicales. La metodología que seguí consiste en cuatro pasos: 1. Determinar los temas de interés; 2. Revisión bibliográfica; 3. Análisis de contenido; 4. Conclusiones.

El primer paso es importante para delimitar la búsqueda. Los temas de interés que seleccioné se relacionaban a las afirmaciones iniciales; métodos enfocados a lectura melódica, el idioma original de los escritos y las fechas en las que se escribieron. Revisé los métodos de percusión haciendo una división entre métodos melódicos, aquellos que tuvieran un acercamiento a ejercicios melódicos para instrumentos de teclados (marimba, xilófono, glockenspiel) y métodos rítmicos, aquellos que se enfocarán en instrumentos de percusión rítmica.

Segundo paso: revisión. Una vez que había delimitado los temas, continúe con el segundo paso que fue la revisión bibliográfica. Aquí me dediqué a registrar en una tabla los métodos existentes, a partir de categorías donde registré: el nombre del método; el nombre del autor; la fecha de publicación que tiene el libro, el enfoque o tema central sobre el cual se desarrolla el método, el número de baquetas en el caso de los métodos dedicados a instrumentos melódicos o el instrumento para el que está escrito en el caso de los métodos rítmicos; los recursos musicales empleados para desarrollar el enfoque del tema, el idioma en el que está escrito originalmente; la dificultad musical que tienen los ejercicios del método. Se registraron todas y cada una de las categorías en la siguiente tabla para un análisis posterior de los resultados.

Tabla 1. Ejemplo de cómo se registraron los métodos musicales.¹

MÉTODOS MUSICALES PARA PERCUSIÓN MELÓDICA							
Nombre	Autor	Fecha	Enfoque	Baquetas	Recursos	Idioma	Dificultad
Método inicial para marimba	Alfred Reed	1980	Escalas	2	Ejercicios técnicos	Inglés	Inicial

MÉTODOS MUSICALES PARA PERCUSIÓN RÍTMICA							
Nombre	Autor	Fecha	Enfoque	Instrumento	Recursos	Idioma	Dificultad
Método avanzado para tambor	Torres Álvaro	1995	Ejecución	Tarola	Musical	Francés	Avanzado



El tercer paso consistió en analizar los datos obtenidos. Una vez elaborada la tabla comencé a analizar los datos buscando confirmar, negar o ampliar las afirmaciones que tenía en mente. La tabla arrojó fechas exactas sobre la publicación de los métodos de percusión que se utilizan en la actualidad; los principales autores y países que publican métodos musicales para percusión y con esto el idioma que prevalece en la literatura actual de las percusiones; por último, permitió tener un panorama claro sobre la situación actual de los métodos para percusiones, así como los principales enfoques técnicos y musicales en las percusiones.

El último paso consistió en elaborar las conclusiones. En este caso, confirmé que uno de los primeros métodos para percusión

registrados es Stick control de Lawrence Stone en el año de 1935, lo cual me permite afirmar hasta hoy, que los métodos musicales se desarrollaron en la década de los 50's confirmando que la literatura para percusión es relativamente nueva dentro de la historia de la música de clásica. Los datos también confirmaron que la gran mayoría de métodos para percusión registrados estaban en inglés siendo Estados Unidos uno de los principales referentes para las percusiones; en este caso no sólo me permitió confirmar que existen muy pocos métodos para percusión en español, si bien existen creaciones de métodos traducidos al español, esto refleja no sólo la carencia de métodos creados en español sino la relevancia que tienen algunos países dentro de los estándares actuales para la música.

REFLEXIONES FINALES

Realizar esta investigación documental me permitió consolidar el conocimiento que había adquirido a través de la experiencia, pasando de hacer afirmaciones basadas en la suposición a afirmaciones con bases sólidas. Un conocimiento documentado que busca aportar al desarrollo de la música y compartir el resultado de años de experiencia.

Es importante seguir investigando dentro de las áreas artísticas ya que considero que existe mucho conocimiento aprendido en la práctica que necesita ser documentado y compartido. Estoy seguro de que existen más personas en una situación similar a la mía, que tiene conocimientos valiosos que podrían aportar a sus áreas disciplinarias, a sus áreas instrumentales, incluso a consolidar el conocimiento dentro de sus círculos más cercanos. Por esta razón, propongo dejar de ver a la investigación como un requisito para graduarse, como la opción que eliges cuando no te queda otro camino en tu vida profesional y comencemos a adoptarla como una extensión de nuestro quehacer profesional. Una forma de compaginar la práctica artística, la educación, o la labor que desempeñes en tu área con la investigación.



REFERENCIAS

- [1] Martínez Jofre, J. M. (2023). Diseño de investigación cualitativa. Revista de la educación superior, 52(206), 149-154.
- [2] Barquero, W. M. (2022). Análisis de prisma como metodología para revisión sistemática: Una aproximación general. Saúde em Redes, 8(sup1), 339-360.
- [3] Stone, G. L. (1949). Stick control: for the snare drummer. Alfred Music.
- [4] González-Plate, L. I., & Sepúlveda-Gallardo, C. B. (2021). Investigación documental sobre el cuerpo y la corporeidad en la escuela. Revista Electrónica Educare, 25(3), 567-582.



DE RESIDUO A RECURSO CÓMO LA BIOMASA AGRÍCOLA DE CHIHUAHUA PUEDE AYUDAR A CUIDAR EL SUELO, EL AGUA Y EL CLIMA

Miriam Jazmín Aguilar Delgado ^[1], Dra. María Noemí Frías Moreno ^[2]

^[1] Instituto Tecnológico de México, Campus Celaya, Guanajuato,

^[2] Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Agrotecnológicas



RESUMEN

En Chihuahua, cada temporada agrícola deja detrás ramas, hojas, cáscaras y frutos que a menudo se consideran desechos y terminan como basura o acumulados en las parcelas. Sin embargo, estos materiales todavía contienen nutrientes, carbono y vida. Con el manejo adecuado, pueden transformarse en composta, biofertilizantes y otras alternativas que contribuyen a mejorar la salud del suelo, conservar agua y reducir impactos ambientales.

PALABRAS CLAVE

Biomasa agrícola

Suelo vivo

Economía circular

La historia escondida después de la cosecha

Después de cada cosecha queda una parte del campo que casi nunca aparece en las fotografías: ramas podadas, hojas, frutos descartados, cáscaras, restos de empaque y materiales vegetales que suelen considerarse sobrantes. A simple vista parecen desechos; sin embargo, desde la ciencia ambiental y agrícola son biomasa, es decir, materia orgánica de origen vegetal que todavía contiene carbono, nutrientes y energía biológica. Esta diferencia no es menor: cuando un residuo se quema, se abandona o se maneja sin planeación, puede convertirse en un problema; cuando se transforma con técnica, puede regresar al suelo como recurso.

En Chihuahua, esta conversación tiene un sentido especial. El estado es reconocido por su liderazgo en la producción de manzana: en 2024 se reportaron más de 32 mil hectáreas cosechadas, un volumen superior a 664 mil toneladas y una participación cercana al 85.2 % de la producción nacional (Gráfico 1), de acuerdo con información estatal sustentada en datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2025). Este liderazgo productivo también abre una pregunta ambiental: ¿qué puede hacerse con la biomasa generada en huertas, centros de empaque y procesos agroindustriales?

Producción nacional de manzana (2024)

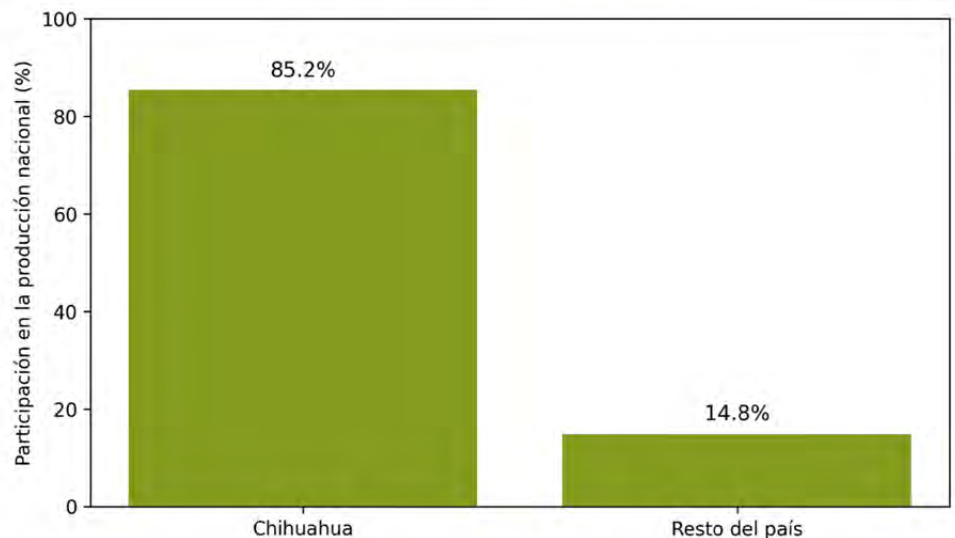


Gráfico 1. Participación de Chihuahua en la producción nacional de manzana en 2024.

Fuente: Gobierno del Estado de Chihuahua (2025), con datos del SIAP.

La respuesta puede cambiar la manera de mirar el campo. Los restos de poda, los frutos fuera de calidad comercial y los subproductos orgánicos pueden integrarse a cadenas de aprovechamiento mediante compostaje, lombricompostaje, fermentación, elaboración de sustratos o desarrollo de biofertilizantes (Imagen 1). Así, lo que antes se veía como basura puede convertirse en un aliado para cuidar el suelo, conservar agua y reducir impactos ambientales. Además de representar una alternativa para el manejo de residuos, la biomasa agrícola constituye una reserva de nutrientes que originalmente fueron absorbidos por las plantas durante su crecimiento. Hojas, frutos descartados y restos de poda contienen elementos esenciales como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, los cuales pueden reincorporarse al suelo mediante procesos adecuados de transformación biológica.

Ruta circular de la biomasa agrícola

De los residuos del campo a soluciones para suelo, agua y clima

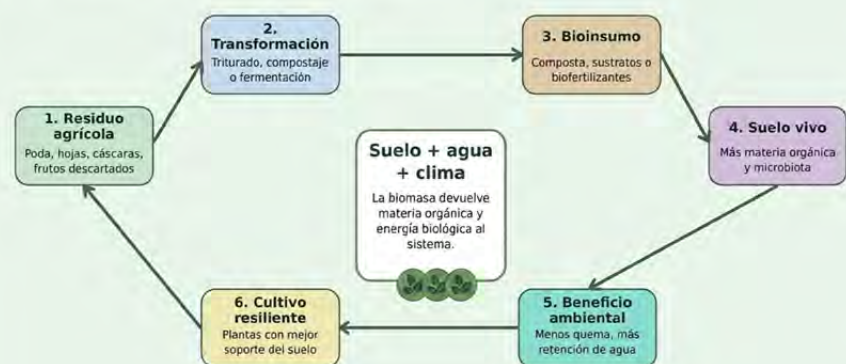


Imagen 1. Ruta circular de la biomasa agrícola.

Fuente: Elaboración propia.

Un suelo vivo bajo nuestros pies

Para comprender el valor de la biomasa, primero hay que dejar de pensar en el suelo como tierra inerte. El suelo es un ecosistema: contiene minerales, agua, aire, raíces,

hongos, bacterias, pequeños invertebrados y materia orgánica en distintos grados de descomposición. De acuerdo con la FAO, el carbono orgánico del suelo es una pieza clave de la salud del suelo porque contribuye a la fertilidad, a la productividad y a la adaptación y mitigación del cambio climático (FAO, 2017).

Cuando un suelo pierde materia orgánica, suele compactarse con mayor facilidad, infiltra menos agua y ofrece menor soporte biológico para las raíces. En cambio, cuando recibe materia orgánica bien transformada, mejora su estructura, favorece la formación de agregados y aumenta la actividad microbiana. Dicho de manera sencilla: un suelo con vida funciona mejor como casa de las raíces y como esponja natural para el agua. Desde el punto de vista agrícola, la materia orgánica también participa en el almacenamiento y suministro gradual de nutrientes para los cultivos. Por ello, mantener niveles adecuados de materia orgánica no solo favorece la actividad biológica del suelo, sino que contribuye a sostener su fertilidad a largo plazo.

La biodiversidad del suelo es parte de esa vida invisible. La FAO define la biodiversidad del suelo como la variedad de vida bajo la superficie, desde genes y especies hasta comunidades y procesos ecológicos (FAO et al., 2020). En ese mundo microscópico, hongos y bacterias degradan residuos, liberan nutrientes, forman sustancias orgánicas estables y ayudan a sostener la productividad de los cultivos. Por eso, aprovechar biomasa no significa solo “usar residuos”; significa alimentar la red viva que sostiene la agricultura (Imagen 2).

El suelo vivo: una red invisible

Materia orgánica, raíces, agua y microorganismos trabajan juntos

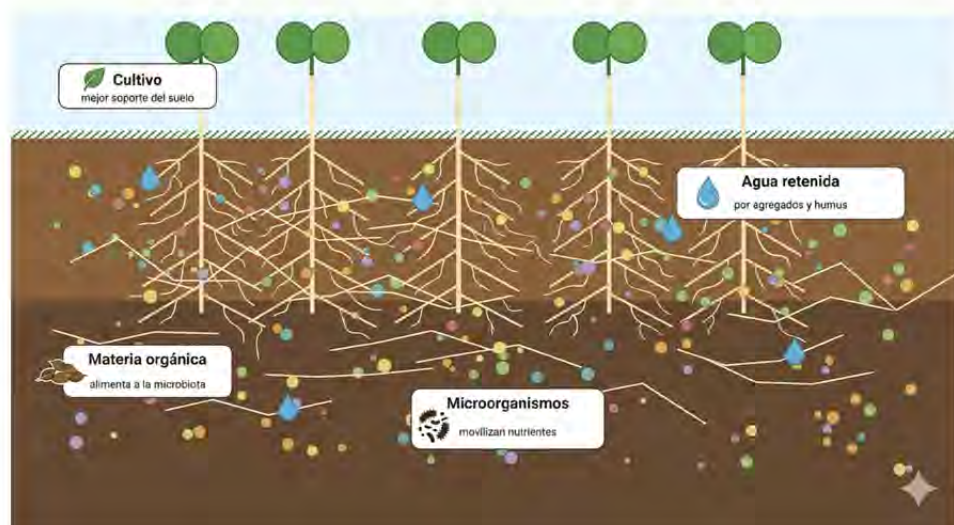


Imagen 2. El suelo vivo: materia orgánica, raíces, agua y microorganismos.

Fuente: Elaboración propia.

El agua también se cuida desde el suelo

En regiones con sequía recurrente y alta presión sobre los recursos hídricos, conservar agua no depende únicamente de perforar pozos, instalar sistemas de riego o almacenar lluvia. También depende de la capacidad del suelo para recibir, infiltrar y retener humedad. Aquí la biomasa transformada en composta puede desempeñar un papel importante.

La composta no sustituye el riego ni elimina el problema de la sequía. Sin embargo, al mejorar la estructura del suelo y aumentar la materia orgánica, puede contribuir a que el agua permanezca más tiempo disponible para las raíces. En un suelo degradado, el agua puede escurrirse o evaporarse con rapidez; en un suelo con agregados estables y materia orgánica, una parte de esa agua puede conservarse mejor. Esta característica adquiere especial relevancia en regiones áridas y semiáridas como Chihuahua, donde la disponibilidad de agua representa uno de los principales desafíos para la agricultura. En estos ambientes, cualquier práctica que contribuya a mejorar la retención de humedad en el suelo puede ayudar a incrementar la resiliencia de los sistemas productivos frente a periodos de sequía.

Por ello, los residuos agrícolas de Chihuahua no deben observarse únicamente como una consecuencia inevitable de la producción. También pueden formar parte de una estrategia de conservación. Cada rama triturada, cada fruto descartado y cada cáscara que se transforma adecuadamente puede convertirse en un pequeño aporte para reconstruir suelo y hacer más eficiente el uso del agua. En las zonas productoras de manzana del estado, las labores anuales de poda generan importantes cantidades de biomasa que, mediante su aprovechamiento adecuado, pueden reincorporarse al sistema agrícola como una fuente de materia orgánica y contribuir al mantenimiento de la calidad del suelo.

Microorganismos: aliados invisibles del campo

La transformación de la biomasa depende de microorganismos. Bacterias y hongos participan en la descomposición de los restos vegetales, degradan compuestos complejos y liberan nutrientes que pueden regresar al ciclo agrícola. Esta idea conecta directamente con los biofertilizantes, una de las líneas ambientales más prometedoras para la agricultura sostenible.

Los biofertilizantes son productos que contienen microorganismos capaces de favorecer el crecimiento vegetal mediante procesos biológicos, como la fijación de nitrógeno, la solubilización de fósforo, la producción de sustancias promotoras del crecimiento o la mejora de la absorción de nutrientes. Daniel et al. (2022) explican que los biofertilizantes pueden acelerar actividades microbianas que incrementan la disponibilidad de nutrientes para las plantas y contribuyen a la fertilidad del suelo. La interacción entre microorganismos, materia orgánica y raíces constituye uno de los procesos fundamentales para el reciclaje de nutrientes dentro de los agroecosistemas. Gracias a estas relaciones biológicas, una parte de los elementos contenidos en los residuos vegetales puede volver a estar disponible para nuevos ciclos de producción.

No obstante, es importante divulgar esta tecnología con responsabilidad. Un biofertilizante no es una solución mágica. Su desempeño depende de la cepa microbiana, la calidad del producto, la humedad, la temperatura, el tipo de suelo, el cultivo y el manejo agronómico. Pero cuando se usa con criterios técnicos, puede complementar la nutrición vegetal y reducir parcialmente la dependencia de insumos de alto impacto ambiental.

Biomasa agrícola, huella de carbono y manejo sustentable

La biomasa agrícola también se relaciona directamente con la huella de carbono de los sistemas productivos. Cuando los residuos vegetales se queman, el carbono almacenado en la planta regresa rápidamente a la atmósfera, al mismo tiempo que se pierde la oportunidad de reincorporar materia orgánica al suelo. Además, esta práctica puede deteriorar la calidad del aire y afectar a las comunidades cercanas, especialmente en regiones agrícolas donde la quema de residuos se realiza de manera recurrente.

En contraste, cuando los residuos agrícolas se compostan o se procesan de forma controlada, una parte de sus componentes puede regresar al suelo y contribuir a mejorar su funcionamiento físico, químico y biológico. No obstante, este beneficio debe interpretarse con prudencia, ya que no todo el carbono aplicado permanece indefinidamente en el suelo. Una fracción importante de la materia orgánica es transformada por los microorganismos, quienes respiran, degradan y reorganizan estos materiales dentro del sistema edáfico.

Aun así, el manejo adecuado de la biomasa agrícola resulta preferible frente a su desperdicio o quema, sobre todo cuando se integra con prácticas complementarias como cobertura vegetal, labranza reducida, rotación de cultivos y manejo eficiente del agua. En este sentido, la biomasa no debe entenderse como una solución aislada, sino como parte de una estrategia integral para fortalecer la sustentabilidad de los agroecosistemas.

Desde una perspectiva global, el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático ha señalado que las respuestas frente al cambio climático deben integrar acciones de mitigación y adaptación en los sistemas productivos, considerando de manera conjunta la tierra, el agua, la energía y los alimentos (IPCC, 2023). Bajo este enfoque, la biomasa agrícola puede comprenderse como una herramienta local para actuar frente a un problema ambiental de escala global.

Por ello, la transformación de la biomasa agrícola puede funcionar como un eje articulador de un modelo sustentable, al conectar simultáneamente el cuidado del suelo, el uso eficiente del agua y la mitigación climática. Como se representa en el esquema triangular de la Imagen 3, el aprovechamiento adecuado de los residuos orgánicos permite enriquecer la estructura del suelo mediante el aporte de

materia orgánica, incrementar su capacidad de infiltración y retención de agua, y reducir el impacto ambiental asociado con la quema de desechos y la mala gestión del carbono.

Biomasa, biofertilizantes y ambiente

Tres beneficios que se conectan desde el suelo

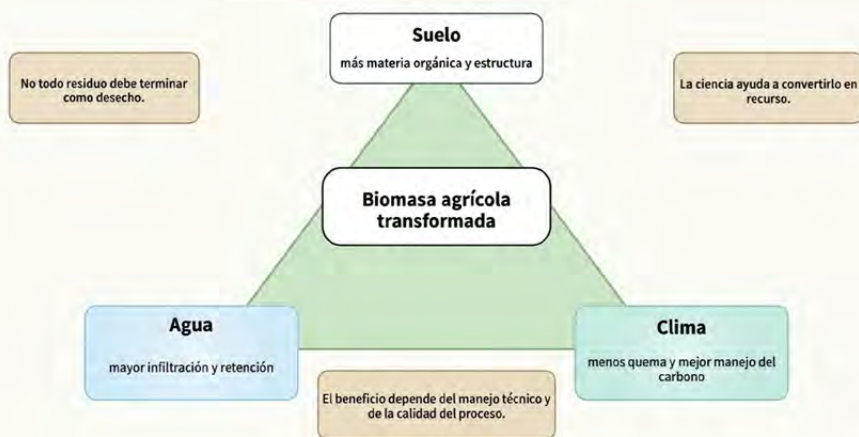


Imagen 3. Biomasa, biofertilizantes y ambiente: beneficios conectados desde el suelo.

Fuente: Gobierno del Estado de Chihuahua (2025), con datos del SIAP.

Una oportunidad para Chihuahua

Chihuahua cuenta con una ventaja: posee experiencia agrícola, cadenas productivas consolidadas y regiones donde la innovación puede aplicarse desde lo local. La producción de manzana, nuez, maíz, chile y otros cultivos genera biomasa que podría valorizarse mediante proyectos comunitarios, universitarios o empresariales.

Una ruta posible sería iniciar con unidades demostrativas de compostaje en huertas, escuelas agrícolas, centros de investigación o asociaciones de productores. En estos espacios se podría enseñar cómo separar residuos, triturar ramas, equilibrar materiales ricos en carbono y nitrógeno, controlar humedad y temperatura, evitar malos olores, reconocer una composta madura y aplicarla sin riesgos.

A partir de ahí, la investigación local podría aportar mucho más: caracterizar microorganismos benéficos, evaluar la calidad de compostas, medir cambios en retención de agua, analizar carbono orgánico del suelo y diseñar biofertilizantes adaptados a condiciones regionales. La ciencia, en este caso, no quedaría encerrada en el laboratorio; se convertiría en una herramienta para resolver problemas del territorio.



Cambiar la pregunta cambia el futuro

La biomasa agrícola nos invita a cambiar la pregunta. En lugar de preguntar “¿qué hacemos con los residuos?”, podemos preguntar “¿qué valor ambiental, productivo y social todavía contienen?”. Esa diferencia abre una forma más sostenible de producir alimentos.

Aprovechar los residuos agrícolas no significa romantizar la basura ni pensar que todo material puede aplicarse al suelo sin tratamiento. Significa reconocer que, con conocimiento técnico, higiene, control del proceso y participación social, muchos subproductos agrícolas pueden convertirse en recursos útiles.

El aprovechamiento de la biomasa agrícola demuestra que la sostenibilidad no siempre requiere tecnologías complejas. En muchos casos, las soluciones pueden encontrarse en recursos que ya existen dentro de los propios sistemas productivos, siempre que se gestionen con conocimiento técnico y visión de largo plazo.

En tiempos de sequía, pérdida de fertilidad y cambio climático, el futuro del campo no dependerá únicamente de producir más; dependerá también de producir mejor, desperdiciar menos y devolver vida al suelo. Tal vez una parte de la solución ambiental para Chihuahua esté en algo que ya existe en sus huertas, parcelas y sistemas productivos: la biomasa agrícola que todavía tiene mucho que ofrecer.



REFERENCIAS

- [1] Daniel, A. I., Fadaka, A. O., Gokul, A., Bakare, O. O., Aina, O., Fisher, S., Burt, A. F., Mavumengwana, V., Keyster, M., & Klein, A. (2022). Biofertilizer: The future of food security and food safety. *Microorganisms*, 10(6), 1220. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10061220>
- [2] Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2017). Soil organic carbon: The hidden potential. FAO. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i6937en>
- [3] Food and Agriculture Organization of the United Nations, Intergovernmental Technical Panel on Soils, Global Soil Biodiversity Initiative, Secretariat of the Convention on Biological Diversity, & European Commission. (2020). State of knowledge of soil biodiversity: Status, challenges and potentialities. FAO. <https://doi.org/10.4060/cb1928en>
- [4] Gobierno del Estado de Chihuahua. (2025, 28 de agosto). Es Chihuahua líder productor de manzana con el 85% del total nacional. <https://chihuahua.gob.mx/prensa/es-chihuahua-lider-productor-de-manzana-con-el-85-del-total-nacional>
- [5] Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2025). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola 2024. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Recuperado de https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/
- [6] Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). Climate change 2023: Synthesis report. IPCC. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>



CUANDO EL SUELO VUELA LA HISTORIA AMBIENTAL DETRÁS DE LAS TOLVANERAS EN CHIHUAHUA

Elizabeth Villalobos Pérez^[1], Miriam Jazmín Aguilar Delgado^[2], Rosa María Yáñez Muñoz^[3]

[1] Universidad Autónoma de Chihuahua, [2] Instituto Tecnológico de Celaya, [3] Universidad Autónoma de Chihuahua

PALABRAS CLAVE

Polvo

Sequía

Suelo

Un horizonte que desaparece

En Chihuahua, a veces el paisaje cambia de color en cuestión de minutos. El cielo se vuelve café, las montañas se borran, los autos encienden luces en pleno día y las personas buscan cerrar puertas, ventanas y corrales antes de que el polvo entre a las casas. A simple vista, una tolvanera parece solo viento con tierra. Sin embargo, desde una mirada ambiental, esa nube que avanza sobre caminos, ciudades y parcelas puede contar una historia más profunda: la historia de un suelo que perdió humedad, cobertura y estabilidad.

Por ello, cuando el suelo vuela, no solo se ensucia el aire. También se desplaza una parte del territorio. En esas partículas finas pueden viajar minerales, materia orgánica, sales, microorganismos y fragmentos de una capa superficial que tardó años en formarse. En un estado donde la agricultura, la ganadería, los agostaderos y las ciudades conviven con zonas áridas y semiáridas, mirar el polvo como indicador ambiental permite entender por qué conservar el suelo es también conservar agua, biodiversidad y salud pública.

El tema es particularmente oportuno porque en los últimos años las tormentas de arena han dejado de ser una rareza para convertirse en una experiencia cada vez más comentada por la población. En junio de 2025, la Coordinación Estatal de Protección Civil informó el desplazamiento de la sexta tormenta de arena del año sobre territorio chihuahuense y advirtió que la alta concentración de partículas podía deteriorar considerablemente la calidad del aire, además de reducir la visibilidad en localidades del norte, centro y sur del estado [4].

Asimismo, este fenómeno no puede entenderse sin el contexto de sequía. En 2024, el Gobierno del Estado de Chihuahua reportó, con base en el Monitor de Sequía de México, que el 100 % de los municipios atravesaba algún nivel de sequía [3]. La relación no es mecánica ni única, porque una tormenta de polvo depende también de la velocidad del viento, la textura del suelo, el uso del territorio y la presencia o ausencia de vegetación. No obstante, cuando baja la humedad superficial y el suelo queda descubierto, el viento encuentra más facilidad para levantar partículas.



Figura 1. Del suelo al aire: una tolvanera puede leerse como el resultado de suelo seco, viento intenso y partículas suspendidas.

Fuente: elaboración propia, 2026.

El polvo no empieza en el cielo

La primera idea que conviene cambiar es pensar que el polvo nace en el aire. En realidad, nace en la superficie. El viento solo lo desprende, lo levanta y lo transporta. Antes de que una nube café llegue a la ciudad, hubo un suelo expuesto en algún punto del paisaje: un terreno sin cubierta vegetal, una parcela recién removida, un camino rural sin protección, un agostadero degradado, una orilla de carretera o una zona donde la sequía redujo la vegetación.

La Organización Meteorológica Mundial señaló en 2025 que las tormentas de arena y polvo afectan aproximadamente a 330 millones de personas en 150 países, y destacó que la mala gestión del agua y de la tierra, junto con la sequía y la degradación ambiental, participan cada vez más en su formación e impacto [6]. Esta lectura global ayuda a comprender lo que ocurre localmente: las tolvaneras no son únicamente un espectáculo meteorológico, sino también una señal de la relación entre clima, suelo y manejo del territorio.

En ambientes áridos, la vegetación funciona como una red de protección. Sus raíces sujetan el suelo, sus tallos reducen la velocidad del viento cerca de la superficie y sus restos orgánicos amortiguan el impacto directo de las ráfagas. Cuando esa cubierta se pierde, el suelo queda “sin piel”. Entonces, las partículas finas se vuelven más disponibles para ser levantadas. Por eso, en la conservación de suelos, un residuo vegetal, un pasto nativo o un bordo con vegetación no son detalles menores: son infraestructura ecológica.

La Organización de las Naciones Unidas

para la Alimentación y la Agricultura reconoce que las tormentas de arena y polvo tienen impactos sobre ambiente, salud, agricultura, seguridad alimentaria y medios de vida, especialmente en regiones áridas y semiáridas; además, plantea que el uso sostenible de la tierra y del agua es una vía para reducir fuentes de polvo y disminuir sus efectos [2]. En Chihuahua, esta idea puede traducirse en una pregunta práctica: ¿qué superficies del territorio están quedando demasiado desnudas para resistir el viento?





Figura 2. El suelo desnudo ofrece menos resistencia al viento; el suelo con cobertura vegetal o residuos superficiales conserva mejor humedad y estructura.

Fuente: elaboración propia, 2026.

Una partícula con memoria

Una partícula de polvo no es simple suciedad. Puede ser arcilla, limo, sal, materia orgánica o fragmento mineral. También puede tener adheridos compuestos químicos o estructuras biológicas. Desde la agricultura, esto importa porque las fracciones finas del suelo suelen concentrar nutrientes y materia orgánica. Cuando se pierden por erosión eólica, el terreno no solo cambia de apariencia; también puede perder parte de su capacidad para retener agua, sostener raíces y alimentar microorganismos.

Esta pérdida es especialmente delicada en zonas donde la formación del suelo es lenta. En un clima seco, recuperar materia orgánica y estructura puede tomar muchos ciclos productivos. Por eso, cuando una tolvanera avanza sobre una carretera, no deberíamos verla solamente como molestia. También puede ser una señal de que una capa superficial del paisaje se está moviendo hacia otro lugar.

Además, el polvo puede transportar vida microscópica. Un estudio realizado en suelos del Desierto Chihuahuense, en áreas asociadas con tormentas de polvo de Ascensión y Ciudad Juárez, analizó 234 muestras superficiales y reportó géneros fúngicos como *Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus* y *Fusarium*, entre otros [1]. Esta evidencia no significa que todo polvo sea peligroso ni que toda partícula cause enfermedad. Significa algo más amplio y ambientalmente importante: el suelo que vuela no es inerte; puede movilizar componentes biológicos y ecológicos.

Desde esta perspectiva, la biodiversidad no siempre se pierde de manera visible. A veces se desplaza en forma de esporas, microorganismos y materia orgánica fina. Por ello, cuidar el suelo también implica cuidar comunidades microscópicas que participan en la descomposición, el ciclo de nutrientes, la formación de agregados y la estabilidad del ecosistema.

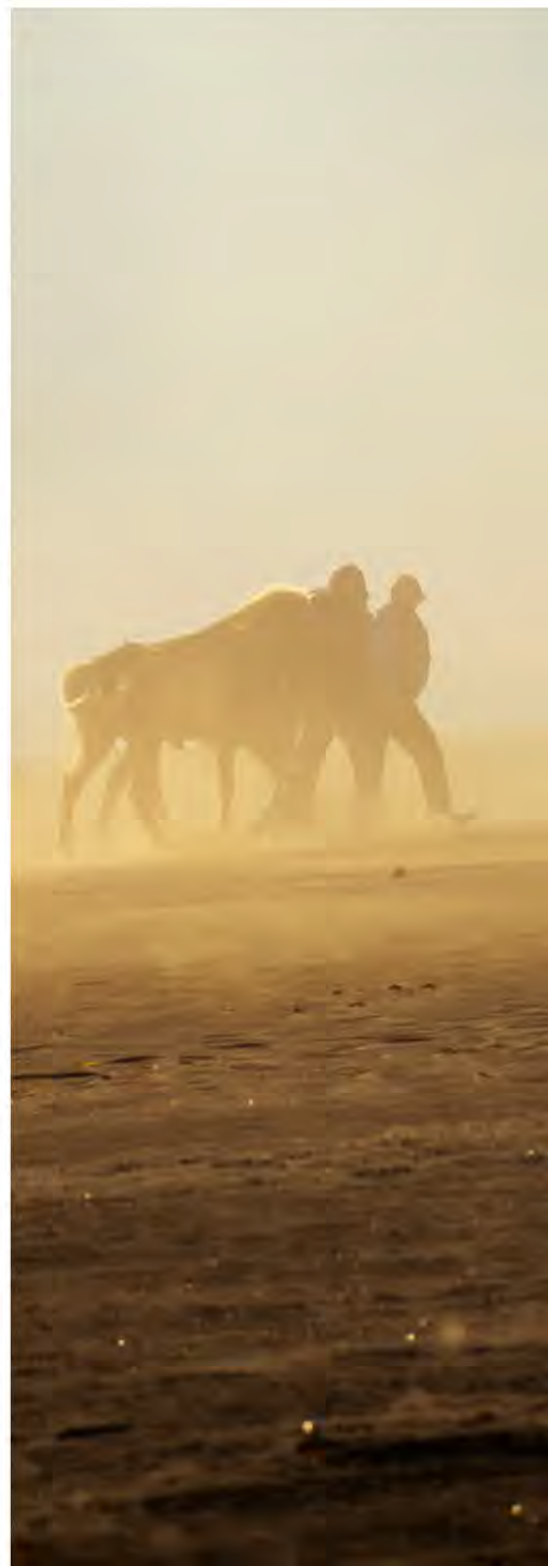
El aire también guarda suelo

Durante una tormenta de polvo, el problema más evidente es la baja visibilidad. Sin embargo, el asunto no termina en la seguridad vial. El material particulado puede afectar la calidad del aire y la salud, sobre todo en niñas, niños, adultos mayores y personas con asma, alergias o enfermedades cardiovasculares. La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos explica que el material particulado es una mezcla de partículas sólidas y gotas líquidas presentes en el aire; algunas son visibles, como polvo o humo, y otras son tan pequeñas que solo pueden detectarse con instrumentos especializados [5].

En términos sencillos, las partículas más grandes suelen quedar atrapadas con mayor facilidad en nariz y garganta, mientras que las más pequeñas pueden llegar más profundo al sistema respiratorio. Por eso, durante episodios de polvo intenso, las recomendaciones de permanecer en interiores, cerrar ventanas, evitar actividad física al aire libre y proteger

ojos, nariz y boca no son exageraciones: son medidas preventivas ante un aire temporalmente cargado de partículas.

El Gobierno del Estado de Chihuahua recomendó en 2025 evitar traslados innecesarios en zonas afectadas, conducir con precaución, mantener puertas y ventanas cerradas, y extremar cuidados en población vulnerable ante el deterioro esperado de la calidad del aire por partículas suspendidas [4]. Estas medidas son necesarias durante la emergencia, pero la pregunta de fondo es otra: ¿qué podemos hacer antes de que el suelo vuelva a convertirse en aire?



No todo se resuelve barriendo

Después de una tolvanera, muchas personas barren patios, lavan autos y limpian ventanas. Esa respuesta es comprensible, pero insuficiente. Si solo quitamos el polvo de la superficie urbana, atendemos la consecuencia, no la causa. La prevención empieza en los lugares donde el polvo se origina. Por ello, una política ambiental inteligente debería identificar fuentes locales de emisión: caminos sin estabilización, suelos agrícolas descubiertos, áreas periurbanas degradadas, bancos de material, lotes baldíos, bordes de carreteras y agostaderos con baja cobertura.

La FAO reconoce que las tormentas de arena y polvo afectan el ambiente, la salud, la agricultura, la seguridad alimentaria y los medios de vida, y subraya que el manejo sostenible de la tierra y el agua ofrece oportunidades para limitar las fuentes de polvo y reducir sus impactos [2]. Aunque esta lectura tiene alcance internacional, dialoga muy bien con el norte de México, donde la gestión del territorio debe integrar producción, conservación y reducción del riesgo.

En Chihuahua, una estrategia frente al polvo podría iniciar con acciones sencillas: mantener cobertura vegetal en suelos vulnerables, reducir la labranza innecesaria en periodos secos, conservar rastrojos cuando sea posible, establecer barreras rompevientos, revegetar bordes de caminos, proteger áreas de agostadero, evitar tránsito repetido sobre suelos frágiles y restaurar puntos donde se observa levantamiento recurrente de partículas. No se trata de detener el viento, sino de darle menos suelo suelto para levantar.

Un observatorio ciudadano del polvo

Una de las formas más novedosas de abordar el tema sería crear una cultura de observación del polvo. Así como se reportan lluvias, granizadas o incendios, también podrían registrarse tolvaneras: fecha, hora, dirección del viento, zonas de origen probable, duración, visibilidad y afectaciones. Las escuelas, universidades, productores, cuerpos de protección civil y ciudadanía podrían construir mapas sencillos de puntos críticos.

Este tipo de observatorio ciudadano no sustituye el monitoreo meteorológico ni la medición profesional de calidad del aire, pero puede complementarlos. Además, ayudaría a que la población deje de ver la tolvanera como un fenómeno inevitable y comience a entenderla como una señal ambiental que puede prevenirse parcialmente mediante manejo del suelo, cobertura vegetal y restauración ecológica.

También sería una oportunidad educativa poderosa. En una clase de ciencias, una tolvanera puede explicar erosión, biodiversidad microbiana, calidad del aire, cambio climático, salud pública y uso del suelo. En una comunidad agrícola, puede abrir una conversación sobre prácticas de conservación. En una ciudad, puede recordar que la calidad del aire no depende únicamente de vehículos o industrias, sino también del estado físico y biológico del paisaje que rodea a la población.



Figura 3. Algunas medidas preventivas reducen la emisión de polvo desde parcelas, caminos y agostaderos. **Fuente:** elaboración propia, 2026.

PARA QUE EL SUELO SE QUEDE

La solución no está en una sola acción ni en una sola institución. Requiere coordinación entre productores, municipios, autoridades ambientales, instituciones educativas, protección civil y ciudadanía. En parcelas agrícolas, el manejo de residuos, coberturas y barreras vivas puede disminuir la exposición del suelo. En agostaderos, la carga animal adecuada y la recuperación de pastizales ayudan a conservar estructura. En zonas urbanas, la revegetación de lotes baldíos, la protección de camellones y el manejo de caminos de terracería pueden reducir fuentes cercanas de polvo.

Asimismo, la innovación no siempre debe imaginarse como una tecnología compleja. A veces, innovar consiste en mirar de otra manera lo que ya ocurre. Si Chihuahua interpreta las tormentas de polvo como indicadores de salud del paisaje, podría diseñar estrategias locales para conservar suelo, agua y biodiversidad antes de que el problema llegue al aire. En este sentido, prevenir tolvaneras no es solo una tarea ambiental; también es una forma de proteger la salud, la movilidad, la producción agropecuaria y la memoria ecológica del territorio.

El mensaje central es simple: el suelo no debería volar. Cuando permanece en su lugar, sostiene raíces, guarda humedad, alberga microorganismos y permite producir alimentos. Cuando se levanta en forma de polvo, se vuelve señal de alerta. Por eso, cada tolvanera puede convertirse en una pregunta colectiva: ¿qué parte del paisaje quedó descubierta?, ¿qué suelo está perdiendo Chihuahua?, ¿qué acciones pueden hacer que la próxima nube café sea menos intensa?

Cuidar el suelo es cuidar la superficie que hace posible la vida en un estado seco, productivo y diverso. En Chihuahua, donde el viento forma parte del paisaje, el desafío no es pelear contra él, sino construir suelos más protegidos, más vivos y más capaces de quedarse donde pertenece.

REFERENCIAS

- [1] Flores-Márgez, J. P., Jiménez-Cervantes, J. A., Hernández-Escamilla, J. A., Olivas-Enríquez, E., Osuna-Ávila, P., Shukla, M. K., González-Delgado, A., & DuBois, D. W. (2020). Fungal genus detected in soils of Chihuahuan Desert during dust storms along United States-Mexico border. *Terra Latinoamericana*, 38(4), 725–735. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.754>
- [2] Food and Agriculture Organization of the United Nations. (s. f.). Sand and dust storms. <https://www.fao.org/land-water/land/sds/es/>
- [3] Gobierno del Estado de Chihuahua. (2024, 12 de marzo). Dan seguimiento a estrategia contra la sequía previo al inicio del ciclo agrícola 2024. <https://www.chihuahua.gob.mx/prensa/dan-seguimiento-estrategia-contra-la-sequia-previo-al-inicio-del-ciclo-agricola-2024>
- [4] Gobierno del Estado de Chihuahua. (2025a, 15 de junio). Se desplaza sexta tormenta de arena sobre territorio chihuahuense. <https://chihuahua.gob.mx/prensa/se-desplaza-sexta-tormenta-de-arena-sobre-territorio-chihuahuense>
- [5] United States Environmental Protection Agency. (2025). Particulate matter (PM) basics. <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>
- [6] World Meteorological Organization. (2025, July 10). WMO highlights hotspots, health hazards and economic cost of sand and dust storms. <https://wmo.int/news/media-centre/wmo-highlights-hotspots-health-hazards-and-economic-cost-of-sand-and-dust-storms>





CÁNCER ORAL: ¿CUESTIÓN DE GENES?

Sofía Fong Varela ^[1], Gustavo Gil Bravo Reza ^[2], Emylse Rubí Alvarado Ochoa ^[2],
América Susana Mares García ^[2, 3]

[1] Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, [2] Universidad Autónoma de Chihuahua, [3] CIMAV

PALABRAS CLAVE

TLR2

Cáncer oral

Polimorfismo genético



Tu boca: la primera frontera inmunológica

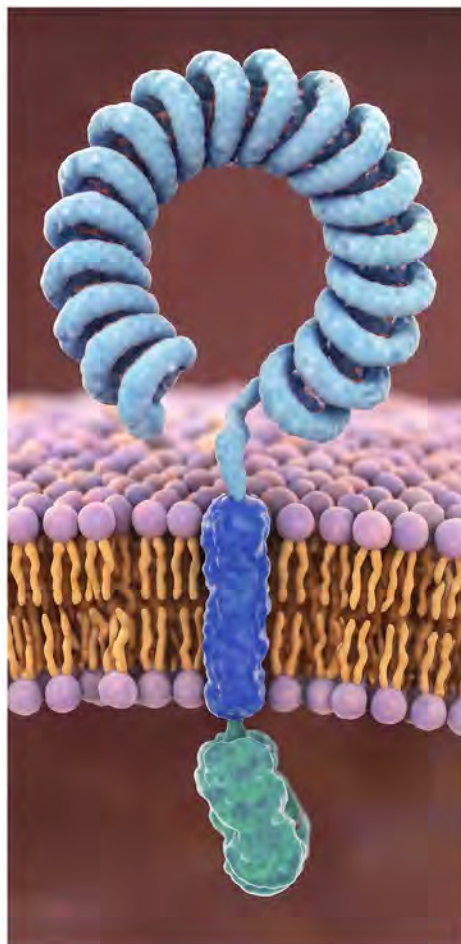
Imagina la boca como la puerta de entrada a tu organismo: el punto de control por donde entra absolutamente todo. Su trabajo va mucho más allá de triturar comida; en realidad, es el primer escenario de una batalla silenciosa. Gracias a ella podemos hablar, saboreamos y respiramos, e incluso impacta nuestra salud emocional, ya que una buena sonrisa favorece la autoestima. Sin embargo, para tus defensas internas, la boca es la aduana más transitada, vulnerable y el lugar por el cual nuestro cuerpo puede adquirir algunas enfermedades.

Un ecosistema microscópico

Cada vez que tragas saliva, pueden ingresar miles de bacterias, virus y hongos que buscan un lugar donde instalarse. De hecho, la boca alberga una de las comunidades microbianas más diversas y con potencial de enfermar del cuerpo humano. Pero, ¿cómo evita nuestro organismo que esta puerta de entrada se convierta en un completo caos? Aquí entra en escena un sistema de defensa altamente especializado.

Más allá de la barrera física que ofrece la piel interna de la boca (mucosa oral), existe una inmunidad local. Las fábricas de saliva (glándulas salivales) producen cantidades masivas de defensas naturales para protegernos. Según un estudio de Brandtzaeg (2013), estas defensas actúan como una especie de “pintura antiadherente” microscópica. Esto hace

que los microorganismos dañinos se resbalen, impidiendo que se aferren a las encías o mejillas, facilitando su expulsión. Además, la saliva es capaz de destruir las paredes de bacterias peligrosas, manteniendo así un ambiente más limpio.



El manual de instrucciones y las antenas vigilantes

Existen millones de células que trabajan en equipo para mantener nuestra inmunidad. Dentro de cada una de ellas hay una inmensa biblioteca que guarda el manual de instrucciones para construir y mantener funcionando nuestro cuerpo: el ADN. Este código biológico utiliza una combinación de cuatro componentes químicos sencillos (Adenina – A, Guanina – G, Timina – T, y Citosina – C), que se repiten en larguísimas cadenas. La forma en que se ordenan estas “letras” (nucleótidos) determina desde el color de nuestros ojos, hasta cómo reacciona nuestro cuerpo para defendernos ante una enfermedad. Cada fragmento de este manual contiene una instrucción específica a la que llamamos “gen”, y una de sus tareas es servir como molde para fabricar las herramientas y defensas que nuestras células necesitan a diario para sobrevivir y mantenerse en equilibrio.

Uno de esos genes clave se encarga de fabricar una especie de “antena vigilante”, denominada TLR2. Su trabajo es patrullar el cuerpo y activar una señal de alarma (inflamación) cuando detecta la presencia de bacterias o daños en los tejidos. No obstante, esta antena no es idéntica en todos nosotros. A veces, en el manual de instrucciones de algunas personas, una de esas letras químicas cambia por otra. A este sutil “error de imprenta” se le conoce como polimorfismo. Aunque parece algo insignificante, altera la forma o el comportamiento de la antena vigilante,

disminuyendo la intensidad de nuestras defensas y aumentando las probabilidades de tener una enfermedad.

El impacto de los errores de imprenta genéticos

Investigar cómo estos cambios genéticos afectan nuestro sistema de alerta es vital para entender enfermedades complejas como el cáncer bucal. Este padecimiento aparece cuando células de la boca dejan de comportarse normalmente: crecen sin control, no mueren cuando deberían y se esconden de las defensas. El tipo más común, el carcinoma oral de células escamosas, se presenta en el tejido interno de la boca, principalmente en las zonas laterales de la lengua.

El gen que produce a TLR2 puede tener una variación específica (el polimorfismo rs4696480), que consiste en el cambio de una Timina por una Adenina. Este error reduce la cantidad de proteína TLR2 creada, lo que implica tener una menor cantidad de antenas, haciendo que el cuerpo tarde más tiempo en detectar las amenazas, produciendo menos defensas quedando susceptible a infecciones y permitiendo que las células dañadas sobrevivan y, con el tiempo, se conviertan en cáncer. De hecho, un estudio en España encontró que las personas con esta variación tienen un riesgo casi 5 veces mayor de padecer cáncer bucal, sobre todo si son fumadores.

En conclusión, muchas condiciones de salud dependen de pequeños cambios en nuestro ADN. Identificar estas alteraciones y comprender si actúan como factores de riesgo es el punto de partida para descifrar el comportamiento de padecimientos como el cáncer bucal. Este conocimiento es clave para diseñar nuevas y mejores terapias de tratamiento, con el objetivo de ayudar a las personas a vivir más y mejor.

REFERENCIAS

- [1] Brandtzaeg P. Secretory IgA: Designed for Anti-Microbial Defense. *Front Immunol.* 2013 Aug 6;4:222. doi: 10.3389/fimmu.2013.00222. PMID: 23964273; PMCID: PMC3734371.
- [2] Carpenter GH. The secretion, components, and properties of saliva. *Annu Rev Food Sci Technol.* 2013;4:267-76. doi: 10.1146/annurev-food-030212-182700. PMID: 23464573.
- [3] Warnakulasuriya S. Living with oral cancer: epidemiology with particular reference to prevalence and life-style changes that influence survival. *Oral Oncol.* 2010 Jun;46(6):407-10. doi: 10.1016/j.oraloncology.2010.02.015. Epub 2010 Apr 18. PMID: 20403722.
- [4] Pandya PH, Murray ME, Pollok KE, Renbarger JL. The Immune System in Cancer Pathogenesis: Potential Therapeutic Approaches. *J Immunol Res.* 2016;2016:4273943. doi: 10.1155/2016/4273943. Epub 2016 Dec 26. PMID: 28116316; PMCID: PMC5220497.
- [5] de Barros Gallo C, Marichalar-Mendia X, Setien-Olarra A, Acha-Sagredo A, Bediaga NG, Gainza-Cirauqui ML, Sugaya NN, Aguirre-Urizar JM. Toll-like receptor 2 rs4696480 polymorphism and risk of oral cancer and oral potentially malignant disorder. *Arch Oral Biol.* 2017 Oct;82:109-114. doi: 10.1016/j.archoralbio.2017.06.003. Epub 2017 Jun 6. PMID: 28624699.





LOS VENENOS INVISIBLES EN CHIHUAHUA: POR QUÉ LA TOXICOLOGÍA DEBE ESTAR EN LAS AULAS

José Nicolás Lauro Aldama Meza ^[1], Edna Margarita Rico Escobar ^[1]

^[1] Universidad Autónoma de Ciudad Juárez



PALABRAS CLAVE

Toxicología

Educación

Salud

Medio ambiente

"Dosis sola facit venenum". La dosis hace la diferencia para que una cosa sea o no sea veneno. Esta célebre frase atribuida a Paracelso, padre de la toxicología y la farmacología, resuena con especial crudeza en la historia industrial y ambiental del estado de Chihuahua.

A lo largo de las últimas décadas, el avance tecnológico y la industrialización en la frontera norte han traído desarrollo, pero también un legado de contaminantes que han puesto a prueba la resiliencia de nuestras comunidades. La toxicología, definida como la rama de la ciencia que estudia los efectos adversos de las sustancias químicas, agentes físicos y biológicos en los organismos vivos [1], no se limita exclusivamente a lo químico, sino que también abarca agentes físicos como radiaciones, campos electromagnéticos y ruido [2]. Esta disciplina no es solo un ejercicio de laboratorio; es una herramienta de supervivencia y salud pública que urge integrar en la formación de nuestros profesionales.

Las cicatrices tóxicas de nuestra frontera

Para entender la importancia de esta ciencia, basta con mirar nuestro propio historial. En diciembre de 1983, la ciudad de Ciudad Juárez vivió una de las crisis radiológicas más sonadas del país: el incidente del "Yonke Fénix", donde la exposición accidental al cobalto-60, un elemento radioactivo, dejó una huella imborrable en la salud de la población.

Años antes, en la década de 1960, la contaminación generada por fundidoras de metales en diversos lugares, como en El Paso, Texas, elevó los niveles de plomo en la sangre y en el ambiente de Ciudad Juárez. La fundidora situada en Ávalos, en el estado de Chihuahua, contaminó con metales pesados a las comunidades aledañas. Estos eventos no son simples anécdotas históricas; son la prueba de que la toxicología ambiental, analítica y clínica deben trabajar de la mano para vigilar epidemiológicamente a las poblaciones expuestas y prevenir daños irreversibles [3].



El enemigo silencioso: De lo agudo a lo crónico

Cuando pensamos en un "veneno", solemos imaginar un accidente repentino. Sin embargo, el verdadero desafío actual en Chihuahua y el mundo son las exposiciones crónicas, las cuales se desarrollan a lo largo de tiempos prolongados; la ingestión de agua con metales pesados, la inhalación de partículas de zonas industriales o el consumo de alimentos contaminados actúan como disruptores endocrinos y neurotoxinas, los cuales no manifiestan sus efectos dañinos de manera inmediata. El plomo, por ejemplo, es uno de los metales más estudiados. A nivel molecular, altera las proteínas transportadoras y se une al ADN, provocando desde déficits cognitivos en niños hasta problemas reproductivos y cardiovasculares en adultos [4, 5].

Aquí surge un problema grave: el llamado "sesgo diagnóstico". Si un médico en Chihuahua no tiene formación en toxicología, es probable que, ante un paciente con fatiga crónica, alteraciones neurológicas o problemas reproductivos, piense en una infección viral o bacteriana. Rara vez sospechará que la causa raíz es un xenobiótico, que es una sustancia química ajena al cuerpo o a los seres vivos, acumulándose en su organismo tras largos años de exposición ambiental o laboral.

La urgencia de una Currícula Multidisciplinaria

La toxicología es una ciencia intrínsecamente multidisciplinaria. Sin embargo, existe un preocupante vacío formativo en las universidades mexicanas debido a que Médicos y Enfermeros necesitan conocer la toxicología clínica para identificar toxíndromes es decir, identificar los síntomas y signos que causan los tóxicos, aplicar terapias antidotales y salvar vidas en urgencias toxicológicas.

Químicos y Biólogos deben comprender y usar herramientas de la toxicología ambiental y analítica para monitorear ecosistemas, evaluar la calidad del agua y el suelo, y entender el impacto de los disruptores endocrinos en la fauna silvestre.

Como señala la literatura especializada, la enseñanza de la toxicología en las ciencias biosanitarias del siglo XXI es vital para comprender cómo la contaminación se ha convertido en un problema central de Salud Pública [6]. Por ello, es imperativo incluir y fomentar el estudio de esta ciencia que, etimológicamente, como bien apunta la Real Academia Española, significa “estudio de los venenos” [9]; y sus diversas ramas en la currícula de las formaciones universitarias [7, 8], hoy más que nunca, debemos saber estudiarlos para poder neutralizarlos.

¿Por qué es crucial educar en toxicología?

La inclusión obligatoria y transversal de la toxicología en las carreras de ciencias de la salud, químicas y biológicas no es un capricho académico, es una necesidad de supervivencia. Sus beneficios se dividen en dos grandes esferas:

1. Beneficio para la Sociedad y en Salud Pública

Diagnóstico Oportuno: Permite a los profesionales de la salud identificar enfermedades crónico-degenerativas, cánceres o alteraciones metabólicas derivadas de la exposición a contaminantes, evitando tratamientos erróneos.

Protección de Grupos Vulnerables: Ayuda a diseñar políticas públicas para proteger a niños, mujeres embarazadas y trabajadores industriales, cuyas exposiciones a metales pesados y disruptores endocrinos pueden cruzar la barrera placentaria o afectar el desarrollo neurológico.

Prevención y Cultura de la Salud: Un profesional capacitado no solo trata al paciente, sino que educa a la comunidad sobre los riesgos de su entorno inmediato (agua, suelo, aire, alimentos), empoderando a la sociedad para exigir entornos más seguros.

Respuesta ante Desastres: Prepara a los equipos de salud para actuar de manera rápida, interdisciplinaria y eficaz ante derrames industriales o accidentes con materiales peligrosos, minimizando la mortalidad y las secuelas.

2. Beneficio para el Medio Ambiente

Conservación de Ecosistemas: A través de la ecotoxicología y el biomonitorio, los biólogos y químicos pueden evaluar la integridad de nuestros ríos, suelos y cadenas tróficas, protegiendo no solo a la fauna (como las abejas polinizadoras o la vida acuática), sino asegurando la disponibilidad de recursos naturales a largo plazo.

Desarrollo Sustentable: Fomenta que los futuros químicos e ingenieros diseñen procesos industriales y agrícolas que minimicen la liberación de xenobióticos al medio ambiente, entendiendo que la salud del ecosistema es un reflejo directo de la salud humana, utilizando el concepto de One Health o Una Sola Salud de la Organización de las Naciones Unidas.

Evaluación de Riesgos Realista: Permite a las autoridades gubernamentales y ambientales pasar de la teoría a la práctica, realizando evaluaciones de riesgo basadas en evidencia científica local (como las necesarias en las zonas prioritarias con problemas medioambientales de Chihuahua) para impulsar remediaciones ambientales efectivas.

En un estado con una rica pero compleja historia industrial como Chihuahua, ignorar la toxicología es cerrar los ojos ante los retos del siglo XXI. Educar en esta ciencia es, en esencia, enseñar a la sociedad a defender su derecho a un ambiente sano y a una vida libre de venenos invisibles.

REFERENCIAS

- [1] Klaassen, C. D. & Watkins, J. B. Casarett & Doull's (2019) Essentials of Toxicology 3rd Ed. McGraw-Hill Education
- [2] Repetto, G., Del Peso, A. & Repetto, M. (2008) La regulación de la protección frente al riesgo por agentes físicos. Revista de Toxicología 25, 12–21 .
- [3] Flores-Ramirez, R. et al. (2012) Exposición infantil al plomo en sitios contaminados. Salud Pública de México 54
- [4] Gonick, H. C. (2011) Lead-Binding Proteins: A Review. Journal of Toxicology
- [5] Organización Mundial de la Salud (2022). Prevención de las enfermedades mediante la eliminación de los peligros ambientales
- [6] Jerez, A. H. (2002) La enseñanza de la toxicología en las ciencias biosanitarias del siglo XXI. Revista de Toxicología 19, 23–28
- [7] Santiyán, M. M. (2010) La enseñanza de la Toxicología en los estudios de pregrado y postgrado en la Universidad de Extremadura. Revista de Toxicología 27, 27–31
- [8] ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2005) Toxicology Curriculum for Communities Trainer's Manual. Module One Introduction to Toxicology
- [9] Real Academia Española. Diccionario de la lengua española (2024)



IMPACTO DEL COVID-19 EN EL CONTROL DE LA DIABETES, LA SOMBRA METABÓLICA DE LA PANDEMIA

Iván Joel Calderón Araujo ^[1], José Nicolás Lauro Aldama Meza ^[1]

^[1] Universidad Autónoma de Ciudad Juárez



RESUMEN

El virus SARS-CoV-2, causante del COVID-19, no solo provocó una crisis respiratoria global, sino que exacerbó las vulnerabilidades de las enfermedades crónico-degenerativas [1]. La diabetes mellitus tipo 2 (DM2) se consolidó como una de las comorbilidades más frecuentes y letales, asociada a un estado inflamatorio crónico que favorece respuestas inmunes desreguladas y complicaciones severas ante la infección viral [2,3].

PALABRAS CLAVE

COVID-19

Diabetes

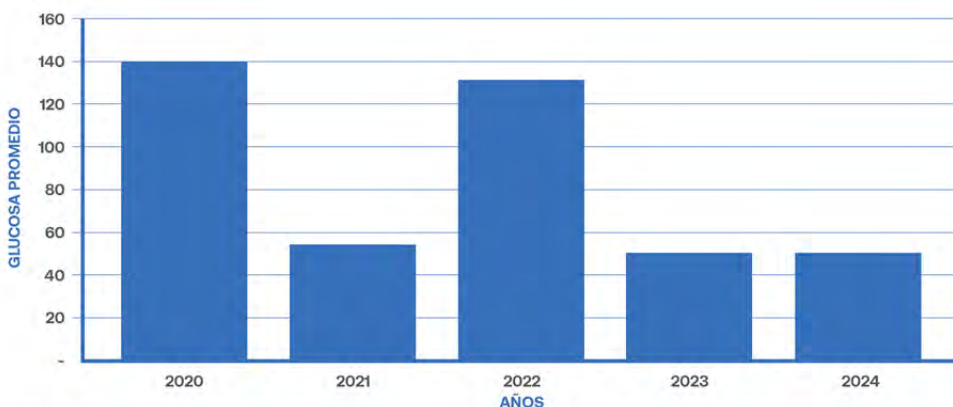
Apego al tratamiento



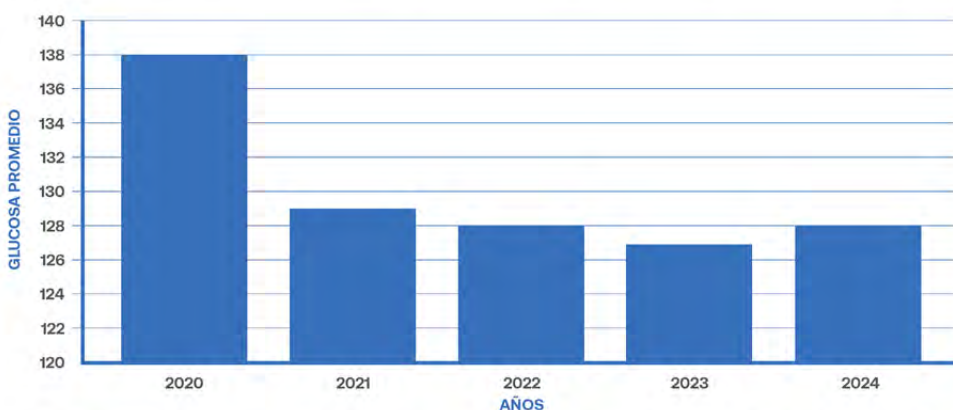
La Realidad Clínica como origen de los datos

Un estudio comparativo reciente realizado en clínicas del poniente de Ciudad Juárez [4] reveló una realidad alarmante: en 2020, el promedio de glucosa basal en pacientes diabéticos alcanzó los 141 mg/dL, superando ampliamente el rango óptimo de 80 a 130 mg/dL recomendado en las guías clínicas. Este valor, que evidencia un control glucémico insuficiente según las guías de práctica clínica [5], coincide con hallazgos que señalan que las restricciones de movilidad y la interrupción de tratamientos deterioraron severamente el control metabólico durante los picos de la pandemia [6, 7]. Afortunadamente, la tendencia no fue estática. Hacia el año 2023, los promedios descendieron a 126 mg/dL. La percepción del riesgo y el aislamiento social jugaron un papel crucial, generando respuestas emocionales negativas y estrategias de afrontamiento pasivas que alejaron a los pacientes de su autocuidado [8, 9].

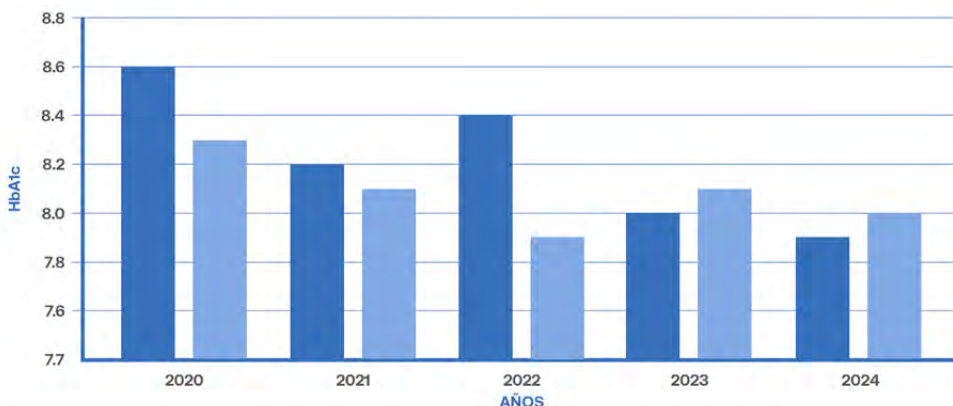
En las siguientes gráficas se describen los resultados obtenidos de valores promedio de glucosa y hemoglobina glicosilada ((HbA1c) por año en ambos sexos.



Promedio general de glucosa basal en pacientes masculinos a lo largo de los años 2020 a 2024.



Promedio general de glucosa basal en pacientes femeninos a lo largo de los años 2020 a 2024.



Promedio de hemoglobina glicosilada ((HbA1c) por año en pacientes femeninos y masculinos de los años 2020 a 2024.

El impacto de la pandemia no fue homogéneo, como es resaltado por Bellido y Pérez [10]. Los datos analizados en este trabajo muestran que los hombres presentaron valores de hemoglobina glicosilada (HbA1c) consistentemente más altos que las mujeres entre 2023 y 2024, pero en los años 2020 y 2022 fue más alto en mujeres, coincidiendo con los picos pandémicos [4]). Esta disparidad sugiere una menor adherencia al tratamiento influenciada por las circunstancias económicas y sociales durante la pandemia, sumada a factores fisiopatológicos como la mayor resistencia a la insulina derivada de la acumulación de grasa visceral en los hombres [11].

Relacionado con esto, el grupo de edad entre 50 a 60 años fue el más afectado, un fenómeno agravado por el estrés, la depresión y la transición forzada a consultas virtuales que limitaron el seguimiento presencial, provocando una inercia terapéutica donde los tratamientos no se ajustaron oportunamente ante la hiperglucemia sostenida [12].

Sin embargo, es necesario contextualizar la representatividad de estos hallazgos para su aplicación en políticas públicas. La muestra del estudio de Calderón Araujo se limita a pacientes que acudieron a clínicas en el poniente de Ciudad Juárez, una zona de alta densidad industrial y urbana. Si bien estos datos son altamente representativos para la población trabajadora, maquiladora y derechohabiente de esta frontera, no pueden generalizarse de manera directa a las zonas rurales o serranas del estado de Chihuahua. En regiones alejadas, los determinantes sociales, la prevalencia de diabetes no diagnosticada y el acceso a la seguridad social presentan dinámicas y barreras geográficas distintas [13].

Propuestas para la mejora de la salud en Chihuahua

Ante este panorama, y con el fin de salvaguardar a la población chihuahuense ante futuras crisis sanitarias, es imperativo implementar estrategias basadas en evidencia científica:

1. Ajuste y personalización del tratamiento: Los médicos deben ajustar los tratamientos antidiabéticos considerando la condición del paciente y el entorno de atención, priorizando la seguridad y el control estricto de los niveles de glucosa frente a amenazas infecciosas [14].

2. Fomento de la adherencia farmacológica: Dado que pequeños incrementos en la adherencia a medicamentos como la metformina pueden reducir significativamente la mortalidad asociada al COVID-19 [15], las instituciones de salud en Chihuahua deben garantizar el acceso continuo a los fármacos y establecer programas de seguimiento para evitar la "purga" o abandono del tratamiento.

3. Atención integral post-infección: El manejo de la diabetes debe ser riguroso antes, durante y después de cualquier infección aguda. Mantener el control glucémico no solo reduce la gravedad de la infección viral, sino que previene la aparición de eventos cardiovasculares adversos y complicaciones renales a largo plazo [16, 17].

4. Telemedicina como pilar preventivo: Para mitigar el efecto de la inercia terapéutica y las barreras de movilidad, el sistema de salud estatal debe consolidar plataformas de telemedicina que permitan el monitoreo remoto de la HbA1c y la glucosa basal, asegurando que los ajustes terapéuticos se

realicen de manera oportuna sin depender exclusivamente de la consulta presencial [12, 18].

Estrategias para el futuro

Garantizar el acceso a los servicios de salud y motivar cambios en el estilo de vida de los pacientes son pasos ineludibles para que el sistema de salud en Chihuahua esté mejor preparado ante los retos de las enfermedades crónicas en un mundo pospandémico.

Es imperativo diseñar estrategias que no solo se enfoquen en el tratamiento farmacológico, sino que aborden los factores psicológicos y sociales. Mejorar la adherencia a medicamentos como la metformina, por ejemplo, puede reducir significativamente la mortalidad post-infección [15]. Asimismo, comprender cómo los pacientes afrontan el riesgo y el estrés durante las crisis es vital para evitar que el miedo o la negación interfiera en su control metabólico [8, 9].

En última instancia, garantizar el acceso a los servicios de salud y motivar cambios sostenibles en el estilo de vida son los pilares para construir un sistema de salud resiliente, capaz de proteger a su población más vulnerable ante las tormentas sanitarias del mañana.

CONCLUSIÓN: El apego al tratamiento como pilar de vida

El estudio de las clínicas de Ciudad Juárez nos deja una lección que trasciende las fronteras de la pandemia. Las enfermedades crónicas no se detienen ante una emergencia de salud pública; de hecho, son las primeras en cobrar factura cuando los sistemas de salud colapsan o cuando las rutinas personales se rompen.

El apego al tratamiento no se limita a tomar pastillas o aplicarse insulina. Es un concepto integral que abarca:

La constancia médica: No saltarse los controles, ya sean presenciales o virtuales.

El autocuidado activo: Mantener la actividad física y una alimentación adecuada, incluso en tiempos de estrés.

La salud mental: Reconocer que la ansiedad y el estrés impactan directamente en el metabolismo y buscar herramientas para gestionarlos.

En la diabetes, el apego al tratamiento no es solo una indicación médica; es la diferencia entre vivir con calidad de vida y enfrentar complicaciones irreversibles.



REFERENCIAS

- [1] Ruiz-Bravo, A., & Jiménez-Valera, M. (2020). SARS-CoV-2 and acute respiratory syndrome pandemic (COVID-19). *Ars Pharmaceutica*, 61(2), 63–79
- [2] Ángeles Correa MG, Villarreal Ríos E, Galicia Rodríguez L, Vargas Daza ER, Frontana Vázquez G, Monrroy Amaro SJ et al. Enfermedades crónicas degenerativas como factor de riesgo de letalidad por COVID-19. *Rev Panam Salud Publica*. 2022;46:e40. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2022.40>
- [3] Monserrat Sanz, J., Gómez Lahoz, A. M., & Oliva Martín, R. (2021). Papel del sistema inmune en la infección por el SARS-CoV-2: Inmunopatología de la COVID-19. *Medicine*, 13(33), 1917-1931
- [4] Calderón Araujo, I. J. (2024). Estudio comparativo en pacientes con diabetes mellitus tipo II, durante y postpandemia COVID-19. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
- [5] Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). (2020). *Guía de Práctica Clínica: Diagnóstico y Tratamiento de la Diabetes Mellitus Tipo 2 en el Primer Nivel de Atención
- [6] Gajate Martín, J., Villoch Salgueiro, L., Fernández Manchado, E., García Garaboa, A. M., Gajate García, A., & Reina Moreno, P. (2023). Impacto de la pandemia de COVID-19 en el control glucémico de pacientes diabéticos tipo 2 en un centro de salud urbano. *Medicina General y de Familia* 12(4), 149-153
- [7] Riveros, D., Ortiz-Cabezas, A., Canela-Soler, J., Monleón-Getino, A., & Ayala-Aldana, N. (2023). Hemoglobina glicosilada en población diabética en periodo de pandemia covid-19 en un centro de atención primaria. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 281–295
- [8] Alcántara-Garcés MT, Rodríguez-Ramírez AM, García-Ulloa AC, García-Alanis M, Martínez-Reyes GN, Del Moral Vidal LP, et al. (2024) Coping and risk perception during the COVID-19 pandemic in type 2 diabetes: Does it influence metabolic control? *PLOS Glob Public Health* 4(2): e0002793. <https://doi.org/10.1371/journal.pgph.0002793>
- [9] Valero, N., Velez, M., Duran, A., & Torres, M. (2020). Afrontamiento del COVID-19: estrés, miedo, ansiedad y depresión. *Enfermería Investiga* 5(3), 63–70
- [10] Bellido Castañeda, Virginia & Pérez, Antonio. (2021). COVID-19 and Diabetes. *Journal of Clinical Medicine*. 10. 5341. 10.3390/jcm10225341.
- [11] Inzunza-Cervantes, G., López-López, R. M., Ornelas-Aguirre, J. M., Flores-Montes, G. V., Ponce-Peraza, M. A., & Peña-Valenzuela, A. N. (2021). Hiperglucemia intrahospitalaria durante la COVID-19 en pacientes sin diagnóstico previo de diabetes: reporte de tres casos. *Revista Mexicana de Endocrinología, Metabolismo y Nutrición*, 8(3).
- [12] Hooker, S. A., Truitt, A., Anderson, J. P., Kane, S., O'Connor, P. J., & Sperl-Hillen, J. A. M. (2022). Impact of the COVID-19 Pandemic on Type 2 Diabetes Care Delivery. *Clinical Diabetes**, 40(4), 442–448.
- [13] Basto-Abreu, A., Barrientos-Gutiérrez, T., Rojas-Martínez, R., Aguilar-Salinas, C. A., López-Olmedo, N., De la Cruz-Góngora, V., Rivera-Dommarco, J., Shamah-Levy, T., Romero-Martínez, M., Barquera, S., López-Ridaura, R., Hernández-Ávila, M., & Villalpando, S. (2020). Prevalencia de diabetes y descontrol glucémico en México: resultados de la Ensanut 2016. *Salud Pública de México*, 62(1), 50-59.
- [14] Torres G., M., & González D., A. (2020). COVID-19 y diabetes. Retos, implicaciones y manejo durante la pandemia. *Revista Colombiana de Cardiología*, 27(4), 255-261.
- [15] Qiu, S., Hubbard, A. E., Gutiérrez, J. P., Pimpale, G., Juárez-Flores, A., Ghosh, R., Ascencio-Montiel, I. de J., & Bertozzi, S. M. (2024). Estimating the effect of realistic improvements of metformin adherence on COVID-19 mortality using targeted machine learning. *Global Epidemiology*, 7, 100142. <https://doi.org/10.1016/j.gloepi.2024.100142>
- [16] Czubryniak, L., Dicker, D., Lehmann, R., Prázný, M., & Scherthaner, G. (2021). The management of type 2 diabetes before, during and after Covid-19 infection: what is the evidence? *Cardiovascular Diabetology*, 20(1), 1–11.
- [17] Paz-Ibarra J. Manejo de la diabetes mellitus en tiempos de COVID-19. *Acta Med Peru*. 2020;37(2):176-85. <https://doi.org/10.35663/amp.2020.372.962>
- [18] Alonso N, Batule S. COVID-19 and diabetes mellitus. Importance of glycemic control. *Clin Investig Arterioscler*. 2021 May-Jun;33(3) 148-150. doi:10.1016/j.arteri.2021.05.001. PMID: 34074468; PMCID: PMC8164103



PLANTAS QUE CURAN EL SUELO DE CHIHUAHUA

Carmen Alejandra Méndez Hurtado ^[1], Guillermo Alberto Barraza Garza ^[1],
Raymundo Rivas Caceres ^[1],

^[1] Universidad Autónoma de Ciudad Juárez



El problema oculto bajo nuestros pies

Debajo de muchos suelos de Chihuahua existe un problema que no siempre puede observarse a simple vista. Décadas de actividad minera, industrial y agrícola han dejado residuos que contienen metales pesados, sustancias capaces de permanecer durante años o incluso décadas en el ambiente. Aunque estos elementos forman parte natural de la corteza terrestre, las actividades humanas han incrementado considerablemente su presencia en suelos y cuerpos de agua, generando riesgos para los ecosistemas y la salud humana [1,3].

Entre los contaminantes más preocupantes y de mayor importancia se encuentran el cadmio (Cd), plomo (Pb), arsénico (As), mercurio (Hg) y cromo (Cr), elementos que no pueden degradarse fácilmente mediante procesos biológicos naturales. Como consecuencia, tienden a acumularse en el suelo, el agua y los organismos vivos, afectando la biodiversidad, disminuyendo la fertilidad de los suelos y reduciendo la productividad agrícola [1,3].

En Chihuahua, esta problemática adquiere una relevancia especial debido a la presencia histórica de actividades mineras y metalúrgicas. Municipios como Hidalgo del Parral y Santa Bárbara albergan numerosos depósitos de jales mineros que contienen concentraciones elevadas de metales potencialmente tóxicos, como Pb, Zn, Cu, Cd y As. Aunque estas actividades han representado un importante motor económico para la región, también han generado pasivos ambientales cuya dispersión por acción del viento y el agua ha provocado la contaminación de suelos y sedimentos, representando un riesgo para la conservación de los ecosistemas y la salud de las comunidades cercanas (figura 1) [5].



Figura 1. Regiones de Chihuahua con antecedentes de actividad minera y presencia potencial de residuos mineros que contienen metales pesados. **Fuente:** Elaboración propia con base en [3,5,9].

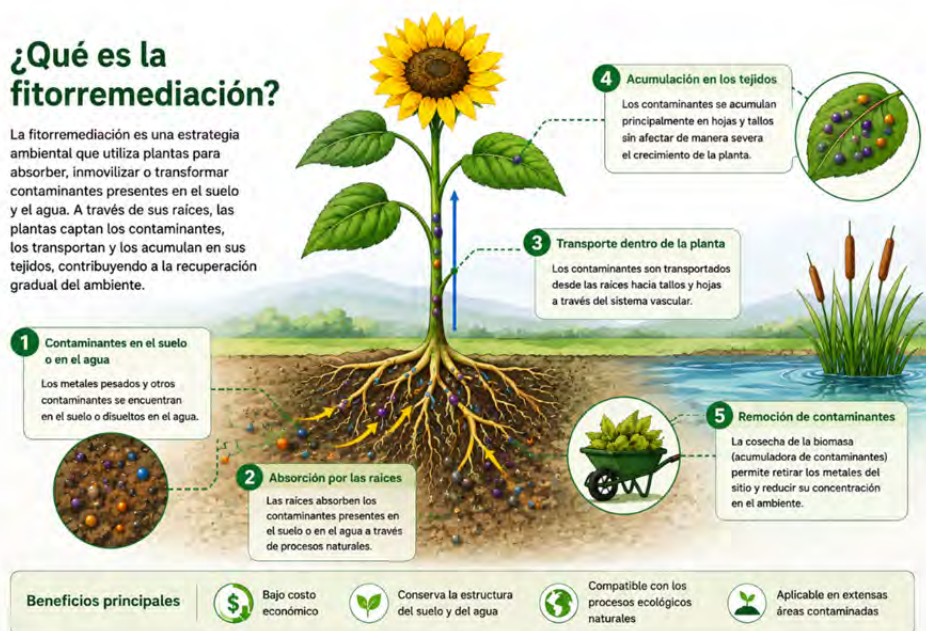


Las condiciones áridas y semiáridas que caracterizan gran parte del territorio chihuahuense complican aún más la recuperación natural de estos sitios. La escasez de agua, la erosión y la lenta regeneración de la vegetación hacen necesario buscar alternativas sustentables que permitan restaurar los ecosistemas afectados. Diversos estudios realizados en regiones áridas y semiáridas han señalado que los procesos convencionales de remediación suelen presentar limitaciones económicas y ambientales, lo que ha impulsado la búsqueda de tecnologías biológicas más sostenibles [3,9].

Frente a este panorama surge una pregunta interesante: ¿Pueden las plantas convertirse en aliadas para limpiar ambientes contaminados? La respuesta es sí. Algunas especies vegetales poseen mecanismos fisiológicos que les permiten absorber, inmovilizar o transformar contaminantes presentes en el suelo y el agua. Esta capacidad ha dado origen a una estrategia ambiental conocida como fitorremediación, considerada actualmente una de las alternativas más prometedoras para la recuperación ecológica de sitios contaminados [1,7,12].

¿Qué es la fitorremediación?

La fitorremediación es una estrategia ambiental que utiliza plantas para absorber, inmovilizar o transformar contaminantes presentes en el suelo y el agua. A través de sus raíces, las plantas captan los contaminantes, los transportan y los acumulan en sus tejidos, contribuyendo a la recuperación gradual del ambiente.



¿Cómo funciona este proceso? La fitorremediación aprovecha la capacidad natural de determinadas plantas para absorber, inmovilizar o transformar contaminantes presentes en el ambiente (Figura 2) [7,12].

Figura 2. Representación simplificada del proceso de fitorremediación mediante la absorción de contaminantes por las raíces y su acumulación en los tejidos vegetales.

Fuente: Elaboración propia con base en [3,5,9].

A diferencia de muchas tecnologías convencionales de descontaminación, que suelen requerir excavaciones, maquinaria especializada y elevados costos económicos, la fitorremediación utiliza organismos vivos capaces de actuar directamente sobre los sitios afectados. Además de representar una alternativa más económica, contribuye a conservar la estructura del suelo y favorece la recuperación gradual de los ecosistemas [12,14].

Algunas especies vegetales poseen mecanismos fisiológicos que les permiten tolerar concentraciones elevadas de contaminantes. Estas plantas pueden absorber metales pesados a través de sus raíces, almacenarlos en sus tejidos o impedir que se dispersen hacia otros componentes del ambiente.

Las ventajas de esta estrategia incluyen su bajo costo, su compatibilidad con los procesos ecológicos naturales y su capacidad para aplicarse en extensas superficies contaminadas. Sin embargo, también presenta limitaciones, ya que la descontaminación suele ser más lenta que la obtenida mediante métodos fisicoquímicos y depende del crecimiento de las plantas, así como de las condiciones ambientales [12,14].

Los héroes verdes de Chihuahua

Diversas especies vegetales han demostrado una notable capacidad para participar en procesos de recuperación ambiental.



Helianthus annuus
(Girasol)

Planta conocida por su rápida biomasa y alta capacidad para absorber metales pesados como Pb, Cd y As.



Typha latifolia
(Tule)

Planta acuática ampliamente distribuida en humedales, eficaz en la rizofiltración de metales pesados presentes en agua.



Agave lechuguilla
(Lechuguilla)

Especie nativa del desierto chihuahuense, tolerante a condiciones áridas y con potencial para absorber metales pesados del suelo.



Figura 2. Representación ilustrativa de algunas especies vegetales utilizadas en procesos de fitorremediación y restauración ambiental. **Fuente:** Ilustración elaborada por los autores con apoyo de inteligencia artificial, a partir de las características morfológicas descritas en la literatura científica [2,6,8;10,11,13].

Uno de los ejemplos más conocidos es el girasol (*Helianthus annuus*). Además de sus llamativas flores amarillas, esta especie presenta un rápido crecimiento y una elevada producción de biomasa. Diversos estudios han demostrado su capacidad para absorber cadmio, plomo y zinc, acumulándolos en raíces y tejidos vegetales [2].

Otra especie ampliamente estudiada es la mostaza india (*Brassica juncea*), considerada una de las plantas hiperacumuladoras más eficientes. Su capacidad para absorber plomo, cobre, níquel y cadmio, junto con su rápida producción de biomasa, la convierte en una herramienta valiosa para la recuperación de suelos contaminados [8].

Entre las plantas más sorprendentes se encuentra *Noccaea caerulescens* (anteriormente conocida como *Thlaspi caerulescens*), capaz de acumular concentraciones extraordinarias de zinc y cadmio sin presentar daños severos. Esta especie ha sido utilizada como organismo modelo para comprender los mecanismos de hiperacumulación de metales pesados [13].

El maíz (*Zea mays*), uno de los cultivos más importantes del mundo, también ha mostrado potencial para absorber contaminantes presentes en suelos agrícolas afectados por plomo y cadmio [11].

En ambientes acuáticos destaca *Typha latifolia*, conocida como tule o espadaña. Esta macrófita es ampliamente utilizada en humedales artificiales debido a su capacidad para remover nutrientes y metales pesados presentes en cuerpos de agua contaminados [6].

Sin embargo, para Chihuahua existe una especie particularmente interesante: *Agave lechuguilla*. Esta planta emblemática del Desierto Chihuahuense ha demostrado tolerancia al cadmio y presenta características fisiológicas que le permiten sobrevivir en ambientes áridos y degradados. Su potencial para futuros programas de restauración ecológica resulta especialmente atractivo debido a su adaptación natural a las condiciones ambientales del norte de México [10].

Cuadro 1. Principales especies vegetales con potencial fitorremediador utilizadas en la remoción de metales pesados, indicando los principales contaminantes que pueden remover y sus principales características fitorremediadoras.

	Especie	Contaminantes principales	Características fitorremediadoras	Referencia
	<i>Helianthus annuus</i> (girasol)	Cd, Pb y Zn	Presenta rápido crecimiento y alta producción de biomasa. Tiene capacidad para acumular metales en raíces y tejidos vegetales, además de tolerancia al estrés oxidativo mediante enzimas antioxidantes y fitoquelatinas.	[2]
	<i>Brassica juncea</i> (mostaza india)	Cd, Cu, Ni y Pb	Es considerada una especie hiperacumuladora con elevada eficiencia de absorción y alta producción de biomasa aérea.	[8]
	<i>Thlaspi caerulescens</i>	Cd y Zn	Puede acumular altas concentraciones de metales en tejidos foliares sin presentar toxicidad severa. Posee mecanismos especializados de transporte intracelular y almacenamiento vacuolar.	[13]
	<i>Zea mays</i> (maíz)	Cd y Pb	Su sistema radical profundo y elevada biomasa favorecen la absorción y remoción de contaminantes en suelos agrícolas contaminados.	[11]
	<i>Typha latifolia</i>	Cd, Cu, Pb y Zn	Macrófita acuática utilizada en humedales artificiales. Su sistema rizomatoso favorece la absorción de contaminantes en cuerpos de agua.	[6]
	<i>Agave lechuguilla</i>	Cd	Especie nativa del Desierto Chihuahuense con capacidad de tolerancia al cadmio en semillas y plántulas. Presenta respuestas fisiológicas y anatómicas asociadas a la adaptación en ambientes contaminados con metales pesados.	[10]



¿Cómo limpian el ambiente?

Las plantas emplean diferentes estrategias para contribuir a la recuperación ambiental. Una de ellas es la fitoextracción, mediante la cual las raíces absorben los contaminantes presentes en el suelo y los transportan hacia hojas y tallos, donde quedan almacenados. Posteriormente, la biomasa vegetal puede retirarse para eliminar parte de los contaminantes del sitio [1,14].

Otra estrategia es la rizofiltración, utilizada principalmente en ambientes acuáticos. En este caso, las raíces actúan como filtros biológicos capaces de absorber o retener contaminantes presentes en el agua [4,12].

La fitostabilización representa un mecanismo diferente. En lugar de remover los contaminantes, las plantas reducen su movilidad y evitan que se dispersen hacia cuerpos de agua, organismos vivos o partículas transportadas por el viento. Este proceso resulta particularmente útil en zonas mineras y depósitos de jales, donde la remoción completa de los contaminantes no siempre es posible [1,9].

Un futuro más verde para el estado

La contaminación por metales pesados continuará representando uno de los principales desafíos ambientales para Chihuahua durante las próximas décadas. La presencia histórica de actividades mineras e industriales, sumada a las características áridas y semiáridas de gran parte del territorio estatal, hace necesaria la implementación de estrategias sustentables para la recuperación de ecosistemas degradados [3,5].

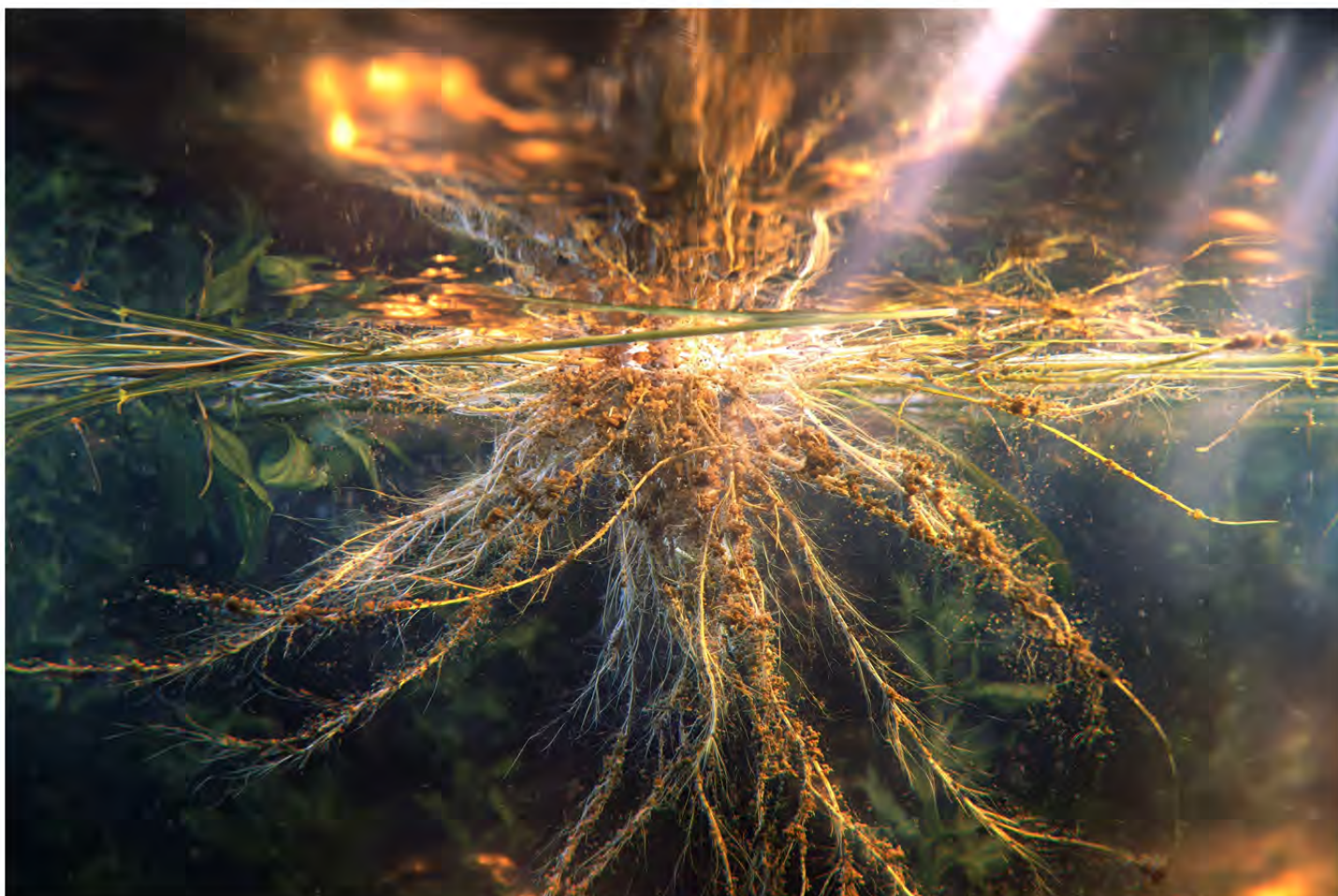
Las investigaciones desarrolladas en diferentes regiones del

mundo han demostrado que diversas especies vegetales poseen la capacidad de absorber, acumular o inmovilizar contaminantes presentes en suelos y cuerpos de agua, contribuyendo a reducir los riesgos ambientales asociados a los metales pesados [1,12]. Asimismo, el uso de plantas adaptadas a condiciones extremas representa una alternativa especialmente atractiva para regiones áridas como Chihuahua, donde la disponibilidad de agua y las condiciones climáticas limitan la aplicación de otras tecnologías de remediación [9].

La combinación de biodiversidad vegetal, conocimiento científico y tecnologías ambientales abre nuevas oportunidades para restaurar sitios contaminados sin generar impactos adicionales sobre el ambiente. En particular, especies nativas como *Agave lechuguilla* podrían desempeñar un papel importante en futuros programas de restauración ecológica, debido a su adaptación natural al Desierto Chihuahuense y a su capacidad para tolerar la presencia de metales pesados [10].

Aunque aún existen desafíos relacionados con la velocidad de remediación, la profundidad de acción de las raíces y la magnitud de la contaminación presente en algunos sitios, la evidencia científica demuestra que la fitorremediación constituye una herramienta viable y ambientalmente responsable para complementar otras estrategias de recuperación ecológica [1,7].

Quizá algunas de las soluciones para recuperar los suelos y cuerpos de agua contaminados de Chihuahua ya se encuentran creciendo silenciosamente en nuestros campos, desiertos y humedales. Conocer, conservar y aprovechar el potencial de estas especies permitirá avanzar hacia un futuro más limpio, saludable y sostenible para las próximas generaciones.





REFERENCIAS

- [1] Ali, H., Khan, E., & Sajad, M. A. (2013). Phytoremediation of heavy metals—Concepts and applications. *Chemosphere*, 91(7), 869–881. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.01.075>
- [2] Clemente Huachen, J. P., Medina Contreras, J., Laura Pfuño, J. D., Pariona Aguilar, L. A., & Gutiérrez Vilchez, P. P. (2021). Fitorremediación en suelos contaminados con Cd usando girasol (*Helianthus annuus* L. var. Sunbright). *Acta Agronómica*, 70(2), 163–172. <https://doi.org/10.15446/acag.v70n2.94208>
- [3] Covarrubias, S. A., & Cabriales, J. J. P. (2017). Contaminación ambiental por metales pesados en México: Problemática y estrategias de fitorremediación. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(Especial), 7–21. <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.esp01.01>
- [4] Dushenkov, V., Kumar, P. B. A. N., Motto, H., & Raskin, I. (1995). Rhizofiltration: The use of plants to remove heavy metals from aqueous streams. *Environmental Science & Technology*, 29(5), 1239–1245. <https://doi.org/10.1021/es00005a015>
- [5] Gutiérrez-Ruiz, M. E., Romero, F. M., González-Hernández, G., & McLane, R. W. (2007). Suelos y sedimentos afectados por la dispersión de jales mineros en la región de Santa Bárbara, Chihuahua, México. *Terra Latinoamericana*, 25(2), 179–193.
- [6] Kumari, M., & Tripathi, B. D. (2015). Efficiency of *Phragmites australis* and *Typha latifolia* for heavy metal removal from wastewater. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 112, 80–86. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.10.034>
- [7] Mahar, A., Wang, P., Ali, A., Awasthi, M. K., Lahori, A. H., Wang, Q., Li, R., & Zhang, Z. (2016). Challenges and opportunities in the phytoremediation of heavy metals contaminated soils: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 126, 111–121. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.12.023>
- [8] Małecka, A., Konkolewska, A., Hanć, A., et al. (2021). Activation of antioxidative and detoxificative systems in *Brassica juncea* L. plants against the toxicity of heavy metals. *Scientific Reports*, 11, 22345. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-01827-w>
- [9] Mendez, M. O., & Maier, R. M. (2008). Phytostabilization of mine tailings in arid and semiarid environments—An emerging remediation technology. *Environmental Health Perspectives*, 116(3), 278–283. <https://doi.org/10.1289/ehp.10608>
- [10] Méndez-Hurtado, A., Rangel-Méndez, R., Yáñez-Espinosa, L., & Flores, J. (2013). Tolerance to cadmium of *Agave lechuguilla* (Agavaceae) seeds and seedlings from sites contaminated with heavy metals. *The Scientific World Journal*, 2013, 167834. <https://doi.org/10.1155/2013/167834>
- [11] Mojiri, A. (2011). The potential of corn (*Zea mays*) for phytoremediation of soil contaminated with cadmium and lead. *Journal of Biological and Environmental Sciences*, 5(13), 17–22.
- [12] Pilon-Smits, E. (2005). Phytoremediation. *Annual Review of Plant Biology*, 56, 15–39. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.56.032604.144214>
- [13] Robinson, B. H., Brooks, R. R., Howes, A. W., Kirkman, J. H., & Gregg, P. E. H. (1998). The potential of the high-biomass herb *Thlaspi caerulescens* for phytoremediation of contaminated soils. *Plant and Soil*, 203, 47–56.
- [14] Salt, D. E., Smith, R. D., & Raskin, I. (1998). Phytoremediation. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 49, 643–668. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.49.1.643>



CUANDO UNA NUBE SE CONVIERTE EN TECNOLOGÍA

Patricia Amézaga Madrid ^[1], Diana Aracely Vázquez Vargas ^[1], Pedro Pizá Ruiz ^[1]

^[1] CIMAV



En Chihuahua convivimos diariamente con algunos de los mayores desafíos ambientales de México. La escasez de agua obliga a aprovechar al máximo cada litro disponible, mientras que en diversas regiones del estado los acuíferos presentan concentraciones naturales de arsénico y flúor que requieren tratamientos especializados antes de que el agua pueda consumirse con seguridad. Al mismo tiempo, vivimos en una de las zonas con mayor radiación solar del país, un recurso energético extraordinario que aún tiene un enorme potencial por aprovechar. A estos retos se suma la necesidad mundial de reducir las emisiones de dióxido de carbono (CO_2), uno de los principales gases responsables del cambio climático.

Frente a este panorama surge una pregunta fascinante: ¿es posible desarrollar materiales capaces de ayudar a limpiar el agua, detectar gases contaminantes y, al mismo tiempo, aprovechar la luz del Sol para producir combustibles limpios? En el Laboratorio de Materiales Avanzados y Películas Delgadas del Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV) trabajamos precisamente en esa dirección. Utilizando una técnica llamada Depósito Químico de Vapor Asistido por Aerosol (AACVD), fabricamos nanomateriales diseñados para enfrentar algunos de estos desafíos ambientales mediante soluciones basadas en ciencia e innovación que parten de una "nube".

En Chihuahua sabemos lo que significa mirar al cielo esperando una nube. Cada temporada de sequía nos recuerda el enorme valor del agua, mientras que el intenso sol que ilumina nuestro estado durante gran parte del año representa una fuente de energía extraordinaria que aún podemos aprovechar mucho mejor. A estos desafíos se suma la necesidad de mejorar la calidad del agua, afectada en algunas regiones por la presencia natural de arsénico y flúor, así como de monitorear gases como el dióxido de carbono (CO_2), relacionados con la calidad del aire y el cambio climático.

Paradójicamente, una nube también puede convertirse en parte de la solución. No una nube de lluvia, sino una diminuta nube artificial formada por millones de microgotas dentro de un laboratorio. En el Laboratorio de Materiales Avanzados y Películas Delgadas del Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV) del cual es responsable la Dra. Patricia Amézaga Madrid, esa nube

viaja a través de un reactor caliente y da origen a materiales tan pequeños que resultan invisibles al ojo humano, pero capaces de limpiar agua, detectar gases contaminantes y aprovechar la energía solar para producir hidrógeno limpio.

Así, un fenómeno cotidiano que observamos en el cielo inspira una tecnología que busca responder a algunos de los retos ambientales más importantes de nuestra región. En este artículo recorreremos el viaje de esa nube artificial y descubriremos cómo, átomo por átomo, puede transformarse en una herramienta para construir un futuro más sostenible.

Cuando observamos una nube en el cielo, pocas veces imaginamos que un fenómeno semejante puede reproducirse dentro de un laboratorio para fabricar materiales capaces de limpiar agua contaminada, detectar gases peligrosos o incluso aprovechar la energía del sol. Sin embargo, eso es precisamente lo que ocurre en el Laboratorio de Materiales Avanzados y Películas Delgadas donde una diminuta nube artificial marca el inicio de investigaciones orientadas a resolver algunos de los grandes desafíos tecnológicos y ambientales de nuestro tiempo.

Aunque la palabra nanotecnología suele asociarse con conceptos complejos o futuristas, en realidad se refiere al diseño y estudio de materiales cuyas dimensiones son extraordinariamente pequeñas: del orden de los nanómetros, es decir, una milmillonésima parte de un metro. A esta escala, los materiales comienzan a comportarse de manera diferente. Pueden absorber mejor la luz, reaccionar con mayor facilidad con otras sustancias o modificar sus propiedades eléctricas y mecánicas, características que los convierten en candidatos ideales para aplicaciones que van desde la medicina hasta la electrónica y el cuidado del medio ambiente.

En nuestro laboratorio aprovechamos estas propiedades mediante una técnica conocida como Depósito Químico de Vapor Asistido por Aerosol (AACVD, por sus siglas en inglés), la cual permite sintetizar películas delgadas y partículas nanoestructuradas con composiciones cuidadosamente diseñadas [1-8]. Estos materiales constituyen la base de diversas líneas de investigación enfocadas en el tratamiento de agua, el desarrollo de sensores de gases, la producción de hidrógeno mediante energía solar y el diseño de nuevos materiales funcionales para aplicaciones tecnológicas.

Pero ¿cómo puede una nube artificial convertirse en una herramienta para enfrentar problemas tan importantes como la contaminación del agua o la calidad del aire? La respuesta comienza justamente en la escala más pequeña de la materia.



Figura 1. De una nube artificial a soluciones reales. Nanotecnología para un mundo mejor. Fuente: Elaboración propia. Ilustración realizada por PAM con apoyo de IA (OpenAI ChatGPT), 2026.

¿Qué ocurre cuando los materiales se vuelven tan pequeños?

Todos hemos escuchado alguna vez palabras como nanotecnología, nanomateriales o nanopartículas. Aparecen en noticias, documentales e incluso en anuncios de productos de uso cotidiano. Sin embargo, pocas personas saben realmente qué significa el prefijo nano y por qué ha despertado tanto interés entre científicos e ingenieros de todo el mundo.

La nanotecnología es una disciplina relativamente joven que estudia, diseña y manipula materiales en dimensiones extraordinariamente pequeñas, conocidas como nanoescala. Un nanómetro (nm) equivale a una milmillonésima parte de un metro (10^{-9} m), una distancia tan diminuta que resulta prácticamente imposible de imaginar. Para ponerla en perspectiva, un cabello humano tiene un diámetro aproximado de entre 60 000 y 100 000 nanómetros. Si pudiéramos ampliar una nanopartícula hasta que tuviera el tamaño de una canica, un cabello humano tendría un diámetro comparable al de un edificio.

Aunque estos números parecen difíciles de visualizar, existe una idea aún más sorprendente: cuando los materiales alcanzan

observamos a simple vista y que convierten a los nanomateriales en herramientas extraordinariamente versátiles.

Una de las principales razones de este comportamiento es el enorme incremento del área superficial. Para comprenderlo, imaginemos un terrón de azúcar. Si lo colocamos en una taza de café tardará algunos segundos en disolverse. Ahora pensemos en la misma cantidad de azúcar, pero pulverizada. El azúcar en polvo desaparece mucho más rápido porque presenta una superficie mucho mayor en contacto con el líquido. Cuanta más superficie queda expuesta, mayor es la posibilidad de interactuar con el entorno.

Con las nanopartículas ocurre exactamente lo mismo, pero llevado al extremo. Debido a su tamaño extremadamente pequeño, una gran proporción de sus átomos se encuentra en la superficie y no en el interior del material. Esto significa que casi todos sus átomos están disponibles para interactuar con moléculas del agua, del aire o de otras sustancias químicas. Como consecuencia, estos materiales pueden reaccionar con mayor rapidez, adsorber contaminantes con más eficiencia o favorecer reacciones químicas que serían mucho más lentas utilizando materiales convencionales.

puede adquirir tonalidades rojas, moradas o azuladas, dependiendo de su tamaño. No cambia su composición química; sigue siendo oro. Lo que cambia es la manera en que interactúa con la luz debido a que ahora sus dimensiones son nanométricas.

Este tipo de comportamiento ha abierto la puerta al desarrollo de materiales con propiedades completamente nuevas. Hoy en día existen nanopartículas capaces de eliminar bacterias, películas delgadas que transforman la luz solar en electricidad, recubrimientos que repelen el agua, materiales que ayudan a producir hidrógeno utilizando energía solar y sensores capaces de detectar concentraciones extremadamente bajas de gases contaminantes.

Muchos de estos avances forman parte de nuestra vida diaria sin que lo notemos. Las pantallas de teléfonos celulares, las celdas solares, algunos dispositivos médicos, pinturas autolimpiables, ventanas inteligentes e incluso ciertos cosméticos contienen materiales diseñados a escala nanométrica. En la mayoría de los casos, el usuario nunca observa estos materiales, pero disfruta de las propiedades que proporcionan.



estas dimensiones dejan de comportarse como lo hacen en el mundo macroscópico. Es decir, un mismo material puede presentar propiedades completamente distintas dependiendo únicamente de su tamaño.

En nuestra vida cotidiana estamos acostumbrados a pensar que un objeto pequeño y uno grande fabricados con el mismo material conservan las mismas características. Una barra de hierro y un pequeño clavo siguen siendo hierro; un bloque de vidrio y un vaso transparente siguen siendo vidrio. Sin embargo, cuando el tamaño disminuye hasta la escala nanométrica, esta lógica deja de cumplirse. En ese momento comienzan a manifestarse fenómenos físicos y químicos que no

Pero el incremento del área superficial no es el único fenómeno interesante. A estas dimensiones también aparecen los llamados efectos de tamaño, relacionados con la forma en que los electrones se comportan dentro del material. Cuando las partículas son muy pequeñas, los electrones tienen menos espacio para desplazarse y comienzan a seguir reglas distintas a las observadas en objetos de mayor tamaño. Este fenómeno puede modificar la capacidad de un material para conducir electricidad, absorber luz o emitir radiación, e incluso cambiar su color.

Un ejemplo muy conocido es el del oro. Todos imaginamos este metal con su característico color amarillo brillante. Sin embargo, cuando el oro se fabrica en forma de nanopartículas





¿QUÉ OCURRE CUANDO LOS MATERIALES SE VUELVEN TAN PEQUEÑOS?

A escala nanométrica, las reglas cambian y aparecen propiedades extraordinarias.

1. ¿QUÉ ES LA NANOTECNOLOGÍA?

Estudia y manipula materiales en la nanoescala (1 nanómetro = 10^{-9} m).



Si una nanopartícula tuviera el tamaño de una canica (1 cm)...



...un cabello humano tendría el tamaño de un edificio.



2. A ESCALA NANO, LAS REGLAS CAMBIAN

Un mismo material puede comportarse de manera totalmente diferente dependiendo de su tamaño.

MACRO (lo que vemos)



Una barra de hierro: resistente, pesada, opaca.

NANO (lo que cambia)



Nanopartículas de hierro: pueden volverse más reactivas, magnéticas o catalíticas.

Al reducir el tamaño, aparecen fenómenos físicos y químicos que no observamos a simple vista.

3. MÁS SUPERFICIE, MÁS INTERACCIÓN

Al disminuir el tamaño, aumenta enormemente el área superficial en relación con el volumen.

El azúcar en terrón tarda más en disolverse...

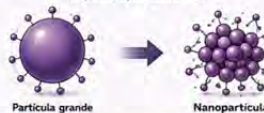


...el azúcar en polvo se disuelve mucho más rápido.



Lo mismo ocurre con las nanopartículas.

Muchos más átomos en la superficie disponibles para interactuar.



¿Por qué es importante?



Mayor capacidad de adsorción de contaminantes.



Reacciones químicas más rápidas y eficientes.



Mejor aprovechamiento de la luz solar.



Más eficiencia en aplicaciones ambientales y energéticas.

4. EFECTOS DE TAMAÑO: CUANDO LOS ELECTRONES CAMBIAN SU COMPORTAMIENTO

Los electrones tienen menos espacio para moverse y comienzan a seguir reglas "cuánticas" diferentes.

Material grande



Los electrones se mueven libremente en bandas continuas de energía.

Nanomaterial



Los electrones solo pueden ocupar niveles de energía discretos (cuantizados).

¿Qué puede cambiar?

- ✓ La capacidad para conducir electricidad.
- ✓ La absorción y emisión de luz.
- ✓ El color.
- ✓ La reactividad química.

Ejemplo: el oro

En forma de nanopartículas, el oro puede cambiar de color sin cambiar su composición química.



¡Sigue siendo oro!



5. APLICACIONES QUE YA FORMAN PARTE DE NUESTRA VIDA

Gracias a sus propiedades únicas, los nanomateriales están presentes en muchas tecnologías y productos.



Pantallas de teléfonos celulares



Celdas solares



Recubrimientos que repelen el agua



Dispositivos médicos



Pinturas autolimpiables



Ventanas inteligentes



Cosméticos



Sensores de gases (concentraciones muy bajas)

Lo que no vemos a simple vista, nosotros lo diseñamos, lo medimos y lo comprendemos para crear soluciones a grandes problemas.



LA NANOTECNOLOGÍA: PEQUEÑOS MATERIALES, GRANDES SOLUCIONES



Limpia el agua



Mejora la calidad del aire



Aprovecha la energía del sol



Impulsa la innovación



Construye un futuro sostenible



La ciencia invisible que transforma nuestro mundo visible.

"diseñar" materiales con funciones específicas, casi como si se tratara de construir herramientas átomo por átomo.

Sin embargo, fabricar estos materiales con precisión representa un desafío científico considerable. Se requiere controlar cuidadosamente la temperatura, la composición química, la velocidad de crecimiento y muchas otras variables experimentales. Para lograrlo, los investigadores han desarrollado diversas técnicas de síntesis. En nuestro laboratorio utilizamos una de las más versátiles y fascinantes: el Depósito Químico de Vapores Asistido por Aerosol (AACVD). Curiosamente, todo el proceso comienza con algo tan sencillo y familiar como una nube formada por millones de diminutas gotas suspendidas en el aire.

Una nube artificial dentro del laboratorio

Cuando pensamos en una nube, normalmente imaginamos un cielo azul, lluvia o un paisaje de montaña. Sin embargo, dentro de un laboratorio también pueden formarse nubes, aunque con un propósito muy distinto. En lugar de anunciar una tormenta, estas nubes artificiales son el punto de partida para fabricar materiales que algún día podrían ayudar a purificar agua, detectar contaminantes en el aire, producir hidrógeno limpio o incorporarse en dispositivos electrónicos de última generación. En el Laboratorio, una parte importante de las investigaciones comienza precisamente con la generación controlada de un aerosol. Un aerosol es una suspensión de diminutas gotas líquidas en un gas. De hecho, convivimos con aerosoles todos los días sin darnos cuenta. La niebla de una mañana fría, el vapor que sale de una taza de café, el perfume que rociamos sobre la piel o incluso las nubes del cielo son ejemplos de sistemas donde pequeñas partículas o gotas permanecen suspendidas en el aire durante cierto tiempo.

La diferencia es que, en el laboratorio, esas diminutas gotas contienen mucho más que agua. Cada una de ellas transporta moléculas cuidadosamente seleccionadas por los investigadores para construir nuevos materiales. En cierto sentido, cada gota puede imaginarse como un pequeño paquete de ingredientes químicos que viajará hasta un reactor donde ocurrirá una transformación extraordinaria.

La técnica utilizada para lograrlo recibe el nombre de Depósito Químico de Vapores Asistido por Aerosol [1-8], conocida internacionalmente por sus siglas en inglés AACVD (Aerosol Assisted Chemical Vapor Deposition). Aunque su nombre parece

Figura 2. Cuando un material se hace millones de veces más pequeño, comienza a comportarse de una manera completamente diferente. **Fuente:** Elaboración propia. Ilustración realizada por PAM con apoyo de IA (OpenAI ChatGPT), 2026.

En el Laboratorio de Materiales Avanzados y Películas Delgadas del CIMAV estudiamos precisamente cómo aprovechar estas propiedades para desarrollar materiales funcionales con aplicaciones ambientales y tecnológicas. Nuestro interés no consiste únicamente en fabricar nanopartículas cada vez más pequeñas, sino en comprender cómo controlar su composición química, su tamaño, su forma y su estructura cristalina para obtener materiales capaces de resolver problemas específicos.

Por ejemplo, un pequeño cambio en el tamaño de una nanopartícula o la incorporación de cantidades muy pequeñas de otro elemento químico —proceso conocido como dopaje— puede modificar por completo su comportamiento. Un material diseñado para captar contaminantes en el agua [2-4], puede transformarse en otro capaz de detectar dióxido de carbono [6,8], degradar compuestos orgánicos mediante luz ultravioleta o participar en procesos para producir hidrógeno limpio [5]. En otras palabras, la nanotecnología permite

complejo, el principio que la hace funcionar es sorprendentemente intuitivo.

Todo comienza con la preparación de una solución líquida. En ella se disuelven compuestos químicos llamados precursores, que contienen los elementos necesarios para formar el material deseado. Dependiendo de la aplicación que se busque, los investigadores seleccionan cuidadosamente diferentes precursores, ajustan sus concentraciones e incluso incorporan pequeñas cantidades de otros elementos químicos para modificar las propiedades finales del material.

Una vez preparada la solución, entra en acción uno de los componentes más importantes del sistema: el nebulizador ultrasónico. Este dispositivo utiliza vibraciones de muy alta frecuencia para transformar el líquido en millones de microgotas casi idénticas entre sí. El resultado es una nube muy fina, semejante a la niebla que aparece durante las primeras horas de una mañana húmeda.

Aunque todas estas gotas parecen iguales a simple vista, cada una transporta exactamente la misma composición química que la solución original. Es decir, millones de pequeños reactores químicos comienzan a desplazarse simultáneamente dentro del sistema experimental.

Para conducir esta nube artificial hacia la siguiente etapa del proceso se emplea una corriente controlada de un gas inerte, generalmente nitrógeno o argón. Este flujo transporta suavemente las microgotas hasta una cámara de reacción donde se encuentra un sustrato calentado a temperaturas que pueden variar desde algunos cientos hasta más de quinientos grados Celsius, dependiendo del material que se desee sintetizar.

Es precisamente en este recorrido donde ocurre la verdadera magia de la nanotecnología.

A medida que las microgotas se aproximan a la superficie caliente, el solvente comienza a evaporarse. Al mismo tiempo, los precursores químicos se descomponen y reaccionan entre sí, reorganizando sus átomos para formar nuevos compuestos sólidos. Poco a poco, átomo tras átomo, se construye una estructura completamente diferente a la que existía al inicio del proceso.

Si el objetivo es fabricar una película delgada, estos nuevos compuestos se depositan uniformemente sobre la superficie del sustrato formando una capa

extremadamente fina, cuyo espesor puede ser miles de veces menor que el diámetro de un cabello humano. Si, por el contrario, las condiciones experimentales se modifican adecuadamente, es posible favorecer la formación de nanopartículas, pequeños cristales con dimensiones del orden de algunos nanómetros y propiedades muy diferentes a las de los materiales convencionales.

Del aerosol al nanomaterial: el proceso AACVD

Una mirada al viaje de millones de microgotas que, átomo por átomo, se transforman en películas delgadas o nanopartículas.



Figura 3. Del aerosol al nanomaterial: el proceso AACVD. Fuente: Elaboración propia. Ilustración realizada por PAM con apoyo de AI (OpenAI ChatGPT), 2026.

Lo extraordinario de esta técnica es el elevado nivel de control que ofrece al investigador. Variables como la temperatura, la velocidad del flujo de gas, la concentración de los precursores, el tipo de solvente o incluso el tamaño de las microgotas pueden modificar por completo las características del material obtenido. Cambios aparentemente pequeños pueden traducirse en diferencias importantes en la estructura cristalina, el tamaño de las partículas, la morfología superficial, la transparencia óptica o la capacidad para conducir electricidad.

Esta versatilidad convierte al AACVD en una herramienta muy poderosa para la investigación en ciencia de materiales. A diferencia de otros métodos de depósito químico de vapor, que requieren compuestos altamente volátiles, esta técnica permite utilizar una gran variedad de sustancias químicas disueltas en solución. Gracias a ello, los investigadores pueden sintetizar óxidos metálicos, materiales semiconductores, películas multicapa, heteroestructuras y sistemas dopados con relativa facilidad, ampliando enormemente el número de materiales que pueden desarrollarse en el laboratorio.

En nuestro grupo de investigación, esta técnica ha permitido fabricar materiales basados en óxido de zinc, dióxido de titanio, ferritas, óxidos mixtos y diversas heteroestructuras que actualmente se estudian para aplicaciones relacionadas con el tratamiento de agua [2-4], sensores

de gases [7,8], producción fotocatalítica de hidrógeno [5] y dispositivos optoelectrónicos.

Quizá una de las características más fascinantes del AACVD es que combina fenómenos que observamos todos los días —como la formación de una nube o la evaporación de una gota de agua— con procesos químicos y físicos de gran precisión. Lo que para nosotros es apenas una fina niebla suspendida en el aire, para un científico representa una fábrica microscópica donde millones de diminutos reactores trabajan de manera simultánea para construir materiales con propiedades cuidadosamente diseñadas.

Al finalizar el proceso, la nube desaparece casi por completo. Sin embargo, sobre una pequeña superficie ha quedado depositado un material invisible a simple vista, pero con el potencial de participar en tecnologías que podrían contribuir a resolver algunos de los desafíos más importantes de nuestra sociedad. En otras palabras, aquella nube artificial no solo se transformó en un nuevo material; se convirtió en una oportunidad para innovar.



Construyendo materiales átomo por átomo

Una vez que la nube artificial ha atravesado el reactor y las reacciones químicas han concluido, comienza una nueva etapa: el nacimiento de un material completamente diferente al que existía unos minutos antes. Aunque este proceso ocurre a escalas invisibles para nuestros ojos, el resultado puede tener aplicaciones que van desde la purificación del agua hasta la fabricación de sensores capaces de detectar gases contaminantes o dispositivos para aprovechar mejor la energía solar.

Pero ¿qué es exactamente lo que fabrican los investigadores?

La respuesta depende del objetivo de cada proyecto. En algunos casos se producen películas delgadas, mientras que en otros se obtienen nanopartículas y partículas nanoestructuradas o polvos. Aunque ambos materiales pueden estar formados por los mismos elementos químicos, su estructura, dimensiones y aplicaciones son muy diferentes.

Las películas delgadas: capas invisibles con funciones extraordinarias

Las películas delgadas son capas extremadamente finas de un material depositadas sobre una superficie sólida, conocida como sustrato. Su espesor puede variar desde algunos nanómetros hasta unas cuantas micras, lo que significa que son cientos o incluso miles de veces más delgadas que un cabello humano.

A simple vista, muchas de estas películas son completamente transparentes. Sin embargo, esa aparente sencillez esconde propiedades sorprendentes.

Prácticamente todos utilizamos películas delgadas varias veces al día sin ser conscientes de ello. Están presentes en las pantallas de teléfonos celulares y computadoras, en paneles solares, espejos especiales, ventanas inteligentes, lentes antirreflejantes, dispositivos médicos y numerosos sensores electrónicos.

Lo extraordinario es que una capa tan delgada puede modificar completamente el comportamiento de una superficie. Dependiendo de su composición, una película puede hacer que un vidrio conduzca electricidad sin perder transparencia, proteger un metal contra la corrosión, absorber determinadas longitudes de onda de la luz o reaccionar cuando entra en contacto con una molécula de un gas específico.

En nuestro laboratorio sintetizamos principalmente películas delgadas de óxidos metálicos semiconductores, materiales que han despertado un enorme interés científico debido a la combinación de sus propiedades ópticas, eléctricas y químicas. Entre ellos destacan el óxido de zinc (ZnO), el dióxido de titanio (TiO_2), el óxido de estaño (SnO_2), el óxido de cobre (CuO), el óxido de níquel (NiO) y diversas ferritas, los cuales pueden combinarse para formar estructuras más complejas con propiedades aún más interesantes.

Estas películas constituyen la base para desarrollar sensores de gases, materiales fotocatalíticos y dispositivos optoelectrónicos que actualmente son objeto de intensa investigación en todo el mundo.



Figura 4. Las películas delgadas: invisibles a simple vista, pero esenciales en la tecnología moderna. **Fuente:** Elaboración propia. Ilustración realizada por PAM con apoyo de IA (OpenAI ChatGPT), 2026.

Nanopartículas, partículas nanoestructuradas: pequeños materiales con una enorme superficie

Además de películas delgadas, la técnica AACVD también permite obtener polvos con morfologías de partículas y nanopartículas.

Estos materiales tienen tamaños menores entre 100 (nanopartículas) y 400 (partículas nanoestructuradas) nanómetros. Poseen una característica que las hace particularmente valiosas: una enorme área superficial respecto a su volumen.

Podemos imaginar una roca y compararla con la misma cantidad de material convertida en arena muy fina. Aunque ambas tienen la misma masa, los granos de arena ofrecen una superficie mucho mayor para interactuar con el ambiente. Ahora llevemos esa idea a una escala millones de veces más pequeña y entenderemos por qué las nanopartículas son tan reactivas.

Esa gran superficie significa que una cantidad muy pequeña de material puede ofrecer millones de sitios donde ocurren

reacciones químicas. Gracias a ello, las nanopartículas pueden capturar contaminantes presentes en el agua, acelerar procesos catalíticos, absorber radiación ultravioleta o interactuar con moléculas gaseosas que pasan sobre su superficie.

En otras palabras, cuanto más pequeño es el material, mayor es su capacidad para interactuar con el entorno.

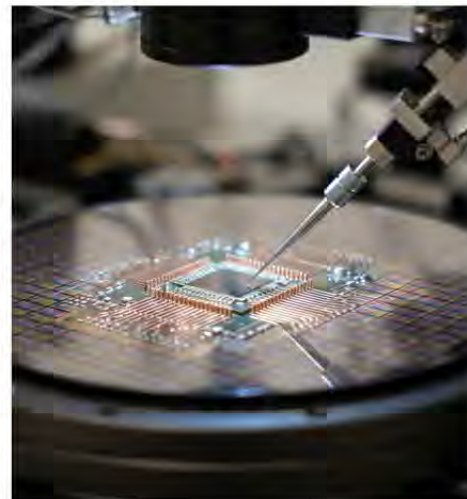




Figura 5. Cuando un material se hace millones de veces más pequeño, su superficie se vuelve extraordinariamente grande. **Fuente:** Elaboración propia. Ilustración realizada por PAM con apoyo de IA (OpenAI ChatGPT), 2026.

Diseñar materiales en lugar de simplemente fabricarlos

Quizá uno de los aspectos más fascinantes de la ciencia de materiales es que los investigadores no buscan fabricar "el material perfecto", sino el material adecuado para cada problema.

Cada aplicación exige propiedades diferentes. Un sensor para detectar dióxido de carbono necesita responder rápidamente a pequeñas variaciones en la concentración del gas, mientras que un material destinado al tratamiento de agua debe ofrecer una gran superficie para capturar contaminantes o favorecer reacciones químicas que los degraden. Por otro lado, un material utilizado para producir hidrógeno mediante energía solar debe absorber eficientemente la luz y facilitar el transporte de cargas eléctricas.

Para conseguirlo, los científicos modifican cuidadosamente la composición química del material. En ocasiones basta con incorporar cantidades muy pequeñas de otro elemento químico, un proceso conocido como dopaje, para cambiar significativamente sus propiedades.

Esta estrategia puede compararse con la preparación de una receta culinaria. Un pequeño cambio en la cantidad de un ingrediente puede modificar completamente el sabor de un platillo. De manera similar, incorporar apenas unos cuantos átomos de un elemento diferente puede alterar la conductividad eléctrica, la respuesta óptica o la actividad química de un nanomaterial.

Otra alternativa consiste en combinar dos o más materiales para formar lo que se conoce como una heteroestructura. En estos sistemas, cada componente aporta una propiedad específica y, al trabajar de manera conjunta, pueden alcanzar un desempeño superior al que tendrían por separado. Esta filosofía de diseño ha permitido desarrollar materiales cada vez más eficientes para aplicaciones ambientales y energéticas.



La importancia de comprender antes de aplicar

Sin embargo, fabricar un nuevo material representa apenas el comienzo del camino. Antes de pensar en utilizarlo para purificar agua, detectar gases o integrarlo en un dispositivo electrónico, es indispensable conocer exactamente qué se obtuvo.

Por ello, cada material sintetizado debe caracterizarse cuidadosamente mediante diversas técnicas experimentales que permiten determinar su estructura cristalina, composición química, tamaño de cristal, morfología, espesor, propiedades ópticas y comportamiento eléctrico. Solo después de comprender cómo está construido un material es posible relacionar esas características con su desempeño y optimizarlo para una aplicación específica.

En este sentido, el trabajo de un científico de materiales se parece más al de un arquitecto que al de un fabricante. No basta con construir; es necesario comprender cómo cada decisión tomada durante la síntesis influirá en el comportamiento final del material.

Y precisamente esa capacidad para diseñar materiales con propiedades específicas ha permitido que la nanotecnología deje de ser únicamente un campo de investigación básica y se convierta en una herramienta para enfrentar algunos de los mayores desafíos de nuestra época. Uno de ellos, sin duda, es garantizar el acceso a agua limpia y segura para una población mundial en constante crecimiento.

Nanotecnología para cuidar el agua

Quando abrimos la llave de nuestra casa, pocas veces pensamos en el largo recorrido que ha seguido esa agua antes de llegar hasta nosotros. Tampoco imaginamos la enorme cantidad de procesos físicos, químicos y biológicos necesarios para que sea segura para el consumo humano. Sin embargo, garantizar el acceso a agua limpia representa uno de los mayores desafíos que enfrenta la humanidad.

Aunque cerca del 70 % de la superficie terrestre está cubierta por agua, menos del 3 % corresponde a agua dulce y únicamente una pequeña fracción se encuentra disponible para el consumo humano. A esta limitada disponibilidad se suma un problema creciente: la contaminación provocada por las actividades industriales, agrícolas, mineras y domésticas.

Durante décadas, los sistemas convencionales de tratamiento de agua fueron diseñados para eliminar sedimentos, microorganismos y algunos compuestos químicos relativamente fáciles de remover. Sin embargo, la sociedad moderna ha generado un nuevo tipo de contaminantes mucho más difíciles de detectar y eliminar. Se trata de los llamados contaminantes emergentes, un grupo que incluye medicamentos, antibióticos, hormonas, productos de cuidado personal, pesticidas, colorantes industriales y otras sustancias químicas que diariamente llegan a ríos, lagos y acuíferos.

Muchas de estas moléculas fueron diseñadas para ser químicamente estables. Precisamente esa estabilidad, que resulta útil durante su aplicación, se convierte posteriormente en un problema ambiental, ya que pueden permanecer durante largos periodos en el agua sin degradarse completamente. En concentraciones muy pequeñas —del orden de microgramos o incluso nanogramos por litro— algunas de ellas pueden alterar ecosistemas acuáticos e incluso representar un riesgo potencial para la salud humana cuando se acumulan de manera continua.

Entre estos contaminantes destaca el diclofenaco, un medicamento ampliamente utilizado como antiinflamatorio y analgésico. Después de ser consumido, una parte importante es eliminada por el organismo y llega a las aguas residuales. Las plantas de tratamiento convencionales no siempre logran removerlo por completo, por lo que puede encontrarse en cuerpos de agua superficiales en diferentes regiones del mundo. Este compuesto se ha convertido en uno de los contaminantes emergentes más estudiados, precisamente porque ejemplifica las limitaciones de las tecnologías tradicionales de tratamiento.

En México también existen otros desafíos relacionados con la calidad del agua. En diversas regiones del país, y en nuestro estado Chihuahua, el agua subterránea presenta concentraciones elevadas de arsénico y fluor, elementos que se incorporan naturalmente a los acuíferos debido a las características geológicas del subsuelo. Cuando estas concentraciones superan los límites recomendados para consumo humano, pueden asociarse con problemas de salud que van desde alteraciones dentales y óseas hasta enfermedades crónicas derivadas de una exposición prolongada.

Frente a este panorama, la comunidad científica busca desarrollar tecnologías complementarias que permitan mejorar la eficiencia de los sistemas actuales de



tratamiento. Es aquí donde la nanotecnología comienza a desempeñar un papel cada vez más importante.

Gracias a su extraordinaria área superficial y a la posibilidad de diseñar sus propiedades químicas, los nanomateriales pueden interactuar con los contaminantes de formas muy diversas. Algunos funcionan como adsorbentes, es decir, materiales capaces de atrapar moléculas o iones sobre su superficie, de manera similar a como una esponja retiene agua entre sus poros [3,4]. Otros participan en procesos de fotocatalisis, donde la energía de la luz activa reacciones químicas capaces de transformar compuestos tóxicos en sustancias mucho menos dañinas. También existen nanomateriales que favorecen procesos de coagulación y floculación [2] o que forman parte de membranas avanzadas para la purificación del agua.

Una de las grandes ventajas de trabajar a escala nanométrica es que pequeñas cantidades de material pueden ofrecer una enorme superficie activa. Esto significa que un gramo de nanopartículas puede presentar una superficie equivalente a la de una cancha deportiva, proporcionando millones de sitios donde los contaminantes pueden adherirse o reaccionar. Esta característica explica por qué muchos nanomateriales muestran eficiencias superiores a las observadas en materiales convencionales.

En el Laboratorio de Materiales Avanzados y Películas Delgadas del CIMAV investigamos precisamente cómo diseñar materiales con estas características. Mediante técnicas como el AACVD sintetizamos nanopartículas y películas delgadas cuya composición química puede ajustarse cuidadosamente para favorecer la adsorción de contaminantes o promover reacciones fotocatalíticas bajo irradiación ultravioleta o incluso utilizando la luz solar.

Por ejemplo, materiales basados en óxidos metálicos como el dióxido de titanio, el óxido de zinc, las ferritas y diversos sistemas híbridos han demostrado una notable capacidad para degradar compuestos orgánicos presentes en el agua. Cuando estos materiales absorben energía luminosa, generan especies altamente reactivas capaces de romper las moléculas contaminantes hasta convertirlas en compuestos mucho más simples e inocuos, como dióxido de carbono y agua. Aunque estos procesos aún continúan perfeccionándose, representan una alternativa prometedora para complementar los tratamientos convencionales.

Otra línea de investigación particularmente interesante consiste en el desarrollo de nanomateriales magnéticos. Estos materiales no solo pueden capturar contaminantes, sino que además pueden recuperarse fácilmente utilizando un imán una vez concluido el proceso de tratamiento. Esta característica facilita su reutilización y disminuye la generación de residuos, acercando estas tecnologías a aplicaciones más sostenibles y económicamente viables [2-4].

Sin embargo, el objetivo de la nanotecnología no es reemplazar por completo las plantas de tratamiento existentes, sino aportar nuevas herramientas que permitan enfrentar contaminantes cada vez más complejos y mejorar la eficiencia de los procesos actuales. La combinación de tecnologías convencionales con materiales nanoestructurados podría contribuir a desarrollar sistemas de tratamiento más eficientes, selectivos y adaptados a las necesidades de cada región.

Cada nuevo material sintetizado representa un pequeño avance hacia ese objetivo. Detrás de cada experimento existe la esperanza de desarrollar soluciones que permitan proteger uno de los recursos más valiosos para la vida.

Porque, al final, la nanotecnología no consiste únicamente en fabricar materiales extraordinariamente pequeños; consiste en utilizar ese conocimiento para generar un impacto extraordinariamente grande en la sociedad.

En nuestro laboratorio, algunos de los materiales desarrollados mediante AACVD han mostrado una elevada capacidad para remover contaminantes emergentes y especies tóxicas presentes en el agua, como arsénico, flúor (hasta un 100 y 60% respectivamente en tan solo minutos [3,4]. Estos resultados continúan optimizándose con el objetivo de desarrollar tecnologías complementarias para el tratamiento de agua.

Materiales que pueden "oler" el ambiente

Respiramos aproximadamente veinte mil veces al día. Con cada inhalación incorporamos oxígeno indispensable para la vida, pero también una enorme variedad de gases y partículas suspendidas en el aire. La mayoría de ellas pasan completamente desapercibidas para nuestros sentidos. No podemos ver el monóxido de carbono, percibir pequeñas concentraciones de dióxido de nitrógeno ni distinguir cuándo el dióxido de carbono comienza a acumularse en un espacio cerrado. Sin embargo, aunque invisibles, estas sustancias pueden afectar nuestra salud, modificar el clima o representar riesgos importantes en procesos industriales.

A lo largo de la evolución, los seres humanos desarrollamos sentidos extraordinarios para interpretar el mundo. Nuestros ojos distinguen millones de colores, nuestros oídos detectan una amplia gama de sonidos y nuestro olfato reconoce miles de aromas diferentes. No obstante, nuestras capacidades tienen límites. Existen numerosas sustancias químicas que no poseen color, olor o sabor perceptibles y cuya presencia solo puede detectarse mediante instrumentos especializados.

Aquí es donde la nanotecnología vuelve a desempeñar un papel fundamental.

Los investigadores han descubierto que algunos materiales nanoestructurados son capaces de comportarse como una especie de "nariz electrónica". Aunque, por supuesto, no huelen como lo hacemos nosotros, sí responden cuando determinadas moléculas entran en contacto con su superficie. Esa interacción provoca pequeños cambios en sus propiedades eléctricas que pueden medirse con gran precisión mediante un circuito electrónico.

El principio parece sencillo, pero detrás de él existe una compleja combinación de fenómenos físicos y químicos.

Muchos sensores modernos están fabricados a partir de óxidos metálicos semiconductores, materiales cuyas propiedades eléctricas cambian cuando moléculas presentes en el aire se adsorben sobre su superficie. Entre los más estudiados se encuentran el óxido de zinc (ZnO), el óxido de cobre (CuO) y el óxido de níquel (NiO). Cada uno presenta ventajas particulares dependiendo del gas que se desea detectar [6-8].

Cuando una molécula de un gas alcanza la



Figura 6. El agua que llega a nuestros hogares ha recorrido un largo camino, pero hoy enfrenta nuevos desafíos debido a la presencia de contaminantes cada vez más complejos. La nanotecnología ofrece herramientas innovadoras para capturar, transformar o eliminar estas sustancias mediante materiales diseñados a escala nanométrica, contribuyendo al desarrollo de sistemas de tratamiento más eficientes para proteger uno de los recursos más valiosos para la vida. **Fuente:** Elaboración propia. Ilustración realizada por PAM con apoyo de IA (OpenAI ChatGPT), 2026.

superficie del sensor, ocurre un intercambio de cargas eléctricas entre el gas y el material. Como consecuencia, la resistencia eléctrica del semiconductor aumenta o disminuye. Aunque estas variaciones son extremadamente pequeñas, los circuitos electrónicos actuales pueden registrarlas casi de manera instantánea, permitiendo determinar no solo la presencia del gas, sino también su concentración [6,8].

Podemos imaginar este proceso como una conversación silenciosa entre las moléculas del aire y la superficie del material. Cada vez que una molécula llega al sensor, deja una pequeña "huella" eléctrica. Millones de estas interacciones ocurren continuamente y el dispositivo las interpreta para identificar qué está ocurriendo en el ambiente.

La gran ventaja de emplear nanomateriales es que ofrecen una superficie mucho mayor para que estas interacciones tengan lugar. Mientras mayor sea el número de sitios disponibles sobre la superficie, mayor será la probabilidad de que las moléculas del gas sean detectadas. Por esta razón, reducir el tamaño del material hasta la nanoescala suele incrementar significativamente la sensibilidad del sensor.

Pero la investigación no se limita únicamente a fabricar materiales cada vez más pequeños. Los científicos buscan desarrollar sensores que además sean más rápidos, más selectivos y capaces de operar con un menor consumo de energía. Para lograrlo recurren a diversas estrategias, como modificar la composición química del semiconductor, incorporar nanopartículas metálicas o construir heteroestructuras donde dos materiales diferentes trabajan de manera complementaria. En nuestro laboratorio, una parte importante de las investigaciones se centra precisamente en el desarrollo de películas delgadas nanoestructuradas obtenidas mediante AACVD. A través del control de la composición química, el dopaje y la formación de heteroestructuras, buscamos comprender cómo pequeñas modificaciones en el material pueden traducirse en una mejor respuesta frente a diferentes gases.

Uno de los ejemplos más interesantes corresponde al desarrollo de sensores para dióxido de carbono (CO_2). Aunque este gas forma parte de la atmósfera de manera natural y es indispensable para procesos como la fotosíntesis, concentraciones elevadas en espacios cerrados pueden afectar la calidad del aire interior, disminuir el rendimiento cognitivo y provocar molestias

como fatiga o somnolencia. Además, el CO_2 desempeña un papel fundamental en el cambio climático, por lo que su monitoreo resulta de gran interés en aplicaciones ambientales e industriales.

Las investigaciones actuales muestran que la combinación de distintos óxidos metálicos y el diseño de heteroestructuras permiten mejorar considerablemente la sensibilidad y estabilidad de estos sensores [6,8]. De esta manera, materiales desarrollados a escala nanométrica podrían incorporarse en edificios inteligentes, sistemas de ventilación, procesos industriales, vehículos o estaciones de monitoreo ambiental que permitan conocer en tiempo real la calidad del aire que respiramos.

Las aplicaciones van mucho más allá. Sensores similares ya se utilizan o se investigan para detectar hidrógeno, amoníaco, ozono, compuestos orgánicos volátiles y otros gases relacionados con la industria, la medicina, la agricultura y la seguridad. Incluso existen proyectos orientados al desarrollo de dispositivos capaces de identificar enfermedades mediante el análisis del aire exhalado por una persona, aprovechando que algunas patologías producen compuestos químicos característicos que pueden servir como biomarcadores.

Resulta sorprendente pensar que una película delgada prácticamente invisible pueda actuar como un centinela permanente, vigilando silenciosamente el ambiente y alertándonos cuando algo cambia. Lo que para nosotros pasa completamente desapercibido, para estos materiales constituye una señal que puede medirse, analizarse y transformarse en información útil para proteger la salud, mejorar procesos industriales y cuidar el medio ambiente.

En definitiva, los sensores basados en nanomateriales representan un ejemplo extraordinario de cómo la ciencia puede ampliar las capacidades de nuestros propios sentidos. Así como un microscopio nos permite observar estructuras invisibles al ojo humano, estos materiales nos ayudan a "percibir" un mundo químico que siempre ha estado a nuestro alrededor, pero que apenas comenzamos a comprender.

Asimismo, hemos desarrollado películas delgadas nanoestructuradas capaces de responder al dióxido de carbono y otros gases de interés ambiental. Actualmente investigamos cómo mejorar su sensibilidad, estabilidad y selectividad mediante el diseño de heteroestructuras y materiales dopados [1,6-8].

MATERIALES QUE PUEDEN "OLER" EL AMBIENTE

Nano-sensores: una nariz electrónica que protege nuestra salud y cuida el planeta.

No podemos ver, oler ni saborear muchos gases, pero pueden afectar nuestra salud, el clima y los procesos industriales.

CO

Monóxido de carbono

NO_2

Dióxido de nitrógeno

CO_2

Dióxido de carbono

...

Muchos otros gases invisibles

¿CÓMO SABER SI EL AIRE QUE RESPIRAMOS ES SEGURO?

NANOTECNOLOGÍA: LA NARIZ ELECTRÓNICA

Algunos materiales nanoestructurados responden cuando moléculas del gas entran en contacto con su superficie. Esa interacción provoca pequeños cambios eléctricos que podemos medir.

Cada molécula deja una pequeña "huella" eléctrica.

¿CÓMO FUNCIONA?

1. Moléculas del gas llegan al sensor
2. Intercambio de cargas en la superficie
3. Cambia la resistencia del material
4. El circuito electrónico lo detecta al instante

Millones de interacciones ocurren continuamente y el dispositivo interpreta qué sucede en el ambiente.

MATERIALES QUE "SENTEN" LOS GASES

Muchos sensores se fabrican con óxidos metálicos semiconductores.

ZnO

Óxido de zinc

Excelente sensibilidad a diversos gases

CuO

Óxido de cobre

Muy útil para detectar gases oxidantes

NiO

Óxido de níquel

Buena estabilidad y selectividad

Estos materiales cambian su conductividad eléctrica cuando interactúan con los gases.

¿POR QUÉ USAR NANOMATERIALES?

Mayor área superficial = más sitios activos

Más lugares donde las moléculas pueden interactuar.

A menor tamaño del material, mayor sensibilidad del sensor.

CÓMO HACEMOS MEJORES SENSORES

Distintas estrategias para lograr sensores más rápidos, selectivos y eficientes.

- Modificar la composición química (dopaje)
- Incorporar nanopartículas metálicas (como Pt, Ag, Au)
- Crear heteroestructuras (dos materiales que trabajan juntos)
- Diseñar arquitecturas nanoestructuradas con gran área superficial



Figura 7. Aunque no podemos ver ni oler muchos de los gases presentes en el aire, los nanomateriales sí pueden "percibirlos". Estos sensores representan un ejemplo de cómo la nanotecnología amplía nuestras capacidades para proteger la salud, optimizar procesos industriales y cuidar el medio ambiente. **Fuente:** Elaboración propia. Ilustración realizada por PAM con apoyo de IA (OpenAI ChatGPT), 2026.

Aprovechar la luz del sol para producir hidrógeno

Si existe un desafío que marcará el futuro de la humanidad, además del acceso al agua, es la búsqueda de fuentes de energía cada vez más limpias y sostenibles. Durante más de un siglo, gran parte de nuestra sociedad ha dependido de combustibles fósiles como el petróleo, el carbón y el gas natural para mover vehículos, generar electricidad y abastecer a la industria. Sin embargo, además de tratarse de recursos finitos, su utilización libera grandes cantidades de dióxido de carbono a la atmósfera, contribuyendo al calentamiento global y al cambio climático.

Por esta razón, científicos de todo el mundo trabajan en el desarrollo de nuevas alternativas energéticas capaces de satisfacer la creciente demanda de energía sin incrementar el impacto ambiental. Entre todas ellas, una de las más prometedoras es el hidrógeno.

El hidrógeno es el elemento más abundante del universo y posee una característica particularmente atractiva: cuando se utiliza como combustible, su reacción con el oxígeno produce principalmente agua, sin generar emisiones de dióxido de carbono. Esta propiedad lo ha convertido en uno de los principales candidatos para impulsar una futura economía basada en energías limpias.

Sin embargo, existe un desafío importante. Aunque el hidrógeno es muy abundante, rara vez se encuentra en estado puro sobre la Tierra. Generalmente forma parte de otras moléculas, como el agua o los hidrocarburos, por lo que es necesario invertir energía para obtenerlo. En la actualidad, la mayor parte del hidrógeno que se produce en el mundo proviene precisamente de combustibles fósiles, lo que reduce parte de sus beneficios ambientales.

Aquí es donde la nanotecnología vuelve a ofrecer nuevas posibilidades.

Uno de los enfoques más interesantes consiste en utilizar la energía del Sol para separar las moléculas de agua y producir hidrógeno mediante un proceso conocido como fotocátalisis o fotocátalisis para la generación de hidrógeno. En términos sencillos, el objetivo es aprovechar la luz solar para provocar reacciones químicas que liberen el hidrógeno contenido en el agua, de una manera semejante a como las plantas utilizan la luz durante la fotosíntesis para producir la energía que necesitan.

Por esta razón, muchos investigadores consideran que estos sistemas representan una forma de fotosíntesis artificial, ya que buscan imitar, mediante materiales diseñados por el ser humano, algunos de los procesos naturales que ocurren en las plantas desde hace millones de años.



El protagonista de este proceso vuelve a ser un material semiconductor [5].

Cuando un semiconductor absorbe la energía de la luz, sus electrones reciben suficiente energía para desplazarse y dejar vacantes conocidas como huecos. Estas cargas eléctricas pueden migrar hacia la superficie del material y participar en diferentes reacciones químicas. Si el proceso ocurre de manera eficiente, los electrones reducen los protones presentes en el agua para formar hidrógeno molecular (H₂), mientras que los huecos favorecen la oxidación del agua, produciendo oxígeno. En otras palabras, la energía luminosa se transforma directamente en energía química almacenada en forma de hidrógeno.

Aunque la idea parece sencilla, llevarla a la práctica representa un enorme desafío científico. Muchos materiales absorben únicamente una pequeña fracción de la luz solar, otros presentan una rápida recombinación de electrones y huecos antes de que puedan participar en las reacciones químicas, y algunos pierden estabilidad después de múltiples ciclos de operación.

Precisamente por ello, la investigación actual se centra en diseñar materiales capaces de superar estas limitaciones. Reducir el tamaño de las partículas hasta la nanoescala, incorporar pequeñas cantidades de otros elementos químicos o combinar distintos semiconductores en heteroestructuras permite mejorar la

absorción de luz, facilitar la separación de cargas eléctricas y aumentar la eficiencia del proceso fotocatalítico.

En el Laboratorio de Materiales Avanzados y Películas Delgadas del CIMAV investigamos diferentes materiales nanoestructurados obtenidos mediante AACVD con este propósito. Sistemas basados en dióxido de titanio (TiO_2), óxido de zinc (ZnO), ferritas, óxido de estaño (SnO_2) y diversas heteroestructuras se estudian para comprender cómo la composición química, la estructura cristalina y la morfología superficial influyen en la producción de hidrógeno bajo irradiación luminosa [5].

Cada modificación en el material representa una oportunidad para mejorar su desempeño. En algunos casos, incorporar nanopartículas metálicas favorece la separación de las cargas eléctricas; en otros, combinar dos semiconductores permite aprovechar una mayor parte del espectro solar o disminuir las pérdidas de energía durante la reacción. El objetivo final es desarrollar materiales cada vez más eficientes que permitan convertir una mayor cantidad de luz en hidrógeno.

Aunque todavía existen importantes retos tecnológicos antes de que esta alternativa pueda implementarse a gran escala, los avances de las últimas décadas han sido notables. Hoy sabemos que la nanoingeniería de materiales puede incrementar significativamente la eficiencia de estos procesos y acercarnos a sistemas capaces de producir combustibles limpios utilizando únicamente agua y luz solar.

Quizá una de las ideas más fascinantes de la nanotecnología es precisamente esta: materiales tan pequeños que apenas pueden observarse al microscopio podrían contribuir, algún día, a transformar la manera en que obtenemos la energía que mueve nuestra sociedad.

Así como los nanomateriales pueden capturar contaminantes presentes en el agua, también pueden aprovechar la energía del Sol para generar combustibles limpios o detectar moléculas invisibles suspendidas en el aire. La versatilidad de estos materiales demuestra que, cuando comprendemos cómo manipular la materia a escala nanométrica, las posibilidades de innovación parecen multiplicarse.

Otra línea de investigación se enfoca en materiales fotocatalíticos capaces de aprovechar la energía solar para favorecer la producción de hidrógeno. Aunque aún existen retos científicos importantes, estos estudios representan una alternativa prometedora para el desarrollo de energías más limpias [5].

Mucho más que un laboratorio

Cuando imaginamos un laboratorio científico, es común pensar en personas con batas blancas rodeadas de instrumentos sofisticados, pantallas llenas de gráficos y frascos con sustancias químicas. Aunque esa imagen tiene algo de verdad, representa solo una pequeña parte de lo que realmente ocurre en un centro de investigación.

Un laboratorio es, ante todo, un espacio donde nacen las preguntas. Cada experimento comienza con una inquietud: ¿es posible fabricar un material más eficiente?, ¿podemos eliminar un contaminante que hoy resulta difícil de remover?, ¿cómo lograr que un sensor detecte un gas con mayor sensibilidad?, ¿será posible aprovechar mejor la energía del sol? A partir de esas preguntas inicia un camino que, en muchas ocasiones, puede tomar meses o incluso años.

Contrario a la idea de que la ciencia avanza mediante descubrimientos repentinos, la mayor parte del trabajo científico se construye poco a poco. Detrás de un nuevo material existen decenas o cientos de experimentos, muchas pruebas que no producen el resultado esperado y numerosas modificaciones antes de encontrar las condiciones adecuadas. En ciencia, un experimento que no funciona también representa un resultado valioso, porque permite comprender qué caminos no conducen a la solución y orienta los siguientes pasos de la investigación.

Cada material sintetizado es el resultado de una combinación de conocimientos provenientes de distintas disciplinas. La nanotecnología es, por naturaleza, un campo multidisciplinario donde convergen la física, la química, la ciencia de materiales, la ingeniería, la electrónica, la biología y las ciencias ambientales. Ningún investigador trabaja completamente solo. Los avances más importantes suelen surgir cuando especialistas de diferentes áreas comparten conocimientos, intercambian ideas y colaboran para resolver un mismo problema desde distintas perspectivas.

En laboratorios del CIMAV, esta colaboración forma parte de la vida cotidiana. Mientras algunos investigadores diseñan nuevos materiales, otros estudian su estructura mediante microscopios electrónicos, analizan sus propiedades ópticas o eléctricas, evalúan su actividad fotocatalítica o ponen a prueba su capacidad para remover contaminantes y detectar gases. Cada resultado aporta una pieza del rompecabezas hasta comprender completamente el comportamiento del material.



Figura 8. La naturaleza utiliza la luz del sol para sostener la vida mediante la fotosíntesis. Inspirados en este proceso, los científicos desarrollan nanomateriales capaces de transformar la energía solar en energía química almacenada en forma de hidrógeno.
Fuente: Elaboración propia. Ilustración realizada por PAM con apoyo de IA (OpenAI ChatGPT), 2026.

Pero quizá el recurso más valioso de un laboratorio no son los equipos, sino las personas que aprenden a utilizarlos.

Cada año, estudiantes de licenciatura y posgrado llegan por primera vez a un laboratorio de investigación con la curiosidad propia de quien comienza a descubrir el mundo científico. Muchos de ellos nunca han operado un reactor químico, utilizado un difractor de rayos X o interpretado una micrografía obtenida mediante microscopía electrónica. Poco a poco, aprenden que la investigación no consiste únicamente en realizar experimentos, sino también en formular preguntas, analizar datos con espíritu crítico, reconocer errores y buscar explicaciones sustentadas en evidencia.

La formación de nuevos investigadores constituye una de las contribuciones más importantes de los centros de investigación. Cada tesis representa mucho más que un requisito académico; es una oportunidad para desarrollar capacidades que acompañarán al estudiante durante toda su vida profesional. Aprender a resolver problemas complejos, trabajar en equipo, comunicar resultados y enfrentar la incertidumbre son habilidades que trascienden cualquier disciplina científica.

En muchas ocasiones, los resultados obtenidos dentro del laboratorio trascienden las publicaciones científicas. Algunos materiales llegan a convertirse en patentes, otros establecen las bases para futuras tecnologías y muchos contribuyen al desarrollo de nuevas líneas de investigación que serán continuadas por las siguientes generaciones de estudiantes. La ciencia avanza precisamente de esa manera: cada investigador construye sobre el conocimiento generado por quienes lo precedieron y, al mismo tiempo, deja un punto de partida para quienes continuarán el camino.

Este proceso también fortalece la capacidad científica de un país. Contar con laboratorios especializados, infraestructura de alto nivel y grupos de investigación consolidados permite que México participe activamente en la generación de conocimiento, en lugar de limitarse a adoptar tecnologías desarrolladas en otras partes del mundo. Cada proyecto de investigación, cada estudiante graduado y cada colaboración internacional contribuyen a construir una comunidad científica más sólida, capaz de responder a los desafíos nacionales desde el conocimiento y la innovación.

En un contexto donde problemas como la escasez de agua, la contaminación

ambiental, la transición energética y el cambio climático demandan soluciones cada vez más complejas, la investigación científica adquiere un papel estratégico. La nanotecnología, la ciencia de materiales y muchas otras disciplinas ofrecen herramientas para enfrentar estos retos, pero su verdadero impacto depende del talento humano que las impulsa.

Quizá esa sea una de las enseñanzas más importantes que deja un laboratorio. Más allá de los equipos, las fórmulas o los materiales sintetizados, la ciencia es un esfuerzo profundamente humano. Es el resultado de la curiosidad, la perseverancia y el trabajo colectivo de personas convencidas de que comprender mejor la naturaleza puede ayudarnos a construir un mundo más saludable, más sostenible y con mayores oportunidades para todos.



Figura 9. La ciencia avanza gracias a la curiosidad, el trabajo en equipo y la perseverancia. El desarrollo de un nuevo nanomaterial requiere la participación de especialistas de distintas disciplinas, numerosos experimentos y la formación de nuevas generaciones de investigadores. **Fuente:** Elaboración propia. Ilustración realizada por PAM con apoyo de IA (OpenAI ChatGPT), 2026.

UN FUTURO CONSTRUIDO DESDE LO DIMINUTO

A lo largo de este recorrido hemos descubierto que la nanotecnología no es una ciencia reservada para películas de ficción ni un conocimiento inaccesible para unos cuantos especialistas. Es una disciplina que busca comprender cómo se comporta la materia cuando se trabaja en dimensiones extraordinariamente pequeñas y, sobre todo, cómo aprovechar ese comportamiento para resolver problemas que afectan directamente nuestra vida cotidiana.

Lo verdaderamente fascinante es que muchas de las soluciones que podrían transformar nuestro futuro comienzan siendo prácticamente invisibles. Una película delgada depositada sobre un vidrio, una nanopartícula miles de veces más pequeña que un cabello humano o una heteroestructura formada por apenas unas cuantas decenas de nanómetros pueden contribuir al desarrollo de tecnologías capaces de purificar agua, producir hidrógeno utilizando la energía del sol, detectar gases contaminantes o mejorar el desempeño de dispositivos electrónicos.

La ciencia de materiales nos ha enseñado que el tamaño no determina la importancia. En ocasiones, basta con modificar algunos átomos, incorporar una pequeña cantidad de otro elemento químico o cambiar la forma en que crece un cristal para obtener propiedades completamente nuevas. Es precisamente esa capacidad de diseñar materiales con funciones específicas la que ha convertido a la nanotecnología en uno de los campos de investigación más dinámicos del siglo XXI.

Sin embargo, el verdadero valor de estos avances no reside únicamente en los materiales que se sintetizan, sino en las posibilidades que generan para la sociedad. Cada nuevo conocimiento adquirido amplía nuestra capacidad para enfrentar desafíos tan complejos como el acceso al agua potable, la transición hacia energías más limpias, la reducción de la contaminación ambiental y el desarrollo de tecnologías más eficientes y sostenibles. La innovación no surge de manera espontánea; es el resultado de miles de horas de trabajo, de la colaboración entre distintas disciplinas y del compromiso de investigadores y estudiantes que, día con día, buscan comprender mejor el mundo que nos rodea.

También es importante recordar que la ciencia es una construcción colectiva. Los materiales que hoy se investigan en un laboratorio podrán convertirse mañana en la base de nuevas tecnologías desarrolladas por otros grupos de investigación, empresas o instituciones. Cada experimento exitoso, cada resultado publicado y cada estudiante formado representan una inversión en el conocimiento que permitirá responder a preguntas que quizá todavía no hemos imaginado.

En un mundo que enfrenta desafíos ambientales, energéticos y tecnológicos cada vez más complejos, apostar por la investigación científica significa apostar por la capacidad de encontrar soluciones propias, formar nuevas generaciones de científicos y fortalecer la innovación como motor del desarrollo. México cuenta con investigadores, estudiantes e infraestructura capaces de contribuir de manera significativa a este esfuerzo global, demostrando que el conocimiento generado en nuestros laboratorios puede tener un impacto que trascienda fronteras.

Quizá, la próxima vez que observemos una nube desplazarse lentamente por el cielo, la miremos con otros ojos. Después de todo, una nube no solo puede anunciar la llegada de la lluvia. También puede inspirar una tecnología capaz de fabricar materiales extraordinarios.

En algún laboratorio, millones de diminutas gotas suspendidas en el aire están recorriendo silenciosamente el interior de un reactor. Dentro de cada una de ellas viajan átomos que, al reorganizarse, darán origen a nuevos materiales con propiedades cuidadosamente diseñadas. Algunos ayudarán a limpiar el agua; otros aprovecharán la energía del sol para producir hidrógeno; algunos más detectarán gases invisibles o harán posibles dispositivos que aún no existen.

Así, entre millones de gotas casi imperceptibles, comienza una historia que demuestra que las transformaciones más grandes pueden nacer de las estructuras más pequeñas. Esa es, quizá, la mayor lección de la nanotecnología: el futuro también se construye a escala nanométrica.

"La próxima vez que observes una nube en el cielo, quizá recuerdes que otra nube, invisible y creada dentro de un laboratorio, podrá estar ayudando a limpiar el agua que bebemos, detectar el aire que respiramos o producir la energía del futuro. Así, la nanotecnología nos recuerda que, en ocasiones, los cambios más grandes comienzan con materiales tan pequeños que resultan invisibles."

REFERENCIAS

- [1] K.I. Contreras-Vargas, A. Heiras-Trevizo, P. Amézaga-Madrid, Aerosol-assisted CVD method for the synthesis of solid particles of t-YSZ-Fe₃O₄, *MethodsX*, 10, 2023, 101973. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2022.101973>.
- [2] A. Heiras-Trevizo, A. Sáenz-Trevizo, P. Pizá-Ruiz, P. Amézaga-Madrid, Al-doped Fe₃O₄ hollow nanostructured particles: A promising material for application in the coagulation-flocculation process, *Materials Letters*, 330, 2023, 133404. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2022.133404>.
- [3] B.E. Monárrez-Cordero, P. Amézaga-Madrid, L. Fuentes-Cobas, M.E. Montero-Cabrera, M. Miki-Yoshida, High and fast adsorption efficiency of simultaneous As³⁺, As⁵⁺ and F⁻ by Al-doped magnetite synthesized via AACVD, *Journal of Alloys and Compounds*, 718, 2017, 414–424. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2017.05.126>.
- [4] B.E. Monárrez-Cordero, A. Sáenz-Trevizo, L.M. Bautista-Carrillo, L.G. Silva-Vidaurri, M. Miki-Yoshida, P. Amézaga-Madrid, Simultaneous and fast removal of As³⁺, As⁵⁺, Cd²⁺, Cu²⁺, Pb²⁺ and F⁻ from water with composite Fe-Ti oxide nanoparticles, *Journal of Alloys and Compounds*, 757, 2018, 150–160. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2018.05.013>.
- [5] P. Pizá-Ruiz, V.H. Collins-Martínez, A. López-Ortiz, Y. Verde-Gómez, D.A. Vázquez-Vargas, J. López-Medina, P. Amézaga-Madrid, AACVD-engineered TiO₂/ZnO/CuFeO₂/SnO₂/Pt architectures for enhanced solar hydrogen production, *International Journal of Hydrogen Energy*, 239, 2026, 155402. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2026.155402>.
- [6] D.A. Vázquez-Vargas, P. Amézaga-Madrid, AACVD-derived ZnO/NiO/Pt heterostructured thin films for photoactivated low-temperature CO₂ sensing, *Materials Science and Engineering: B*, 332, 2026, 119684. <https://doi.org/10.1016/j.mseb.2026.119684>.
- [7] D.A. Vázquez-Vargas, P. Pizá-Ruiz, P. Amézaga-Madrid, AACVD system and protocol to fabricate CuO and Co₃O₄ nanostructured coatings for application as selective absorbent materials, *MethodsX*, 10, 2023, 102219. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2023.102219>.
- [8] D.A. Vázquez-Vargas, P. Pizá-Ruiz, O. Solís-Canto, R.J. Sáenz-Hernández, P. Amézaga-Madrid, Low-temperature CO₂ sensing performance of Pt-decorated ZnO and NiO thin films: Synthesis and characterization, *Physica B: Condensed Matter*, 717, 2025, 417860. <https://doi.org/10.1016/j.physb.2025.417860>.



EL RIEGO INTELIGENTE DEL MANZANO

Mariela Rascón Castillo ^[1], Guadalupe Isela Olivas ^[2], Rafael Ángel Parra
Quezada ^[1], Francisco Javier Molina Corral ^[2], María Noemí Frías Moreno ^[1]

[1] Universidad Autónoma de Chihuahua,
[2] Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo Unidad Cuauhtémoc

RESUMEN

En un estado donde cada gota de agua cuenta, innovar en la forma de regar puede marcar la diferencia entre conservar un cultivo o perderlo.” En las huertas de manzano de Chihuahua, cada temporada trae consigo el mismo desafío: producir fruta de alta calidad en un contexto donde el agua es un recurso cada vez más escaso. Durante mucho tiempo se pensó que la mejor manera de asegurar una buena cosecha era regar abundantemente. Sin embargo, la ciencia ha demostrado que existe otra alternativa. El riego parcial de la raíz es una estrategia innovadora que permite al árbol aprovechar mejor cada gota de agua. Al alternar el riego entre un lado y otro del sistema de raíces, los manzanos activan respuestas naturales que les ayudan a utilizar el agua con mayor eficiencia, mantener una buena producción de fruta y enfrentar mejor las condiciones de un clima cada vez más variable.

PALABRAS CLAVE

Riego parcial de la raíz

Eficiencia hídrica

Sostenibilidad

Una innovación que nace desde las raíces

Cuando se habla de manzana en México, inevitablemente se habla de Chihuahua. El estado produce alrededor del 85% de la manzana nacional, y el municipio de Cuauhtémoc concentra la mayor superficie cultivada y producción del país[3]. Este liderazgo convierte a Chihuahua en un referente de la fruticultura mexicana, pero también en un estado especialmente vulnerable a la escasez de agua.

En los últimos años, el agua se ha convertido en uno de los recursos más valiosos para la agricultura. En un cultivo como el manzano, donde la producción depende en gran medida del riego, encontrar alternativas que permitan ahorrar agua sin disminuir la productividad representa uno de los principales retos para productores, investigadores y autoridades. Ante este panorama, una de las soluciones

más prometedoras podría encontrarse, literalmente, bajo nuestros pies: en las raíces del árbol.

Esta estrategia recibe el nombre de riego parcial de la raíz. Aunque el término puede parecer complejo, su funcionamiento es sorprendentemente sencillo. En lugar de regar todo el sistema de raíces al mismo tiempo, el agua se aplica únicamente a un lado del árbol, mientras el otro permanece temporalmente seco. Después de algunos días, el riego se alterna hacia el lado opuesto.

Este manejo estimula respuestas naturales que permiten al árbol aprovechar el agua de manera más eficiente, reduciendo las pérdidas sin afectar su desarrollo.

Con el propósito de evaluar el potencial de esta tecnología en las condiciones productivas de Chihuahua, un equipo de docentes investigadores y una estudiante de doctorado de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua, en colaboración con investigadores del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), desarrollaron un estudio en una huerta de manzano ubicada en el municipio de Cuauhtémoc. Durante la investigación se comparó el riego parcial de la raíz con el riego completo y con el sistema de riego utilizado por el productor, evaluando la respuesta de los árboles y la eficiencia en el uso del agua. Los resultados fueron alentadores: fue posible reducir hasta en un 59% el volumen de agua aplicado, manteniendo un adecuado funcionamiento del cultivo y mejorando significativamente el aprovechamiento de cada litro de agua utilizado. Estos hallazgos demuestran que es posible producir manzana de una manera más sostenible, una ventaja especialmente valiosa para las regiones semiáridas como Chihuahua. En un escenario donde cada gota de agua cuenta, innovaciones como el riego parcial de la raíz muestran que producir más no siempre significa utilizar más agua, sino aprender a utilizarla de forma más inteligente.

¿Cómo logra ahorrar agua un manzano?

Como se muestra en la Imagen 1, el riego parcial de la raíz funciona de una manera muy sencilla. A diferencia del riego completo, donde toda la zona de raíces recibe agua al mismo tiempo, este sistema alterna el suministro de agua entre un lado y otro del árbol. Mientras una parte de las raíces permanece húmeda, la otra experimenta un secado temporal. Después de algunos días, el riego cambia de lado y el proceso se repite. Gracias a esta alternancia, el árbol aprovecha mejor el agua disponible, reduce su consumo y mantiene un adecuado crecimiento y producción.

¿CÓMO FUNCIONA EL RIEGO PARCIAL DE LA RAÍZ?

1. RIEGO COMPLETO

Se riega todo el sistema de raíces al mismo tiempo.



Se aplica agua en toda la zona de raíces. Mayor consumo de agua.

2. RIEGO PARCIAL DE LA RAÍZ

Se riega solo un lado de las raíces, mientras el otro permanece seco.



El agua se alterna entre un lado y otro. El árbol usa mejor el agua y se reduce el desperdicio.

Zona húmeda (con riego)

Zona seca (sin riego)



Este manejo estimula al árbol a usar el agua de manera más eficiente, sin afectar su crecimiento ni la producción de frutos.

Imagen 1. Comparación entre el riego completo y el riego parcial de la raíz. En el riego parcial de la raíz, el agua se aplica alternadamente a un lado del sistema de raíces, mientras el lado opuesto permanece temporalmente seco. Esta estrategia permite al árbol aprovechar el agua de manera más eficiente. **Fuente:** Elaboración propia con apoyo de inteligencia artificial generativa.

Un sistema de riego diseñado por el productor

Para comparar el desempeño del riego parcial de la raíz, también se evaluó el sistema de riego utilizado por el productor (Imagen 2). A diferencia del riego completo y del riego parcial de la raíz, este sistema contaba con un diseño particular que combinaba dos líneas de riego: una instalada sobre la superficie del suelo y otra enterrada a 30 cm de profundidad. Como se observa en la Imagen 2, ambas líneas funcionaban de manera simultánea para humedecer la zona donde se desarrolla el sistema de raíces del árbol. Este manejo buscaba favorecer una distribución del agua tanto en la superficie como en las capas más profundas del suelo, aprovechando el crecimiento de las raíces a diferentes profundidades.

Durante el estudio, este sistema aplicó un volumen total de 5,223 litros de agua por árbol durante el ciclo agrícola, una cantidad muy similar a la utilizada en el riego completo (5,393 L árbol⁻¹). En contraste, el riego parcial de la raíz requirió únicamente 2,196 litros por árbol, lo que representó una reducción del 59% en el volumen de agua aplicado, sin comprometer el adecuado funcionamiento del cultivo.

Estos resultados muestran que no solo importa la cantidad de agua utilizada, sino también la forma en que se distribuye. Un manejo más eficiente del riego puede contribuir significativamente al ahorro de agua, un aspecto fundamental para mantener la producción de manzana en las regiones semiáridas de Chihuahua.

3. RIEGO DEL PRODUCTOR

Este productor tenía un riego particular diseñado con dos líneas de riego: una superficial y otra subterránea a 30 cm de profundidad.

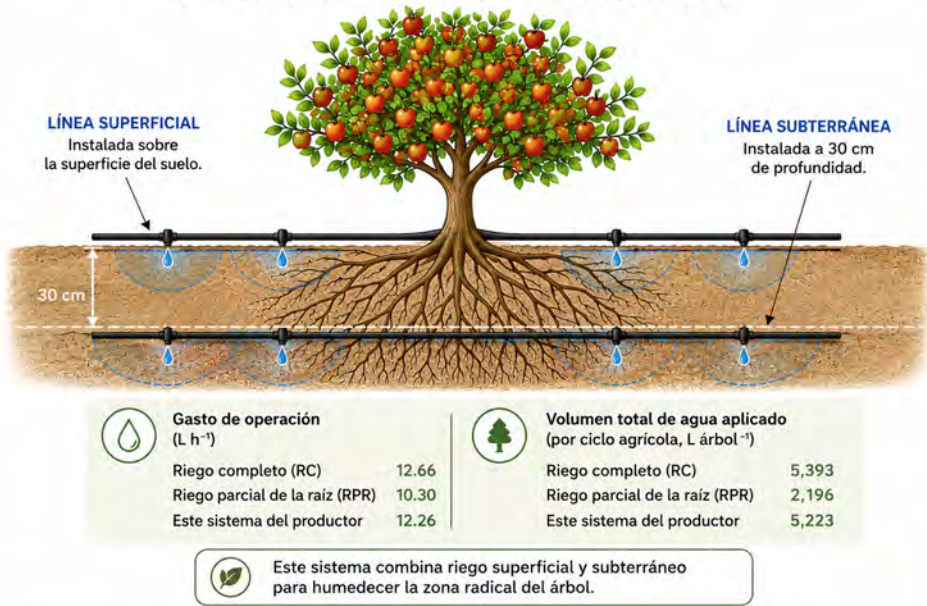


Imagen 2. Sistema de riego utilizado por el productor durante el estudio. El diseño combinó una línea de riego superficial y otra subterránea instalada a 30 cm de profundidad para humedecer la zona radicular del manzano. También se muestran los gastos de operación y el volumen total de agua aplicado durante el ciclo agrícola en comparación con el riego completo y el riego parcial de la raíz. **Fuente:** Elaboración propia con apoyo de inteligencia artificial generativa.

Más manzanas con menos agua

El verdadero valor de una estrategia de riego no solo se mide por la cantidad de agua que ahorra, sino por su capacidad para mantener una buena producción. En un estado como Chihuahua, donde el agua es un recurso cada vez más limitado, producir más utilizando menos agua representa uno de los mayores retos para la agricultura.

Los resultados obtenidos demostraron que el riego parcial de la raíz permitió aprovechar el agua de forma mucho más eficiente que los otros sistemas evaluados. Como se observa en el Gráfico 1, este tratamiento alcanzó una eficiencia de 3.66 kg de manzana por cada metro cúbico de agua aplicada, más del doble de la obtenida con el riego completo (1.55 kg m⁻³) y con el sistema de riego utilizado por el productor (1.39 kg m⁻³).

En otras palabras, cada metro cúbico de agua aplicado mediante el riego parcial de la raíz produjo más del doble de manzana que los sistemas convencionales. Esto demuestra que es posible reducir significativamente el consumo de agua sin comprometer la productividad del cultivo, una ventaja especialmente importante para las regiones semiáridas como Chihuahua, donde el aprovechamiento eficiente del recurso hídrico es clave para la sostenibilidad de la fruticultura.



Más manzanas con menos agua

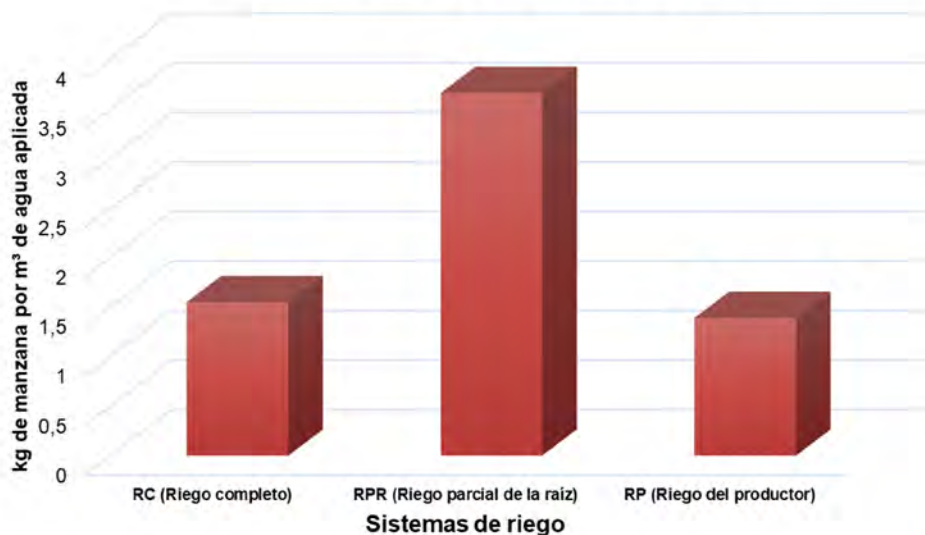


Gráfico 1. Uso eficiente del agua (UEA) en tres sistemas de riego evaluados en manzano. La UEA se calculó como la relación entre el rendimiento (kg de frutos) y el volumen total de agua aplicado (m³), expresándose como kilogramos de manzana producidos por metro cúbico de agua utilizada. **Fuente:** Elaboración propia.

En la investigación desarrollada, además del ahorro de agua logrado con el riego parcial de la raíz, se observó otro beneficio importante. La aplicación foliar de un bioestimulante contribuyó a mantener la actividad fotosintética durante los días más cálidos. Cuando esta bioestimulación se combinó con el riego parcial de la raíz, los manzanos mostraron un mejor desempeño fisiológico, lo que sugiere que ambas estrategias pueden complementarse para ayudar al cultivo a adaptarse mejor a los veranos más calurosos y a la creciente escasez de agua que enfrenta Chihuahua.



Manzanos más resilientes en un clima cambiante

El clima de Chihuahua presenta condiciones cada vez más desafiantes para la producción de manzana. Las variaciones en la temperatura y en los patrones climáticos representan un reto para el desarrollo y la adaptación del cultivo en la región[1]. A ello se suma la creciente presión sobre los recursos hídricos, que hace indispensable desarrollar estrategias para utilizar el agua de manera más eficiente [4].

En este escenario, el riego parcial de la raíz representa una alternativa prometedora. Al suministrar agua de forma alternada a cada lado del sistema de raíces, el árbol activa respuestas naturales que le permiten aprovechar mejor el agua disponible y mantener un adecuado funcionamiento aun cuando este recurso es limitado[2,4].

Sin embargo, el riego eficiente no es la única herramienta disponible. En los últimos años, la agricultura también ha incorporado el uso de bioestimulantes, productos elaborados a partir de sustancias de origen natural, como los extractos de algas marinas. A diferencia de los fertilizantes, cuya función principal es aportar nutrientes, los bioestimulantes estimulan procesos naturales de las plantas que favorecen un mejor aprovechamiento del agua y los nutrientes, además de fortalecer su capacidad para enfrentar condiciones de estrés, como las altas temperaturas y la sequía.



UN FUTURO DONDE CADA GOTA CUENTA

Más que una nueva forma de regar, el riego parcial de la raíz representa una estrategia para hacer un uso más inteligente de uno de los recursos más valiosos para la agricultura: el agua. Cuando esta práctica se complementa con herramientas como la bioestimulación de origen natural, las huertas fortalecen su capacidad para enfrentar las altas temperaturas, los periodos de sequía y otros desafíos asociados al cambio climático.

Para un estado como Chihuahua, donde la producción de manzana constituye una actividad de gran importancia económica y social, este tipo de innovaciones representa una oportunidad para avanzar hacia una fruticultura más eficiente, resiliente y sostenible. Después de todo, la verdadera innovación no siempre consiste en utilizar más recursos, sino en aprender a aprovechar mejor los que ya tenemos.

El riego parcial de la raíz es un claro ejemplo de cómo el conocimiento científico puede transformarse en soluciones prácticas para los productores. Esta estrategia permite ahorrar agua, mantener la productividad de las huertas y contribuir a que la fruticultura de Chihuahua esté mejor preparada para enfrentar los desafíos del cambio climático.

Chihuahua cuenta con investigadores, productores e instituciones comprometidas con la innovación agrícola. El trabajo conjunto entre la ciencia y el sector productivo será fundamental para que tecnologías como el riego parcial de la raíz lleguen a más huertas y contribuyan a preservar uno de los cultivos más emblemáticos del estado.

Al final, cada gota de agua que logramos ahorrar hoy representa una oportunidad para asegurar el futuro de nuestros manzanos, de quienes los cultivan y de las generaciones que seguirán encontrando en la manzana uno de los cultivos más representativos de Chihuahua

REFERENCIAS

- [1] Cruz-Álvarez, O., de Jesus Ornelas-Paz, J., Araujo-Pallares, D. L., Frias-Moreno, M. N., Ávila-Quezada, G. D., Ojeda-Barrios, D. L., & Jacobo-Cuellar, J. L. (2025). Temporal variations in flowering of 'Honeycrisp'apple grafted on eight different rootstocks. *Horticultural Science*, 52(3), 211.
- [2] Du, S., Kang, S., Li, F., & Du, T. (2017). Water use efficiency is improved by alternate partial root-zone irrigation of apple in arid northwest China. *Agricultural Water Management*, 179, 184-192.
- [3] SIAP (2024). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, Ciudad de México, México.
- [4] Sun, Y., Wang, C., Chen, H. Y., & Ruan, H. (2020). Response of plants to water stress: A meta-analysis. *Frontiers in Plant Science*, 11, 978.





CRECER JUNTOS PARA COMUNICAR LA CIENCIA

Iván Jalil Antón Carreño Márquez ^[1]

[1] Red de Divulgación Científica del Norte de México A.C., capítulo Chihuahua



PALABRAS CLAVE

Comunicación

Comunidades

Colaboración

La divulgación científica, o Comunicación Pública de la Ciencia (CPC) como se le conoce más recientemente, ha evolucionado notablemente tanto en sus prácticas como en su marco conceptual durante las últimas décadas. Lo que en otro momento podía entenderse como un conjunto de actividades aisladas (una conferencia, una feria de ciencias, una entrevista o un artículo de divulgación) hoy conforma un campo profesional con características y metodologías propias. Consecuencia natural de lo anterior es que en distintas regiones ha surgido un fenómeno al que vale la pena prestarle atención: la creación y consolidación de asociaciones, redes y comunidades que reúnen a personas dedicadas a comunicar la ciencia. Si la CPC puede realizarse de manera individual, ¿qué motiva a profesionales a organizarse en colectivos? La respuesta parece encontrarse en la posibilidad de aprender juntos.

Desde el ámbito educativo, este tipo de agrupaciones se conocen como comunidades de práctica, concepto desarrollado por Wenger para describir grupos de personas que comparten un interés y que desarrollan conocimientos mediante la interacción continua [1]. A diferencia de los modelos tradicionales de capacitación, donde el aprendizaje ocurre principalmente en cursos o talleres, las comunidades de práctica reconocen que gran parte del conocimiento profesional se construye al intercambiar experiencias, discutir situaciones cotidianas, compartir recursos y reflexionar colectivamente sobre la práctica. A través de estas actividades se genera una identidad compartida, uno de los rasgos más distintivos de estas comunidades.

Esta idea resulta especialmente relevante para la CPC. A diferencia de otras profesiones con trayectorias formativas bien definidas, los comunicadores de la ciencia provienen de perfiles muy diversos. Investigadores, docentes, periodistas, museógrafos, divulgadores independientes, diseñadores, artistas y gestores culturales participan diariamente en actividades para acercar la ciencia a la sociedad. Cada uno acumula experiencias valiosas, pero si estas permanecen únicamente en el ámbito individual, gran parte del conocimiento generado termina perdiéndose.

En los últimos años ha comenzado a aparecer evidencia que respalda el valor de estas comunidades dentro de la CPC.

Naughton y colaboradores documentaron cómo una comunidad integrada por especialistas en comunicación científica e investigadores fortaleció las capacidades de sus integrantes para comunicar evidencia, desarrollar narrativas compartidas, producir materiales de divulgación y adoptar nuevas estrategias de interacción con distintos públicos. Los autores destacan que muchas de estas capacidades difícilmente se habrían desarrollado mediante esfuerzos individuales [2].

Otros trabajos también apuntan en la misma dirección. Lewenstein y Baram-Tsabari sostienen que la formación en CPC debería concebirse como un proceso continuo de desarrollo profesional y no únicamente como una sucesión de cursos aislados. Desde esta perspectiva, el aprendizaje ocurre conforme las personas participan activamente en una comunidad, fortalecen su identidad como comunicadores y enfrentan retos cada vez más complejos [3]. Paralelamente, se argumenta que una CPC basada en evidencia requiere una interacción mucho más estrecha entre quienes investigan este campo y quienes lo practican cotidianamente [4].

Quizá por ello se han consolidado organizaciones internacionales como la Red de Comunicación Pública de Ciencia y Tecnología (PCST Network), a nivel continental la Red de Popularización de la Ciencia y Tecnología en América Latina y el Caribe (RedPOP) y en México la Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica (SOMEDCyT) o la Red de Divulgación Científica del Norte de México (RDCNM). Aunque cada una posee objetivos particulares, todas comparten un elemento común: ofrecer espacios donde las personas puedan aprender unas de otras, intercambiar experiencias, generar colaboraciones y contribuir a la profesionalización de la comunicación pública de la ciencia.

Chihuahua no escapa a esta realidad internacional y regional. El estado cuenta con universidades, centros públicos de investigación, museos, instituciones educativas, organizaciones civiles y divulgadores independientes que desarrollan una gran diversidad de actividades de comunicación pública de la ciencia. Sin embargo, muchas de estas iniciativas continúan dependiendo del esfuerzo individual o institucional, con pocas oportunidades para compartir experiencias de manera sistemática. Fortalecer los espacios de colaboración entre quienes ya realizan estas actividades podría generar beneficios importantes para el ecosistema estatal. Compartir metodologías, intercambiar materiales, evaluar experiencias, desarrollar proyectos conjuntos, acompañar a nuevos divulgadores y construir iniciativas regionales permitiría aprovechar de mejor manera el conocimiento acumulado por la comunidad.



En el marco de la discusión sobre educación, talento y futuro STEM, solemos centrar nuestra atención en cómo formar nuevas generaciones de científicas, científicos e ingenieros. Sin embargo, pocas veces reflexionamos sobre quiénes forman a las personas encargadas de despertar esas vocaciones. La evidencia disponible sugiere que una parte importante de ese aprendizaje ocurre dentro de comunidades donde la experiencia se comparte, la colaboración se convierte en una herramienta de formación y el conocimiento deja de ser individual para transformarse en un recurso colectivo.

Ninguna comunidad científica crece únicamente gracias a quienes generan conocimiento. También necesita personas capaces de compartirlo, aprender entre ellas y construir redes que permitan que ese conocimiento llegue a la sociedad. Quizá el futuro de la CPC en Chihuahua dependa menos de organizar más actividades y más de fortalecer a la comunidad que las hace posibles. La ciudad de Chihuahua posee un ecosistema de CPC variado, pero con diversos retos que aún persisten, por lo que fortalecer este ecosistema impactaría en la calidad de CPC que se hace [5]. Después de todo, un ecosistema sólido no depende únicamente del talento de sus integrantes, sino de la capacidad que tienen para aprender, colaborar y crecer como comunidad.

REFERENCIAS

- [1] Wenger, E. (1998). *Communities of practice: Learning, meaning, and identity*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511803932>
- [2] Naughton, S. S., Kuswara, K., Burgess, A. E., Dinmore, H., Jones, C., Metcalfe, K., Turon, H., & Signy, H. (2024). Building prevention research science communication and knowledge translation capacity through multidisciplinary collaboration. *Public Health Research & Practice*, 34(1). <https://doi.org/10.17061/phrp3412409>
- [3] Lewenstein, B. V., & Baram-Tsabari, A. (2022). How should we organize science communication trainings to achieve competencies? *International Journal of Science Education, Part B*, 12(4), 289–308. <https://doi.org/10.1080/21548455.2022.2136985>
- [4] Jensen, E. A., & Gerber, A. (2020). Evidence-based science communication. *Frontiers in Communication*, 5. <https://doi.org/10.3389/fcomm.2019.00078>
- [5] Carreño-Márquez, I., & Cereceres-Aguirre, M. A. (2022). Experiencing science communication from a local perspective: An analysis of the volunteer SciCom groups in Chihuahua, Mexico. *Journal of Science Communication*. <https://doi.org/10.22323/2.21030206>





MODELO 7E. INNOVANDO LA ENSEÑANZA

Priscila Loya Ramírez ^[1]

[1] CECyT 21 Riberas Chihuahua



RESUMEN

La siguiente investigación muestra una intervención didáctica diseñada con base en el modelo 7E para la enseñanza del concepto de energía con el objetivo de medir el aprendizaje de los estudiantes.

La implementación se realizó dentro del plantel CECyT 21 Riberas Chihuahua en cuatro grupos de estudiantes cursando el segundo semestre dentro de la asignatura de Ciencias Naturales. Se diseñó un cuadernillo de trabajo para las actividades en clase que incluyen los simuladores PhET (Physics Education Technology), se aplicó un pretest y un postest con la finalidad de identificar los aprendizajes de los estudiantes con respecto al concepto de energía.

Los resultados obtenidos, analizados a través del factor de ganancia normalizada de Hake, indican que los cuatro grupos obtuvieron una ganancia conceptual, lo que se traduce en un aprendizaje.

Esta investigación aporta evidencia empírica relevante para el campo de la didáctica de las ciencias, al subrayar la complejidad inherente a la enseñanza y aprendizaje del concepto de energía en el nivel medio superior y dando como aporte principal una propuesta didáctica de enseñanza para implementar dentro de las aulas.

PALABRAS CLAVE

Enseñanza

Modelo 7E

Metodologías activas



Introducción

Actualmente nos encontramos en una nueva era tecnológica donde la inmediatez es garantía, la inmediatez de la información, de las conexiones sociales e incluso del aprendizaje, frente a todos estos cambios tecnológicos e innovadores que son tan atractivos para nuestros jóvenes, la educación sigue utilizando métodos tradicionales de enseñanza que no cumplen con las expectativas de los estudiantes.

Es claro que el mundo está cambiando y demasiado rápido, nuestros jóvenes estudiantes del estado de Chihuahua son nativos digitales, nacieron con la tecnología y no conocen un mundo sin ella, no es de sorprenderse que los modelos tradicionales educativos desde hace ya varios años no han logrado atrapar la atención de los estudiantes, simplemente, los modelos educativos tradicionales en donde el docente es quien ocupa todo el tiempo de clase para exponer un tema en particular y los estudiantes son individuos pasivos que no tienen oportunidad de indagar sobre lo que ya saben, explorar y poner a prueba sus conocimientos, ya están obsoletos.

Frente a todo esto y grandes esfuerzos en conjunto, la tecnología está llegando poco a poco a las escuelas, no a la velocidad que nos gustaría, pero estamos en el proceso y con ello también han llegado los nuevos modelos educativos 4.0, modelos educativos innovadores que nos ofrecen un panorama muy prometedor para garantizar el aprendizaje de nuestros estudiantes.

¿Qué es y cómo surge la educación 4.0?

La educación 4.0 surge como una necesidad de dar respuestas a la industria 4.0, también conocida como la cuarta revolución industrial, incluso hoy en día, ya se habla de la quinta revolución industrial: colaboración entre humano-maquina y enfoque humano-sostenible, lo que implica que los modelos educativos deben adaptarse rápidamente para lograr dotar a nuestros futuros ciudadanos de las habilidades necesarias para desarrollarse exitosamente en la sociedad.

La educación 4.0 es un enfoque educativo que integra tecnología, innovación y aprendizaje personalizado, con el objetivo de preparar a los estudiantes para los retos del siglo XXI, se busca que los estudiantes aprendan de forma activa, resuelvan problemas reales y desarrollen habilidades prácticas y digitales, dentro de este contexto surgen las metodologías de aprendizaje activo. Se refiere al uso de las

nuevas herramientas tecnológicas de la información y la comunicación para preparar a las personas para el nuevo escenario [11].

Las metodologías de aprendizaje activo son estrategias de enseñanza donde el estudiante participa directamente en su aprendizaje: investiga, experimenta, resuelve problemas y construye conocimiento en lugar de solo memorizar. El rol de las metodologías activas de aprendizaje se centra en fomentar la participación integral y dinámica del estudiante en su propio proceso educativo, en lugar de ser solo receptor de conocimientos [19], algunas de las metodologías de aprendizaje activo que se pueden mencionar son: Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), Aula Invertida (Flipped Classroom), Gamificación, Aprendizaje por descubrimiento, el modelo de las 5E y 7E, entre otras.



El modelo de las 7E

El modelo de las 7E es una estrategia de enseñanza basada en siete etapas, este modelo surge del ya conocido y muy exitoso modelo de las 5E, ambos modelos se basan en el aprendizaje activo y las teorías del constructivismo. Este modelo de enseñanza fue propuesto por Eisenkraft [5], donde agrega dos etapas más al modelo 5E para complementar y profundizar el aprendizaje de los estudiantes.

El modelo 7E es una serie de siete fases planificadas e interconectadas en las que el alumno pasa por diversas investigaciones científicas explorando el material didáctico, construye el concepto después de llegar a una determinada conclusión y finalmente aplicar el concepto o un principio en una situación de principiantes [17], lo que pone a este modelo como una opción de vanguardia y satisfaciendo a las características de nuestros estudiantes, ya que las actividades realizadas en cada etapa son cortas, permitiendo que no se pierda el interés de los estudiantes, también permite que en las etapas puedan reflexionar sobre lo que ya saben y poder dialogar con sus compañeros para lograr resolver alguna situación en específico, a continuación se describe cada etapa:

ELICITAR: El objetivo es brindar una oportunidad a los alumnos de expresar su conocimiento intuitivo, esta fase activa el conocimiento existente del estudiante [17], son actividades que pueden llevar entre 10 o 15 minutos.

ENGANCHAR: El motivo de esta fase es conseguir que la mente de los estudiantes se centre en el tema, el docente despierta el interés y estimula la curiosidad de los alumnos por el aprendizaje de la materia para que estén dispuestos a dedicar toda su atención a los contenidos impartidos [15].

EXPLORAR: El propósito de esta fase es proporcionar a los estudiantes una experiencia común, los estudiantes se involucran directamente en el tema, exploran el concepto ellos mismos, lo que les ayuda a desarrollar su propia comprensión y a darse cuenta de las explicaciones insatisfactorias en sus mentes [15].

EXPLICAR: Los estudiantes discuten y expresan sus comprensiones conceptuales con el profesor y sus compañeros, el docente explica todo el concepto estableciendo conexiones entre la comprensión de los estudiantes y ejemplos del mundo viviente [15].

ELABORAR: Esta fase brinda una oportunidad para que los estudiantes apliquen sus conocimientos a nuevos dominios [5].

EVALUAR: La evaluación formativa no debe limitarse a una fase particular del ciclo de las 7E, no debe ser lineal, debe tener lugar durante todas las interacciones con los estudiantes [5].

EXTENDER: En esta fase los estudiantes aplican los conceptos aprendidos en situaciones del mundo real, la transferencia del aprendizaje a un nuevo contexto mejora su comprensión conceptual [15].



Imagen 1. Etapas del 7E

La ventaja de implementar este modelo en la enseñanza es que ayuda a una comprensión más profunda de los conceptos, hace que el aprendizaje sea eficiente, promueve la transferencia de aprendizaje, estimula la motivación para aprender, genera confianza y autoestima, desarrolla habilidades de pensamiento, habilidades sociales y de comunicación [15] y diversos estudios e investigaciones han demostrado la efectividad del modelo 7E, por mencionar algunos tenemos las investigaciones de [4, 13, 16, 14, 6, 20, 10, 18, 2, 12, 8, 1, 9, 3], entre otros.

Implementación de este nuevo modelo de enseñanza dentro del aula

Como docente de ciencias y conociendo este nuevo modelo de enseñanza dentro de la educación 4.0, decidí ponerlo a prueba con mis estudiantes, la propuesta educativa que se presenta a continuación se basa en una intervención didáctica basada en el modelo de las 7E en cuatro grupos de estudiantes de educación media superior del plantel CECyT 21 Riberas localizado en la capital del estado de Chihuahua cursando el segundo semestre, el objetivo de la investigación fue medir el aprendizaje de los estudiantes con respecto al concepto de energía, considerando los cuatro esquemas del concepto: transferencia de energía, transformación de energía, conservación de energía y degradación de energía.

Como material se creó un cuadernillo de trabajo en donde se diseñaron actividades que incluyen los simuladores PhET (Physics Education Technology) para cada etapa del modelo 7E para cada uno de los esquemas del concepto de energía:

Actividad 5. ELABORAR (Tiempo en realizar la actividad: _____ minutos)

Objetivo: Esta actividad tiene como propósito brindar a los estudiantes la oportunidad de aplicar los conocimientos adquiridos sobre la conservación y degradación de la energía.

Instrucciones: En equipos de tres personas, observen el siguiente video, en el que se muestra la condición ideal sin fricción de un patinador que sube y baja por una pista. De acuerdo con lo observado en el video, respondan las preguntas planteadas.

- Liga del video: <https://youtu.be/fZTII2qiSII>

- Código QR para acceder al video:



¿Como medir el aprendizaje de los estudiantes después de implementar el modelo de las 7E en el aula?

Al iniciar el tema con los estudiantes se les aplico un examen diagnostico (pretest) y al finalizar la intervención didáctica después de cuatro semanas de clase se les aplico el mismo examen (postest), una vez implementada la intervención didáctica y la aplicación del pretest y postest se midió la ganancia conceptual mediante la fórmula del factor de Hake, esta fórmula te permite medir cuanto aprendieron los estudiantes con respecto a un concepto en particular [7], se utiliza la siguiente formula:

$$g = \frac{(\text{postest} - \text{pretest})}{(100 - \text{pretest})}$$

Imagen 4. Fórmula para calcular la ganancia conceptual.

La ganancia (g) se expresa en un valor de entre 0 y 1, se interpreta en tres rangos como se muestra a continuación:

Categoría	Rango del factor de Hake
Baja	$g \leq 0.3$
Media	$0.3 < g \leq 0.7$
Alta	$g > 0.7$

Imagen 5. Rangos del factor de Hake.

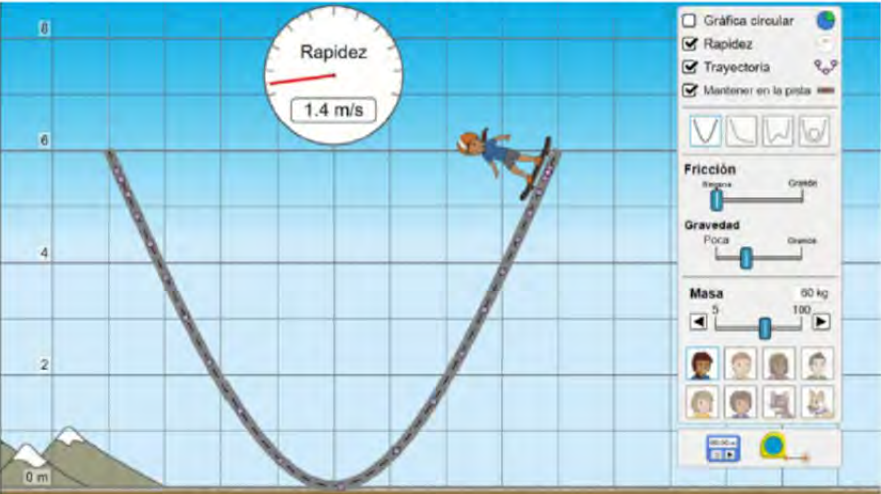


Figura 11. Video de un patinador subiendo y bajando en una condición ideal (sin fricción).

1. De acuerdo a lo que observaste en el video, ¿a qué se refiere que es una condición ideal (sin fricción)? Expliquen.

Imagen 2. Ejemplo de actividad del cuadernillo de trabajo.

Los PhET Interactive Simulations son simulaciones creados por la Universidad de Boulder Colorado que permiten experimentar con fenómenos científicos en una computadora o celular, son de libre acceso y generan gran interés por parte de los estudiantes ya que les permite manipular diversas variables para poder experimentar virtualmente el comportamiento de un fenómeno físico. Las imágenes que se muestran a continuación son el simulador utilizado, en donde el objetivo era analizar un patinador bajando y subiendo una pista para analizar la transferencia, transformación, conservación y degradación de la energía, se puede acceder al simulador mediante la siguiente liga: https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park/latest/energy-skate-park_all.html?locale=es

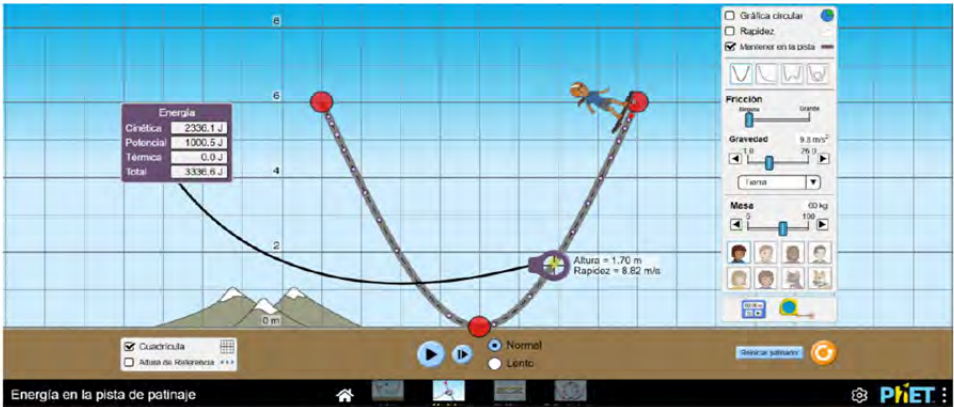


Imagen 3. Simulador PhET: Energía en la pista de patinaje.



De acuerdo al análisis de los datos se obtuvieron los siguientes aprendizajes para cada uno de los grupos: grupo #1 = 0.14, grupo #2 = 0.14, grupo #3 = 0.09 y grupo #4 = 0.07

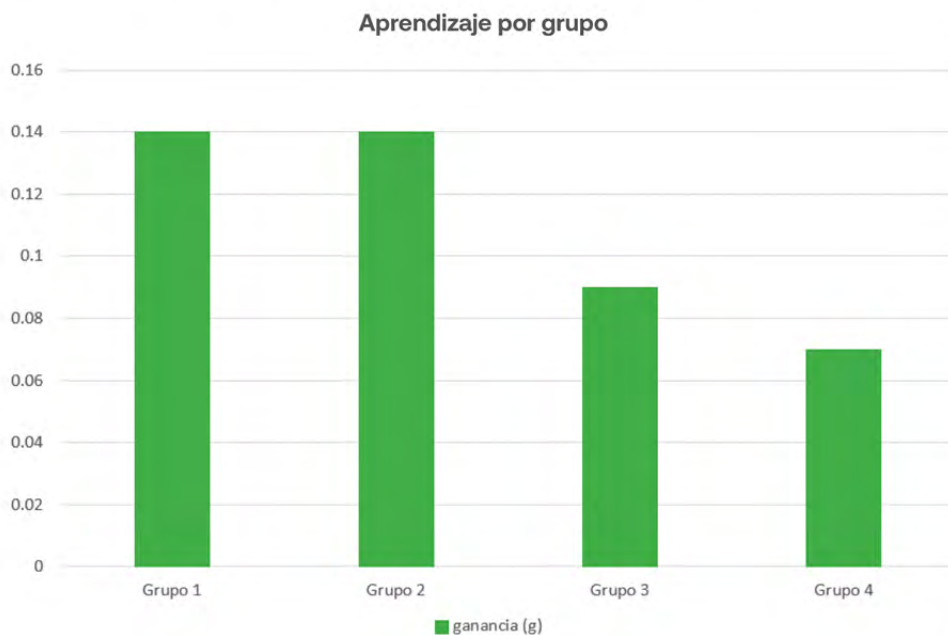


Imagen 6. Resultados de aprendizaje de los grupos de estudiantes.

Como resultado de la implementación del modelo 7E mediante el uso de simuladores PhET para el aprendizaje del concepto de energía, se puede destacar que en los cuatro grupos se obtuvo una ganancia conceptual, lo que demuestra que este modelo es una opción viable para seguir implementándolo dentro de nuestras aulas y sustituir la enseñanza tradicional por la enseñanza 4.0, a través de metodologías activas como el modelo 7E.

El uso de los simuladores PhET favoreció en gran medida las clases y generó mucho más interés por parte de los estudiantes. El poder manipular variables como la velocidad, la masa y la gravedad les brindó la oportunidad de predecir qué podría suceder con un fenómeno físico, para luego poner a prueba sus hipótesis y comprobarlas mediante las simulaciones. Es de suma importancia que, dentro de las aulas, la educación 4.0 esté presente. Incluir recursos tecnológicos permite aprovechar el uso del celular, que, más que verlo como un obstáculo, podemos considerarlo como un área de oportunidad para captar el interés de nuestros estudiantes y motivarlos a seguir construyendo su propio aprendizaje. El uso de nuevas metodologías de enseñanza activa ayuda a potenciar estos recursos tecnológicos.

Me gustaría concluir que, como docente de ciencias, vivir esta experiencia fue muy enriquecedor, porque observé a mis alumnos más interesados en participar. El hecho de que las actividades de cada etapa sean cortas ayuda a que ellos muestren mayor compromiso e interés por su aprendizaje. Finalmente, saber que se obtuvo un aprendizaje significativo fue muy satisfactorio para mí como docente. Invito a la comunidad a seguir buscando nuevas opciones y a continuar intentando generar un cambio con nuestros estudiantes dentro del aula de clase.



REFERENCIAS

- [1] Abas, H. T. H., Hairulla, M. S., Canalita, E. E., & Nabua, E. B. (2019, February). Development of 7E model lesson on earth systems: a lesson study. In *Journal of Physics: Conference Series*(Vol. 1157, No. 2, p. 022003). IOP Publishing.
- [2] Anisah, F., & Syukri, M. (2020, February). The effectiveness of 7E learning cycle model to improve student motivation in work and energy topic. In *Journal of Physics: Conference Series*(Vol. 1460, No. 1, p. 012136). IOP Publishing.
- [3] Cherono, J., Samikwo, D., & Kabesa, S. (2021). Effect of 7E learning cycle model on students' academic achievement in biology in secondary schools in Chusumbei subcounty, Kenya.
- [4] Diyyab, E. S., & Aly, E. (2021). A suggested program based on 7E Instructional Model and AWE Systems to Develop Faculty of Education ESP Students' Academic Writing Skills.*Journal of Education-Sohag University*,88.
- [5] Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E Model. A proposed 7E model emphasizes "transfer of learning" and the importance of eliciting prior understanding. *Science Teacher*, 70(6), 56-59.
- [6] Firdaus, F., Priatna, N. y Suhendra, S. (septiembre de 2017). Implementación del modelo de ciclo de aprendizaje 7E para mejorar la autoestima estudiantil. En *Journal of Physics: Conference Series*(Vol. 895, N.º 1, p. 012084). IOP Publishing.
- [7] Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses.*American journal of Physics*,66(1), 64-74.
- [8] Hartini, S., Abyati, D. S., & Salam, A. (2020). Developing high school physics teaching materials through 7E learning cycle model. In *Journal of Physics: Conference Series*(Vol. 1422, No. 1, p. 012032). IOP Publishing.
- [9] Karagöz, Ö., & Saka, A. Z. (2015). Development of teacher guidance materials based on 7E learning method in virtual laboratory environment.*Procedia-Social and Behavioral Sciences*,191, 810- 827.
- [10] Khairani, Z., Nasution, D., & Bukit, N. (2021, March). Analysis of science process skills using learning cycle 7E. In *Journal of Physics: Conference Series*(Vol. 1811, No. 1, p. 012085). IOP Publishing.
- [11] Maluenda Alborno, J. I., Gabalán Coello, J., Pozo Cabrera, E., Galve González, C., Barrera Arrestegui, L. A., Bernardo Gutiérrez, A. B., & otros. (2023). Educación 4.0: Una mirada sobre la educación superior actual para enfrentar el futuro. EDUNICA. <https://publicaciones.edunica.com.ec/index.php/edunica/catalog/book/70>
- [12] Miadi, O., Kaniawati, I., & Ramalis, T. R. (2018, November). Application of Learning Model (LC) 7E with Technology Based Constructivist Teaching (TBCT) and Constructivist Teaching (CT) Approach as efforts to improve student cognitive ability in static fluid concepts. In *Journal of Physics: Conference Series*(Vol. 1108, No. 1, p. 012059). IOP Publishing.
- [13] Muthma'Innah, M., Dahlan, J. A., & Suhendra, S. (2019, February). Ability of mathematical critical thinking-what about Learning Cycle 7E model?. In *Journal of Physics: Conference Series*(Vol. 1157, No. 3, p. 032129). IOP Publishing.
- [14] Rahmawati, A., Kartono, K., & Hidayah, I. (2019). Algebraic Thinking Ability Based on Mathematics Disposition in Learning Cycle 7E Model.*Unnes Journal of Mathematics Education Research*,8(1), 18-24.
- [15] Shaista, R. y Rekha, C. (2022). 7E Model: An effective instructional approach for teaching learning. *International Journal of Multidisciplinary Research*, 8(1), 339 – 345.
- [16] Sharma S. (2022). Acquisition of Integrated Science Process Skills through 7E Learning Instructional Model in Relation to Science Self Efficacy: A Budding Paradigm Shift. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 11, 151- 156.
- [17] Sharma, S. y Sankhian, A. (2018). Learning cycle model: a paradigm shift in instructional approach. *Shanlax International Journal of Education*, 6(2), 13 – 22.
- [18] Silitonga, B. I. A., Gani, A. R. F., & Silitonga, M. (2021). Analysis of students science process skills on digestive system learning using the 7e learning cycle model.*Jurnal Pelita Pendidikan*,9(2), 23208.
- [19] Villalobos-López, J. A. (2022). Metodologías activas de aprendizaje y la ética educativa.*Revista Tecnológica-Educativa Docentes* 2.0,13(2), 47-58.
- [20] Widyaningsih, E., Waluya, S. B., & Kurniasih, A. W. (2018, March). Analysis of critical thinking ability of VII grade students based on the mathematical anxiety level through learning cycle 7E model. In *Journal of Physics: Conference Series*(Vol. 983, No. 1, p. 012117). IOP Publishing.



raké



Ciencia
Tecnología
Innovación

PARTE III

Difusión de programas del
Instituto de Innovación y
Competitividad



MÁS CHIHUAHUA
más de lo bueno
GOBIERNO DEL ESTADO

INSTITUTO DE
INNOVACIÓN Y
COMPETITIVIDAD





ITCJ: SEMBRANDO INNOVACIÓN DESDE LAS AULAS

DEPARTAMENTO DE INNOVACIÓN Y EMPRENDIMIENTO

La formación del talento STEM no ocurre únicamente dentro del aula. También se fortalece cuando las y los estudiantes enfrentan retos reales, desarrollan soluciones innovadoras, presentan sus proyectos ante especialistas y establecen vínculos con empresas e instituciones que impulsan su crecimiento profesional. Bajo esta visión, el **Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez (ITCJ)** se ha consolidado como un referente regional en la promoción de la innovación, el emprendimiento y la vinculación con el sector productivo.

Durante 2026, el ITCJ llevó a cabo una serie de actividades que reflejan el compromiso institucional por ofrecer experiencias formativas que complementan la educación académica y preparan a sus estudiantes para responder a los desafíos de un entorno tecnológico en constante evolución. Eventos como InnovaTecNM, VinculaTec y las ferias de empleo especializadas son ejemplo de cómo la educación STEM trasciende las aulas para convertirse en un motor de desarrollo económico y social.

InnovaTecNM: donde las ideas toman forma

Uno de los eventos más importantes fue la etapa local del **InnovaTecNM 2026**, iniciativa impulsada por el Tecnológico Nacional de México para fomentar el desarrollo de soluciones innovadoras mediante la aplicación del conocimiento científico, tecnológico y empresarial.

tecnológico y empresarial.

En esta edición, estudiantes de distintas carreras presentaron prototipos, proyectos tecnológicos e ideas de negocio en categorías como innovación social, automatización, robótica, emprendimiento, cortometraje de innovación y retos transformacionales. La diversidad de propuestas demostró que la innovación puede surgir desde cualquier disciplina cuando existe creatividad, trabajo colaborativo y una visión orientada a resolver problemas reales.

El evento permitió que docentes, estudiantes, investigadores y público en general conocieran el talento desarrollado dentro de la institución, fortaleciendo una cultura donde la investigación y el emprendimiento forman parte del proceso educativo.



HackaLiebres: innovación con impacto

Como parte de InnovaTecNM, uno de los momentos más destacados fue la participación del equipo **HackaLiebres** en la modalidad **HackaTec**, donde estudiantes de distintas disciplinas trabajaron durante 18 horas continuas para desarrollar una solución enfocada en el reto de **Tecnologías para la Gestión Pública**.

El equipo estuvo conformado por **Claudia Elizabeth García Unzueta, Héctor Armando Tejada Robles, Miguel Ángel Colunga Meléndez, Ángel Alberto Carbajal Rivera y José Eduardo Martínez Fenelón**, bajo la asesoría de la **Mtra. Magdalena Lizeta González Mirano**.

Gracias a la calidad de su propuesta, el equipo obtuvo **86 puntos**, resultado que les permitió avanzar a la etapa regional de InnovaTecNM 2026, con la posibilidad de representar posteriormente al Tecnológico Nacional de México en la fase nacional.

Más allá del resultado obtenido, la experiencia refleja el valor de los hackatones como espacios donde los estudiantes desarrollan habilidades altamente demandadas en el ámbito profesional, como el trabajo interdisciplinario, la resolución de problemas, el liderazgo, la comunicación efectiva y la capacidad para innovar bajo presión.



VinculaTec: acercando el talento a las oportunidades

La formación integral también requiere que los estudiantes conozcan el entorno laboral al que se incorporarán una vez concluidos sus estudios. Con ese objetivo, el Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez organizó **VinculaTec**, un espacio diseñado para conectar a la comunidad estudiantil con empresas, organismos públicos y oportunidades de desarrollo profesional.

Durante la jornada participaron empresas de distintos sectores productivos, así como dependencias gubernamentales y organizaciones dedicadas al desarrollo económico, ofreciendo información sobre bolsas de trabajo, prácticas profesionales, residencias, servicio social y programas de capacitación.

Asimismo, se impartieron conferencias dirigidas a fortalecer las competencias profesionales de los estudiantes, brindándoles herramientas para enfrentar procesos de reclutamiento y comprender las tendencias actuales del mercado laboral.

Este tipo de iniciativas contribuye a reducir la brecha entre la formación académica y las necesidades de la industria, fortaleciendo la empleabilidad de los futuros profesionistas.

Un puente hacia la industria tecnológica global

Otro esfuerzo relevante fue la organización de una **Feria del Empleo con empresas taiwanesas**, en la que participaron compañías internacionales con presencia estratégica en la industria electrónica y de manufactura avanzada, entre ellas **Wiwynn, WNC, Wistron, Pegatron e Inventec**.

La llegada de empresas globales al estado de Chihuahua ha incrementado la demanda de profesionistas especializados en áreas STEM, particularmente en ingeniería, tecnologías de la información, automatización, manufactura inteligente y cadenas globales de suministro.

Al acercar a los estudiantes a estas organizaciones antes de concluir su formación profesional, el ITCJ fortalece la vinculación universidad-industria y facilita la incorporación del talento local a empresas que participan en sectores estratégicos para el desarrollo económico del estado.



Educación STEM con visión de futuro

Los eventos desarrollados durante 2026 muestran una estrategia integral para formar profesionistas capaces de innovar, emprender y responder a las necesidades de un entorno cada vez más competitivo. La combinación de competencias técnicas con experiencias prácticas, vinculación empresarial y trabajo colaborativo fortalece las habilidades que demanda la economía del conocimiento.

Invertir en el talento de las y los jóvenes es apostar por un Chihuahua más competitivo. Cada proyecto presentado, cada reto resuelto y cada vínculo establecido con el sector productivo representa una oportunidad para convertir el conocimiento en innovación y la innovación en desarrollo para nuestro estado.



TALENTO CHIHUAHUENSE EN LA REGENERON ISEF 2026

DEPARTAMENTO DE INNOVACIÓN Y EMPRENDIMIENTO



La ciencia no comienza en un laboratorio de alta tecnología ni termina con una publicación científica. En muchas ocasiones, inicia en un salón de clases, con una pregunta, una idea y la curiosidad de jóvenes que desean encontrar soluciones a problemas de su entorno. Ese es el caso de tres estudiantes del Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 90 (CBTA 90), de Cuauhtémoc, Chihuahua, quienes lograron representar a México y al estado de Chihuahua en la **Regeneron International Science and Engineering Fair (ISEF) 2026**, considerada la competencia de ciencia e ingeniería para estudiantes preuniversitarios más importante del mundo.

Lucía Samantha Gallegos Hernández, Ricardo Orozco Hernández y José Carlos Bueno Osuna, asesorados por la maestra Beatriz Ogaz Sandoval, participaron con el proyecto **"Biopelículas funcionales con harina de manzana adicionadas con hongos benéficos para aplicación agrícola"**, una propuesta que integra conocimientos de biotecnología, agricultura sostenible y economía circular para aprovechar subproductos agrícolas y contribuir al desarrollo de alternativas con potencial aplicación en el sector agropecuario.

Antes de llegar al escenario internacional, el proyecto recorrió un camino de preparación y evaluación. Fue presentado en la **Feria Mexicana de Ciencias e Ingenierías (FEMECI) 2026**, uno de los principales espacios nacionales para impulsar el talento científico juvenil, donde fue seleccionado para representar a México en ISEF gracias a la calidad de la investigación, la innovación de la propuesta y el compromiso demostrado por sus autores.

Participar en ISEF representa mucho más que asistir a una competencia. Cada año, este evento reúne a cerca de dos mil

estudiantes provenientes de más de sesenta países y regiones, quienes presentan proyectos científicos y tecnológicos ante especialistas, investigadores y representantes de universidades de prestigio internacional. Además de la evaluación de sus investigaciones, los participantes tienen la oportunidad de intercambiar experiencias con jóvenes de distintas culturas, conocer tendencias emergentes en ciencia y tecnología y fortalecer sus habilidades de comunicación científica.



El proyecto desarrollado por los estudiantes del CBTA 90 también refleja la importancia de orientar la investigación hacia los desafíos actuales del sector agroalimentario. Chihuahua es una entidad con una fuerte vocación agrícola y agroindustrial, por lo que iniciativas enfocadas en el aprovechamiento de recursos naturales, la sostenibilidad y la innovación representan oportunidades para generar conocimiento con impacto regional.

El acompañamiento de la maestra Beatriz Ogaz Sandoval fue un elemento fundamental durante todo el proceso. La formación de nuevas generaciones de investigadores depende, en gran medida, del trabajo de docentes comprometidos que promueven el pensamiento crítico, la experimentación y la resolución de problemas mediante el método científico. Detrás de cada proyecto exitoso existe un equipo que inspira, orienta y motiva a los estudiantes a superar nuevos retos.

Desde el Gobierno del Estado de Chihuahua, a través del Instituto de Innovación y Competitividad, se impulsó la gestión, coordinación y acompañamiento de la delegación chihuahuense durante su participación en Regeneron ISEF 2026, promoviendo el desarrollo de habilidades en investigación, innovación, emprendimiento y colaboración internacional. Asimismo, esta participación fortaleció la vinculación de jóvenes investigadores con universidades, centros de investigación y organismos científicos internacionales, contribuyendo al posicionamiento de Chihuahua dentro del ecosistema global de ciencia, tecnología e innovación.

Historias como la de Lucía Samantha, Ricardo y José Carlos demuestran que la educación STEM tiene la capacidad de transformar vidas y abrir oportunidades para que las nuevas generaciones participen en la construcción de soluciones a los retos del futuro. También recuerdan que el talento no depende del lugar de origen, sino de las oportunidades para desarrollarlo.

Impulsar la participación de estudiantes en espacios como FEMECI e ISEF significa invertir en el futuro de Chihuahua. Cada proyecto presentado fortalece las vocaciones científicas, fomenta la innovación y acerca a los jóvenes a una comunidad internacional donde el conocimiento es el principal motor de desarrollo.

Cuando una idea nacida en un aula de Chihuahua llega a un escenario mundial, no solo viajan tres estudiantes y su proyecto: viaja también el talento, la creatividad y la convicción de que nuestro estado tiene mucho que aportar al futuro de la ciencia y la tecnología.





DEL RETO A LA INNOVACIÓN: SOCIO FORMADOR DEL TECNOLÓGICO DE MONTERREY DEPARTAMENTO DE INNOVACIÓN Y EMPRENDIMIENTO

La educación STEM ha evolucionado más allá de la enseñanza tradicional de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas. Hoy en día, formar talento implica acercar a los estudiantes a los desafíos reales que enfrentan las organizaciones, desarrollar su capacidad para resolver problemas complejos y fomentar habilidades de innovación, liderazgo y emprendimiento. En este contexto, la colaboración entre instituciones educativas, gobierno y sector productivo se convierte en un elemento indispensable para preparar a las nuevas generaciones.

Con esta visión, el Instituto de Innovación y Competitividad del Gobierno del Estado de Chihuahua participó como **Socio Formador** del Tecnológico de Monterrey, Campus Ciudad Juárez, lanzando un reto dirigido a estudiantes de licenciatura de las áreas de negocios. Más que un ejercicio académico, la iniciativa representó una oportunidad para que los alumnos aplicaran sus conocimientos en la resolución de un desafío estratégico con impacto en el ecosistema de innovación del estado.

La figura del **Socio Formador** permite que una organización externa plantee un problema real para ser atendido por estudiantes durante el desarrollo de una asignatura. De esta manera, el aprendizaje deja de centrarse únicamente en la teoría para convertirse en una experiencia práctica donde las ideas pueden transformarse en propuestas viables y con potencial de implementación.

En esta ocasión, el reto estuvo vinculado con el **IA Center**, una iniciativa impulsada por el Instituto de Innovación y Competitividad para fortalecer el desarrollo de capacidades en inteligencia artificial, ciencia de datos, desarrollo de software y propiedad intelectual. El desafío consistió en diseñar estrategias que permitieran posicionar al IA Center como un nodo articulador del ecosistema estatal de ciencia, tecnología e innovación, promoviendo además una mayor cultura de protección de la propiedad industrial e intelectual.



Durante un mes de trabajo, estudiantes de la materia **Ideación y Prototipado** desarrollaron propuestas orientadas a fortalecer la vinculación entre gobierno, academia, empresas y sociedad civil bajo el modelo de la cuádruple hélice. Cada equipo analizó el entorno, identificó oportunidades, estrategias de comunicación y mecanismos para acercar la innovación a diferentes sectores de la población.

Uno de los aspectos más relevantes del reto fue que los estudiantes trabajaron sobre un proyecto con posibilidades reales de implementación. Esto implicó considerar elementos como la viabilidad técnica, la generación de impacto y la escalabilidad de sus propuestas, competencias cada vez más demandadas en el ámbito profesional.

El proceso concluyó con la presentación de diez proyectos ante un comité integrado por representantes del Instituto de Innovación y Competitividad y profesores del Tecnológico de Monterrey. Las propuestas fueron evaluadas con base en criterios de innovación, impacto, viabilidad y alineación con los objetivos planteados por el reto.



Los proyectos "Innovación Sin Fronteras – Tu idea vale oro", "IA Abierta: Experiencia de Innovación en Ciudad Juárez" y "Tercer Espacio" obtuvieron el primero, segundo y tercer lugar, respectivamente. Sin embargo, más allá de la competencia, el verdadero valor del ejercicio estuvo en la diversidad de ideas generadas y en el potencial que varias de ellas representan para fortalecer la cultura de innovación en Chihuahua.

Entre las propuestas con mayor potencial destacó el desarrollo de un bootcamp educativo "Tu idea vale oro", enfocado en acercar a estudiantes y emprendedores al mundo de las patentes y la propiedad intelectual. También se propuso un simulador de patentes, diseñado para que los participantes experimenten de manera práctica el proceso de protección de una invención, así como un programa de Embajadores IA, integrado por jóvenes encargados de promover las actividades del IA Center en instituciones educativas y espacios comunitarios.

Otras iniciativas buscaron despertar vocaciones científicas mediante experiencias interactivas con inteligencia artificial para personas de todas las edades y la creación de convocatorias abiertas para resolver retos de innovación utilizando herramientas de IA. Estas propuestas reflejan una visión donde la tecnología no solo se desarrolla, sino que también se comparte, se comunica y se convierte en un instrumento para acercar el conocimiento a la sociedad.

Experiencias como esta demuestran que la educación STEM no se

limita al desarrollo de competencias técnicas. También fortalece habilidades como el pensamiento estratégico, la creatividad, la comunicación, el trabajo colaborativo y la capacidad de generar soluciones orientadas al bienestar colectivo.

Para el Instituto de Innovación y Competitividad, participar como Socio Formador representa una estrategia para fortalecer la vinculación entre la academia y el gobierno, permitiendo que el talento universitario contribuya directamente a la construcción de políticas, programas e iniciativas que impulsen el desarrollo científico y tecnológico del estado. Al mismo tiempo, los estudiantes adquieren experiencia enfrentando problemáticas auténticas, similares a las que encontrarán en su vida profesional.

En un contexto donde la innovación es un factor determinante para la competitividad regional, generar espacios de colaboración entre universidades y organismos públicos resulta fundamental para formar el talento que Chihuahua necesitará en los próximos años. Cada reto resuelto representa una oportunidad para desarrollar nuevas ideas, fortalecer capacidades y construir una cultura de innovación desde las aulas.





raké



Ciencia
Tecnología
Innovación

REVISTA CREADA POR EL INSTITUTO DE INNOVACIÓN Y COMPETITIVIDAD



MÁS CHIHUAHUA
más de lo bueno
GOBIERNO DEL ESTADO

INSTITUTO DE
INNOVACIÓN Y
COMPETITIVIDAD



   @i2c.mx



RAKÉ CIENCIA, TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN.
REVISTA DE DIFUSIÓN Y DIVULGACIÓN DEL
ESTADO DE CHIHUAHUA.



+52 656 629 3300 EXT. 54931
/CJS, MEX © 2026