

Análisis comparativo de la utilidad económica del dólar, CETES y vivienda de interés social en Chihuahua (2023-2026)

pág. 60



Mecanismos de acción y avances comerciales de nanopartículas en la agricultura

pág. 32

Bienestar animal para su manejo y sacrificio

pág. 5

Comité editorial



Los artículos publicados en REVISTA SPAUACH Academia Vitalis, se distribuirán amparados bajo la licencia Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional)

DERECHOS DE AUTOR y DERECHOS CONEXOS, año 10 número 12, enero-junio 2026. Es una publicación editada por el Sindicato del Personal Académico de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Circuito Universitario S/N Campus 1, Magisterial C. P. 31200 Chihuahua, Chihuahua. Director: Rubén Torres Medina. Editor Responsable. Tomás Uziel Salas Hernández. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2023-030717380700-102, ISSN 2992-8133. Otorgado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor. Última actualización 25 de junio de 2026. Los manuscritos publicados en esta revista reflejan exclusivamente la opinión de los autores.

Índice

- | | |
|----|--|
| 5 | Bienestar animal para su manejo y sacrificio |
| 11 | Evaluación de tres especies de plantas para el tratamiento de aguas residuales por medio de humedales construidos |
| 21 | De residuo a fertilizante: Uso de lombrices y hongos para producir abonos orgánicos |
| 32 | Mecanismos de acción y avances comerciales de nanopartículas en la agricultura |
| 42 | La Cotidianidad de la Química |
| 50 | Análisis crítico del fordismo, toyotismo e Industria 4.0 desde el humanismo integral en Chihuahua y Cd. Juárez |
| 60 | Análisis comparativo de la utilidad económica del dólar, CETES y vivienda de interés social en Chihuahua (2023-2026) |
| 70 | Repercusión de la Alimentación en los primeros mil días de vida |

- 77 Cacao, vulnerabilidad y resistencia: voces de familias tabasqueñas
- 86 Del campo al plato: residuos agrícolas de Chihuahua con potencial para producir hongos comestibles
- 97 Errores estadísticos y potencia: desafíos en la investigación actual
- 107 Inteligencia artificial, economía digital y precarización laboral en México y América Latina
- 118 Educar para la paz en contextos de violencia estructural: Cátedra UNESCO Ciudadanía activa por la paz en el Norte de México de la UACH
- 127 Digital Hoarding Académico en México

Bienestar animal para su manejo y sacrificio

Resumen

El bienestar animal es fundamental en la industria pecuaria moderna, especialmente en los procesos relacionados con el manejo y sacrificio de animales para abasto. Según la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE, 2022), el bienestar se define como el estado físico y mental del animal en función de las condiciones en que vive y muere. Un mal manejo no solo implica sufrimiento, sino que también afecta directamente la calidad de la carne y la percepción del consumidor. Diversos autores y organismos indican que el diseño adecuado de instalaciones —como pasillos curvos, sistemas de restricción eficientes y procedimientos humanitarios de aturdimiento— son esenciales para reducir el estrés del animal y garantizar procesos más seguros y eficientes. En México se regulan los métodos permitidos para causar la muerte al animal sin sufrimiento, promoviendo técnicas como el aturdimiento mecánico o eléctrico. Al comparar guías y manuales técnicos, se identifican puntos relacionados al bienestar animal, pero también diferencias relevantes en cuanto al detalle e implementación de ciertas prácticas como el baño pre-sacrificio o el lavado adecuado de canales, mientras que otros omiten estos procedimientos o los abordan superficialmente. Cada fase del proceso —desde el transporte hasta el almacenamiento de las canales— es crítica y debe gestionarse bajo principios de bienestar animal. La estandarización de estas prácticas no solo responde a exigencias éticas y regulatorias, sino que también incrementa la eficiencia del rastro, reduce pérdidas económicas y mejora la imagen del sector cárnico ante la sociedad.

Introducción

El bienestar animal es fundamental en la industria pecuaria, especialmente en el diseño de equipos para el manejo y el sacrificio de los animales destinados al consumo humano. De acuerdo con la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE), el bienestar animal se define como el estado físico y mental de un animal en relación con las condiciones en las que vive y muere (OIE, 2022). Un manejo inadecuado puede generar estrés, lesiones y sufrimiento, afectando tanto la calidad de la carne

Rosa María Soto Chacón¹.
Andrés Francisco Martínez Rosales¹.
Jesús Ricardo Gámez Piñón¹.

- (1) Facultad de Zootecnia y Ecología/
Universidad Autónoma de Chihuahua

Recibido: 19 de noviembre de 2025

Aceptado: 4 de febrero de 2026

como la ética en la producción. El diseño de instalaciones y equipos debe minimizar el estrés y garantizar un manejo humanitario desde la carga y transporte hasta el sacrificio. Expertos como Temple Grandin han desarrollado principios de diseño que facilitan el movimiento natural de los animales, reduciendo el uso de la fuerza y evitando situaciones de pánico (Grandin, 2019). Por ejemplo, los pasillos curvos y los sistemas de restricción mejorados permiten un flujo más tranquilo y seguro del ganado hacia la zona de aturdimiento. Durante el sacrificio, es crucial aplicar métodos que garanticen una pérdida de consciencia rápida e indolora. La Norma Oficial Mexicana NOM-033-SAG/ZOO-2014 establece los procedimientos permitidos en México, incluyendo el uso de aturdimiento mecánico, eléctrico o por gas (DOF, 2014). Estas prácticas no solo cumplen con estándares internacionales de bienestar animal, sino que también mejoran la calidad del producto final, reduciendo defectos en la carne asociados al estrés, como el pH elevado y la rigidez post mortem prematura (Gregory, 2010). El compromiso con el bienestar animal en el diseño de equipos y procesos de sacrificio no solo responde a demandas éticas y regulatorias, sino que también mejora la eficiencia productiva y la percepción del consumidor sobre la industria cárnica. Este artículo tiene como objetivo analizar las prácticas actuales en el manejo y sacrificio de animales, comparando diferentes normativas y proponiendo mejoras en el diseño de equipos e instalaciones.

Desarrollo

En el estudio sobre el transporte de ganado, el Fideicomiso de Riesgo Compartido (2017) dice que la seguridad y bienestar del animal durante el traslado, con revisiones periódicas para minimizar el estrés, mientras que el municipio de tula en 2015 no se especifican detalles sobre el transporte del ganado, y el FSIS (2013) promueve un enfoque sistemático para el manejo humanitario del ganado, incluyendo el transporte. En la Recepción y manejo en corrales de reposo el Fideicomiso de tiempo compartido en 2017 indica que se realiza una inspección ante-mortem para evaluar la condición del animal y determinar el orden de sacrificio; en el Municipio de Unión de Tula (2025) se recomienda que el ganado bovino ingrese a los corrales del rastro entre 24 y 72 horas antes del sacrificio, sin recibir alimento pero con acceso a agua limpia; el FSIS (2013) destaca la importancia de un manejo humanitario en todas las etapas, incluyendo la recepción y manejo en corrales. Grandin (2019) recomienda el uso de corrales con sombra, ventilación

natural y espacios suficientes para que los animales puedan descansar y moverse con libertad. La falta de estas condiciones puede generar agresiones, intentos de fuga y aumento en la frecuencia cardiaca, afectando negativamente la calidad de la canal. El diseño físico de las instalaciones es fundamental en el bienestar animal durante las etapas previas al sacrificio. Grandin (2019) ha demostrado que pequeños detalles en el diseño pueden reducir las reacciones de miedo y estrés en los animales. Por ejemplo, los pasillos de manejo curvos evitan que los bovinos visualicen lo que sucede al final del trayecto, lo que reduce la resistencia al avance y la necesidad de usar forcejeo o estímulos eléctricos. Además, las paredes sólidas en los corredores impiden distracciones visuales externas como sombras, movimientos bruscos del personal o reflejos de luz, que suelen alterar a los animales. Otro aspecto crucial es el piso de las áreas de manejo y espera. Superficies antideslizantes son esenciales para prevenir caídas y lesiones, especialmente en zonas húmedas. El Fideicomiso de Riesgo Compartido (2017) recomienda el uso de materiales como concreto ranurado o rejillas de goma, que ofrecen un mejor agarre incluso cuando están mojados. La inclinación de los pisos debe permitir un drenaje eficiente para evitar la acumulación de agua u orina, lo que no solo beneficia el bienestar animal sino también la higiene de la planta.

La iluminación es otro factor que influye en el comportamiento del ganado. Grandin (2019) señala que los animales tienden a moverse hacia áreas bien iluminadas, por lo que una distribución estratégica de la luz puede guiarlos suavemente hacia la zona de aturdimiento. Sin embargo, debe evitarse la luz directa en los ojos de los animales o los reflejos en charcos o superficies metálicas, ya que esto puede causar confusión y retrocesos.

En cuanto a los sistemas de sujeción, los diseños modernos como los cajones de aturdimiento con apertura lateral o inferior reducen la presión física y psicológica del animal. Estos sistemas permiten una inmovilización breve y eficaz sin generar sensación de ahogo u opresión, facilitando la aplicación precisa del método de aturdimiento. Baño pre-sacrificio se menciona la necesidad de contar con sistemas de aspersion y drenaje adecuados para el baño de los animales antes del sacrificio en el Fideicomiso de tiempo compartido (2017), siendo que en los otros documentos Municipio de Unión de Tula (2025) y en FSIS (2013) no especifican ni abordan ese tema. En el momento de insensibilización o aturdimiento el Fideicomiso de tiempo compartido (2017) enfatiza la importancia de

Grandin (2019) recomienda el uso de corrales con sombra, ventilación natural y espacios suficientes para que los animales puedan descansar y moverse con libertad.

la inconsciencia inmediata del animal para evitar su sufrimiento, en el otro artículo se utiliza la pistola de perno cautivo para bovinos y la electro-insensibilización para porcinos (Municipio de Unión de Tula. 2025) y en FSIS (2013) se promueve un enfoque sistemático para garantizar el manejo humanitario del ganado, incluyendo el aturdimiento adecuado. En el desangrado y desollado se requiere cuidado y buenas prácticas para evitar la contaminación y obtener un producto de calidad esto nos lo dice el Fideicomiso de tiempo compartido en 2017, mientras que en el Municipio de Unión de Tula (2025) se realiza el desangrado después del aturdimiento, seguido del desollado con precaución para evitar contaminación y en el FSIS (2013) se incluye el desangrado y desollado dentro de las prácticas de manejo humanitario del ganado. El eviscerado e inspección post-mortem se realiza la extracción de vísceras y la inspección sanitaria para descartar enfermedades y asegurar la inocuidad de la carne (Fideicomiso de Riesgo Compartido. 2017), mientras que en el Municipio de Unión de Tula en el 2025 se separan las vísceras rojas y verdes para su posterior inspección por el médico veterinario y en el FSIS (2013) se destaca la importancia de la inspección post-mortem como parte del enfoque sistemático para el manejo humanitario del ganado. En el lavado y almacenamiento de canales se recomienda lavar las canales de arriba hacia abajo con agua caliente y almacenarlas en condiciones que retarden el crecimiento bacteriano (Fideicomiso de Riesgo Compartido. 2017), mientras que en el Municipio de Unión de Tula (2025) se realiza un enjuague final de la canal para eliminar restos de sangre antes de su transporte y en el FSIS (2013), por su parte, no aborda el lavado y almacenamiento de canales en su guía de manejo humanitario, lo que refleja una brecha en la integración entre el bienestar animal y la inocuidad alimentaria en algunas normativas. Es ampliamente reconocido que un enfriamiento rápido y uniforme de la canal es esencial para prevenir el desarrollo de microorganismos patógenos y para mantener las características organolépticas de la carne, como el color, la textura y el olor.

Conclusiones

El bienestar animal es un factor determinante en la calidad del producto final, la eficiencia operativa y la percepción social de la industria cárnica. Se identificaron coincidencias y diferencias en la aplicación de prácticas orientadas al trato humanitario del ganado dentro de los rastros, particularmente aquellos de Tipo Inspección Federal (TIF).

Cada etapa del proceso, desde el transporte y la recepción en

corrales, hasta el desangrado, eviscerado y almacenamiento de canales, representa un punto crítico que debe abordarse bajo principios de bienestar animal. Las prácticas inadecuadas generan sufrimiento en los animales y provocan lesiones, estrés fisiológico y alteraciones metabólicas que afectan la calidad de la carne.

Aún persisten inconsistencias en la implementación de ciertas prácticas clave, como el baño pre-sacrificio o el correcto almacenamiento de canales. Mientras algunos manuales enfatizan la necesidad de sistemas de aspersión y drenaje adecuados, otros no abordan el tema de manera detallada. Asimismo, se observan diferencias en los métodos y tecnologías empleadas para el aturdimiento, donde la elección del método influye directamente en el tiempo de inconsciencia y en la minimización del dolor.

El diseño de instalaciones ha demostrado ser eficaces en la reducción del estrés animal durante su manejo. La implementación de pasillos curvos, iluminación adecuada y sistemas de restricción que respeten el comportamiento natural del ganado disminuyen los riesgos para los operarios y mejoran la eficiencia del proceso.

Avanzar hacia una industria cárnica más humanitaria requiere el compromiso conjunto de productores, médicos veterinarios, técnicos, operarios y autoridades reguladoras. La estandarización y mejora de los procedimientos dentro de los rastros consolidará una producción pecuaria más ética, segura y competitiva en el ámbito nacional e internacional. Esta visión debe ser promovida en las instituciones académicas, como parte de la formación integral de los futuros profesionales del sector agropecuario.

Referencias

- Diario Oficial de la Federación. (2014). NOM-033-SAG/ZOO-2014, Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres. <https://www.dof.gob.mx>
- Fideicomiso de Riesgo Compartido. (2017). ¿Conoces el proceso del ganado dentro de un Rastro TIF? Gobierno de México. <https://www.gob.mx/firco/articulos/conoces-el-proceso-del-ganado-dentro-de-un-rastro-tif?idiom=es>
- FSIS. (2013). Guía de cumplimiento del FSIS para un enfoque sistemático en el manejo humanitario del ganado. Servicio de Inspección e Inocuidad de Alimentos (FSIS), Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/documents/Span-Comp-Guide-Systematic-Approach-Humane-Hand-

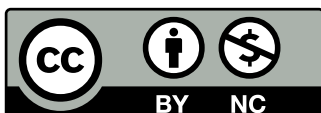
ling-Livestock_6810-ESP.pdf

Grandin, T. (2019). Humane livestock handling: Understanding livestock behavior and building facilities for healthier animals. Storey Publishing.

Gregory, N. G. (2010). Animal welfare and meat production (2nd ed.). CABI Publishing.

Municipio de Unión de Tula. (2025). Manual de buenas prácticas de manufactura en rastros municipales. <https://transparencia.info.jalisco.gob.mx/sites/default/files/ManualBuenasPracticasRastroMunicipalUdT.pdf>

Organización Mundial de Sanidad Animal. (2022). Código sanitario para los animales terrestres. <https://www.woah.org>



Evaluación de tres especies de plantas para el tratamiento de aguas residuales por medio de humedales construidos

Resumen

Este estudio evalúa la eficiencia de remoción de materia orgánica y nutrientes de las aguas residuales generadas en la Facultad de Zootecnia y Ecología (FZyE) de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), usando tres especies de plantas en un sistema de humedales construidos de flujo subsuperficial (HCFS), para su tratamiento. Se utilizó un sistema de tres humedales, plantados con *Typha latifolia*, *Phragmites australis* y *Schoenoplectus californicus*, usando arena y grava como medio de soporte. El experimento se realizó por un periodo de cuatro meses, con un tiempo de retención hidráulica de tres días y un flujo de 30m³/d. De manera mensual se realizaron muestreos y análisis de diferentes parámetros fisicoquímicos del agua a la entrada y salida de los humedales, para determinar la eficiencia de remoción de contaminantes del sistema. Durante todo el experimento se realizó la medición del crecimiento y reproducción de las plantas para determinar su aclimatación y desempeño. Los porcentajes promedio de remoción de contaminantes fueron del 96%, 91.5%, 98%, 70% y 92% para Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Nitrógeno Total (Ntotal) y Fósforo Total (Ptotal) respectivamente. La especie que presentó el mejor desempeño fue *Typha latifolia*.

Abstract

This study evaluates the removal efficiency of organic matter and nutrients from wastewater generated at the Faculty of Zootechnics and Ecology (FZyE) of the Autonomous University of Chihuahua (UACH) using three plant species through a subsurface flow constructed wetland (SFCW) system for treatment. A system consisting of three wetlands was implemented and planted with *Typha latifolia*, *Phragmites australis* and *Schoenoplectus californicus*, using sand and gravel as the support media. The experiment was conducted over a four-month period, with a hydraulic retention time of three days and a flow rate of 30m³/d. Monthly sampling and analysis of physicochemical water quality parameters were performed at the

Mario Alberto Olmos Marquez¹.
Carmen Julia Navarro Gómez².
Rubén Sánchez Navarro².

- (1) Facultad de Zootecnia y Ecología/
Universidad Autónoma de Chihuahua
- (2) Facultad de Ingeniería/
Universidad Autónoma de Chihuahua

Recibido: 12 de febrero de 2026

Aceptado: 27 de marzo de 2026

inlet and outlet of wetlands to determine the contaminant removal efficiency of the system. Throughout the experiment, plant growth and reproduction were monitored to assess plant acclimatization and overall system performance. The average values of contaminant removal were 96%, 91.5%, 98%, 70% and 92% for Chemical Oxygen Demand (COD), Biochemical Oxygen Demand (BOD), Total Suspended Solids (TSS), Total Nitrogen (TN) and Total Phosphorus (TP).

Introducción

El agua es un recurso vital e invaluable, esencial para las diferentes actividades como industria, agricultura y generación de energía, sin embargo, su utilización en dichas actividades puede dar como resultado su contaminación. Por lo anterior es importante gestionar un manejo eficiente y sustentable de los recursos hídricos, incluyendo la cultura del reúso del agua residual tratada (Araneda et al., 2018). De acuerdo con su calidad las aguas residuales de las universidades pueden ser clasificadas como aguas residuales municipales (Papaevangelou et al., 2016), aguas residuales domesticas (Silveira et al., 2017) y en el caso específico de la FZyE como aguas residuales de origen agropecuario. El agua residual contiene una cantidad importante de contaminantes, incluyendo materia orgánica y nutrientes (Dell et al., 2020; Desye et al., 2022). Tradicionalmente el tratamiento de este tipo de aguas residuales incluye procesos de tipo físico, químicos y biológicos, sin embargo, este tipo de tecnologías puede demandar altos costos de operación y consumos altos de energía (Abdulwahab et al., 2021). Los humedales construidos (HC) son sistemas de ingeniería que utiliza procesos naturales y la capacidad de las plantas para tratar de manera efectiva diferentes tipos de aguas contaminadas (Colares et al., 2021; Angassa et al., 2022). El tratamiento por medio de humedales se da a través de una combinación de mecanismos, los cuales incluyen adsorción y filtración facilitado por las plantas, así como una degradación aerobia y anaerobia dada por diferentes microorganismos (Pauca and Sato, 2022). Aprovechando estos procesos naturales los HC representan una tecnología innovadora, eficiente y ambientalmente amigable para el tratamiento de las aguas residuales (Li et al., 2021). La Facultad de Zootecnia y Ecología (FZyE) es una institución educativa que forma parte de la Universidad Autónoma de Chihuahua, dedicada a la investigación y enseñanza en el área de producción animal y ecología.

El tratamiento de las aguas residuales supone un gran reto para la facultad, ya que dentro de sus instalaciones se desarrollan

una serie de actividades de apoyo, tanto para la docencia como para la investigación, así como, para la producción de productos y subproductos de origen animal, que generan aguas residuales.

El objetivo de este estudio fue evaluar el desempeño de tres especies de plantas en el tratamiento del agua residual generada por las diferentes actividades de la FZyE e identificar cuál de estas representa la mejor opción para su uso específico en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la facultad, buscando obtener un agua de calidad suficiente para su reúso en diferentes actividades dentro de la propia escuela.



Figura 1. Recolección de plantas.

Materiales y métodos

Selección de especies de Plantas.

Basados en la revisión bibliográfica (Margit et al 2025, García 2020), se eligieron para este estudio a *Typha latifolia*, *Phragmites australis* y *Schoenoplectus californicus*, las cuales además son especies nativas presentes en zonas ribereñas de casi todo el estado de Chihuahua, incluyendo la ciudad de Chihuahua, lo cuál facilitó su recolección, rápida aclimatación y garantizó su desarrollo bajo las condiciones climatológicas del experimento.

Las tres especies de plantas fueron recolectadas del municipio de Meoqui en el estado de Chihuahua, México, se recolectaron completas in situ (hoja, tallo y raíz) de su sitio nativo, manteniéndose parte del suelo original del sitio hasta su trasplante (Figura 1).

Trasplante de las plantas en los humedales.

El suelo adyacente a la raíz fue separado de manera manual y posteriormente lavado con agua de la llave y agua destilada. Antes de colocar las plantas en los humedales, se midió el tamaño y se contó el número total de individuos por grupo, estos datos fueron considerados como valores iniciales del experimento. Durante todo el experimento, todas las plantas se mantuvieron en condiciones de inundación, usando el agua residual procedente de la red de alcantarillado interna de la FZyE.



Figura 2. Trasplante de plantas en humedales

Diseño del experimento.

El estudio fue operado de manera continua durante un periodo de tiempo de 20 semanas, de febrero a junio del 2025. Tres humedales construidos de flujo sumergido hechos de concreto (longitud: 15.00 m, Ancho: 5.50 m, Altura: 1.00 m) fueron utilizados. Los tres humedales se llenaron con arena limosa, la cuál se utilizó como medio de soporte de las plantas, con una altura de cama de 0.50 m. El nivel del agua se ajustó a 5 cm por

debajo de la superficie de la cama de arena. En los humedales se trasplantó *Typha latifolia*, *Phragmites australis* y *Schoenoplectus californicus* (H1, H2 y H3), (Figura 2). Un mes antes de iniciar el experimento un total de 28 grupos de plantas, con un promedio de 50 individuos por grupo, una altura promedio de los individuos de 0.50 m y una separación de 1.0 m por lado entre grupo y grupo fueron plantados en H1, H2 y H3 (Figura 2). Después de 4 semanas de aclimatación de las plantas en los humedales usando agua de la llave, se inició el experimento, alimentando los humedales con el agua residual generada en la facultad, con una duración de tres meses.

Muestreo y análisis del agua.

Muestreo de agua.

Se realizó un muestreo mensual durante todo el experimento (abril, mayo y junio del 2025). Se realizaron muestreos compuestos de 24h con seis muestras simples recolectadas en recipientes de 1 L de plástico de la entrada de la PTAR, salida de los tres humedales (H1, H2 y H3) y salida de la PTAR (Figura 3). Para la toma de todas las muestras se consideró la NMX-AA-003-1980. Al final de cada muestreo todas las muestras fueron trasladadas inmediatamente en hieleras para la preparación de un galón de muestra compuesta en base al flujo, su preservación y análisis en el laboratorio de aguas residuales de la JMAS de la ciudad de Chihuahua. Las muestras para DQO fueron preservadas con 1ml de H₂SO₄, las de GYA con 1ml de HCl y las muestras para los demás parámetros en un refrigerador a 4°C. En el caso de las muestras de GYA se tomaron muestras simples en frascos de vidrio de boca ancha de 1L.

Análisis de agua.

Todas muestras se analizaron en el laboratorio de la PTAR Norte de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento (JMAS). Los parámetros analizados fueron: Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Sólidos Suspendedos Totales (SST), Sólidos Sedimentables (Ssed), Potencial de Hidrogeno (pH), Grasas y aceites (GYA), Nitrógeno Total (Ntotal) y Fósforo Total (Ptotal).



Figura 3. Muestreo de agua y monitoreo de parámetros físicos de las plantas.

Monitoreo de aclimatación y tolerancia de plantas.

Crecimiento y Reproducción.

Durante todo el experimento se contabilizó mensualmente el número de individuos por humedal para determinar la reproducción de las tres diferentes especies de plantas. Para determinar el crecimiento se realizó la medición mensual del individuo más alto de cada uno de los 28 grupos (Figura 3).

Resultados

Eficiencia de tratamiento.

De manera general el sistema en conjunto presentó una alta eficiencia de remoción de contaminantes orgánicos y nutrientes, con porcentajes de remoción de DQO entre el 95 y 97%, DBO entre el 90 y 93%, SST del 98%, Ntotal entre 63 y 78% y Ptotal entre 91 y 93%. (Tablas 1,2 y 3). La especie de planta que presentó el mejor desempeño fue *Typha latifolia* (Humedal 1). Se puede observar que a pesar de que el agua residual a la entrada de la planta contiene una alta cantidad de materia orgánica y nutrientes, el sistema presenta eficiencias de remoción elevadas, obteniéndose agua de calidad que cumple con los límites máximos permisibles de la NOM-003-SEMARNAT-1997 para reúso con contacto directo.

Los resultados del primer mes de operación indican que el sistema de humedales construidos presenta un desempeño altamente eficiente en la remoción de sólidos, grasas y aceites, así como en el control del pH, cumpliendo con los límites establecidos por la NOM-003-SEMARNAT-1997 para reúso en servicios al público con contacto indirecto. Aunque la DBO en

Parámetro	Mes	Entrada PTAR	Humedal Construido 1	Humedal Construido 2	Humedal Construido 3	Salida PTAR	Eficiencia de Remoción (%)	LMP NOM-003-SEMANAT-1997
DQO (mg/L)	Abril	966.87	45.22	53.41	52.75	69.29	93.00	NA
	Mayo	980.00	27.05	31.80	38.84	59.30	94.00	
	Junio	986.17	16.90	33.43	27.38	52.10	97.00	
DBO (mg/L)	Abril	223.19	19.80	27.97	18.07	27.23	88.00	30
	Mayo	260.16	17.73	18.10	26.35	28.32	89.00	
	Junio	215.50	13.08	19.23	15.38	26.15	93.00	
SST (mg/L)	Abril	548.30	9.00	10.00	8.00	13.00	98.00	30
	Mayo	563.50	9.50	11.00	11.00	12.50	98.00	
	Junio	540.65	10.50	12.50	12.00	14.00	98.00	
Ssed (ml/L)	Abril	19.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	NA
	Mayo	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
	Junio	18.50	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
pH	Abril	7.10	7.14	7.32	7.02	7.81	NA	NA
	Mayo	7.24	6.92	7.08	7.35	7.17	NA	
	Junio	7.15	6.55	6.50	6.38	7.18	NA	
GYA (mg/L)	Abril	18.37	4.59	8.74	8.51	8.80	52.00	15
	Mayo	23.45	10.81	4.78	7.72	12.21	48.00	
	Junio	20.55	7.64	13.44	4.94	10.00	53.00	
Ntotal (mg/L)	Abril	60.21	16.57	19.30	30.21	12.03	80.00	NA
	Mayo	64.60	19.80	25.40	20.20	14.10	78.00	
	Junio	71.54	9.30	16.80	14.10	16.31	78.00	
Ptotal (mg/L)	Abril	12.15	0.98	2.00	1.67	1.10	91.00	NA
	Mayo	11.54	0.92	2.03	1.39	0.86	93.00	
	Junio	7.34	0.95	1.87	1.50	0.98	86.65	

Tabla 1. Eficiencia de remoción de contaminantes durante todo el experimento (abril-junio 2025).

la salida del sistema aún supera ligeramente el valor normativo, la elevada eficiencia de remoción observada sugiere que el cumplimiento total es alcanzable conforme el sistema avance en su proceso de estabilización biológica. En conjunto, los resultados confirman la viabilidad del sistema como alternativa sostenible para el tratamiento y reúso de aguas residuales. El análisis comparativo entre el primer y segundo mes de operación evidencia que el sistema de humedales construidos presenta un comportamiento estable y una tendencia general de mejora en la remoción de contaminantes. La eficiencia en la eliminación de sólidos y materia orgánica se mantiene elevada desde el inicio, mientras que los nutrientes, particularmente el fósforo total, muestran una optimización progresiva asociada a la maduración del sistema. Las ligeras fluctuaciones observadas en la DBO y en las grasas y aceites son consistentes con

la etapa temprana de operación y con variaciones en la carga del influente, sin comprometer el cumplimiento normativo de la NOM-003-SEMARNAT-1997 para la mayoría de los parámetros evaluados.

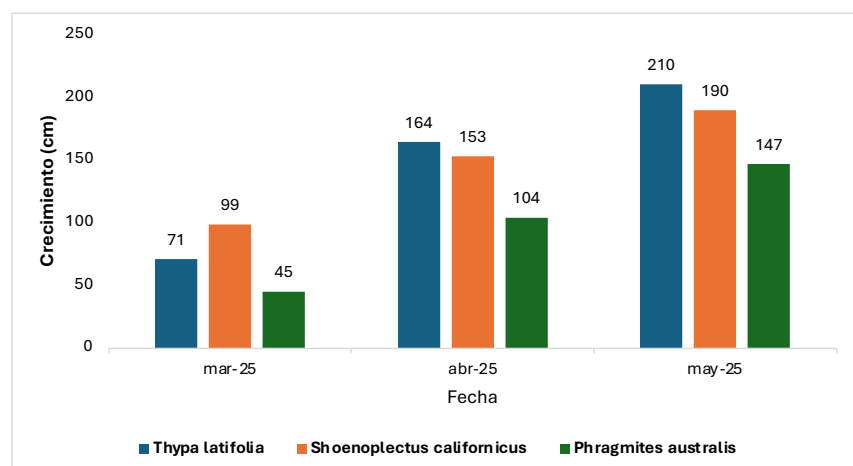
Los resultados correspondientes al tercer mes de operación confirman la estabilidad y eficiencia del sistema de humedales construidos, particularmente en la remoción de sólidos, fósforo y materia orgánica. La consistencia observada respecto al mes previo evidencia la maduración del sistema y su potencial como alternativa sostenible para el tratamiento y reúso de aguas residuales, cumpliendo con los principales criterios establecidos por la NOM-003-SEMARNAT-1997 para reúso con contacto indirecto (riego).

Comportamiento físico de las plantas.

Con respecto al crecimiento, se pudo observar que la especie de planta que tuvo un mejor desarrollo fue la especie *Typha latifolia*, seguida de *Schoenoplectus californicus* y por último *Phragmites australis*, con valores promedio entre 71-210 cm, 99-190 cm y 45-147 cm y valores máximos de 255 cm, 208 cm y 259 cm respectivamente (Gráfico 1). Asimismo, se puede observar que las tres especies de plantas presentaron un crecimiento en orden ascendente durante los tres meses del estudio sin presentar ningún problema físico visible, lo cuál muestra que la aclimatación de todas ellas fue adecuada.

Con respecto a la reproducción la especie que presentó el mejor desempeño fue *Schoenoplectus californicus*, seguida de *Typha latifolia* y por último *Phragmites australis*, con valores promedios entre los 46-94 individuos, 10-23 individuos y 5-5 individuos respectivamente. Los valores máximos de reproducción de dichas especies fueron de 154, 54 y 21 individuos, pudiéndose observar el mismo comportamiento que en el crecimiento con un incremento en el número de individuos ascendente durante los cuatro meses del experimento (Gráfico 2).

Gráfico 1. Crecimiento de las tres especies de plantas.



Conclusiones

Los resultados de este estudio demuestran que los humedales construidos de flujo subsuperficial representan una alternativa técnicamente viable y ambientalmente sostenible para el tratamiento y reúso de las aguas residuales generadas en la Facultad de

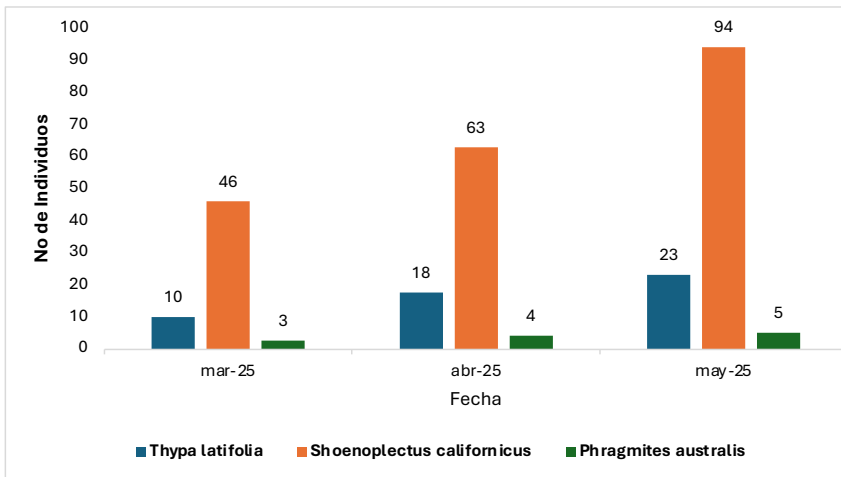


Gráfico 2. Reproducción de las tres especies de plantas.

periodo de monitoreo de tres meses, las eficiencias de remoción se mantuvieron estables, particularmente en sólidos suspendidos y fósforo, observándose una mejora progresiva del desempeño conforme avanzó la maduración del sistema.

Desde el primer mes del experimento, el efluente tratado cumplió con los límites máximos permisibles establecidos en la NOM-003-SEMARNAT-1997, confirmando su aptitud para el reúso en actividades como el riego de áreas verdes. Entre las macrófitas evaluadas, *Typha latifolia* presentó el mejor desempeño global en términos de eficiencia de remoción y crecimiento vegetativo, mientras que *Schoenoplectus californicus* mostró la mayor capacidad reproductiva, lo que respalda su adecuada adaptación al sistema.

En conjunto, los humedales construidos se consolidan como una tecnología eficiente, de bajo costo de operación y mantenimiento, y con alto potencial para la gestión sostenible y el reúso de aguas residuales que cumple con la normatividad aplicable para su reúso en diferentes actividades como riego de áreas verdes.

Durante el tiempo del experimento (tres meses), no se observó alguna tendencia de disminución en la eficiencia de remoción de contaminantes de los humedales, así como impactos negativos en la reproducción y crecimiento de las plantas, por lo cuál es necesario realizar un estudio por más tiempo para poder tener valores mas representativos que nos permitan evaluar analítica y estadísticamente el desempeño de estas especies de plantas en periodos de tiempo más largos.

Referencias

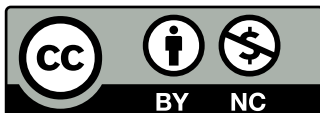
Abdulwahab, Y.D., Mohammed, A.K., Abbas, T.R., 2021. Improving the performance of constructed wetland microbial fuel cell (CW- MFC) for wastewater treatment and

Zootecnia y Ecología (FzyE).

A pesar de las elevadas cargas de materia orgánica y nutrientes presentes en el influente, el sistema alcanzó altas eficiencias de remoción de contaminantes desde las primeras etapas de operación, lo que evidencia una rápida adaptación biológica y una adecuada estabilización del proceso. Durante el pe-

- electricity generation. *Baghdad Sci. J.* 7–17. <https://doi.org/10.21123/bsj.2020.18.1.0007>.
- Angassa, K., Assefa, B., Kefeni, K.K., Nkambule, T.T.I., Fito, J., 2022. Brewery industrial wastewater treatment through mesocosm horizontal subsurface flow constructed wetland. *Environ. Syst. Decis.* 42 (2), 265–275. <https://doi.org/10.1007/s10669-022-09849-z>.
- Araneda, I., Tapia, N.F., Allende, K.L., Vargas, I.T., 2018. Constructed wetland-microbial fuel cells for sustainable greywater treatment. *Water.* 10 (7), 1–9. <https://doi.org/10.3390/w10070940>.
- Colares, G.S., Dell’Osbel, N., Barbosa, C.V., Lutterbeck, C., Oliveira, G.A., Rodrigues, L. R., Bergmann, C.P., Lopez, D.R., Rodriguez, A.L., Vymazal, J., Machado, E.L., 2021. Floating treatment wetlands integrated with microbial fuel cell for the treatment of urban wastewaters and bioenergy generation. *Sci. Total Environ.* 766, 142474. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142474>.
- Dell, N., Stolzenberg, G., Alves, G., Ribeiro, L., Pereira, F., Lawish, A., López, D.A.R., Alexandre, C., Oliveira, E., Kist, L.T., 2020. Hybrid constructed wetlands for the treatment of urban wastewaters: increased nutrient removal and landscape potential. *Ecol. Eng.* 158 106072. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.106072>.
- Desye, B., Belete, B., Amare Alemseged, E., Angaw, Y., Asfaw Gebrezgi, Z., 2022. Evaluation of waste stabilization pond efficiency and its effluent water quality: a case study of Kito Furdisa Campus, Jimma University, Southwest Ethiopia. *Sci. World J.* <https://doi.org/10.1155/2022/2800034>.
- Fernando Garcia Avila. 2020. Treatment of municipal wastewater by vertical subsurface flow constructed wetland: Data collection on removal efficiency using *Phragmites australis* and *Cyperus papyrus*. *Data in brief* 30. Pag. 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.105584>.
- Li, K., Qi, J., Zhang, F., Miwornunyuie, N., Amaniampong, P.S., Koomson, D.A., Chen, L., Yan, Y., Dong, Y., Setordjie, V.E., Samwini, A.M.N., 2021. The role of wetland plants on wastewater treatment and electricity generation in constructed wetland coupled with microbial fuel cell. *Appl. Sci.* 11 (16). <https://doi.org/10.3390/app11167454>
- Margit Koiv Vainik, Ivika Ostonen, Chukwuemeka Oji Kanu Oji, Kuno Kasak. 2025. Assessment of nutrient storage and translocation in winter harvested *Typha latifolia* from free-water surface treatment wetland mitigating diffuse agricultural pollution. *Science of the Total Environmental.* Pag 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.178424>.
- NMX-AA-003-1980. 1980. Norma Mexicana: Aguas Residuales. -Muestreo. Secretaria de Comercio y Fomento Industrial.
- NOM-003-SEMARNAT-1997. 1997. Norma Oficial Mexicana que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en el servicio público. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). DOF: 21/09/1998.

- Papaevangelou, V., Gikas, G.D., Tsihrintzis, V.A., 2016. Effect of operational and design parameters on performance of pilot-scale horizontal subsurface flow constructed wetlands treating university campus wastewater. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 23, 19504–19519.
- Paucar, N.E., Sato, C., 2022. An overview of microbial fuel cells within constructed wetland for simultaneous nutrient removal and power generation. *Energies* 15 (18). <https://doi.org/10.3390/en15186841>.
- Rehman, F., Pervez, A., Khattak, B.N., Ahmad, R., 2017. Constructed wetlands: perspectives of the oxygen released in the rhizosphere of macrophytes. *Clean Soil Air Water* 45, 1
- Silveira, E.O., Moura, D., Rieger, A., Machado, E.L., Lutterbeck, C.A., 2017. Performance of an integrated system combining microalgae and vertical flow constructed wetlands for urban wastewater treatment. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 24 (25), 20469–20478. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9656-3>.



De residuo a fertilizante: Uso de lombrices y hongos para producir abonos orgánicos

Resumen

El objetivo de esta investigación fue optimizar la transformación de estiércol ovino y aserrín de pino en abono orgánico mediante el uso de la lombriz *Eisenia fetida* y del hongo *Trichoderma* sp. Se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas con cuatro tratamientos: semicompostaje, semicompostaje con *Trichoderma* sp., vermicompostaje mediante lombriz *Eisenia fetida*, y vermicompostaje con *Trichoderma* sp., durante 190 días, realizando cinco muestreos en los que se evaluaron las siguientes variables: carbono orgánico total, nitrógeno total, relación carbono/nitrógeno (C/N), conductividad eléctrica, macro y micronutrientes. Los resultados indicaron que el mejor tratamiento fue el de vermicompostaje en sinergia con *Trichoderma* sp., ya que aceleró la estabilización de la materia orgánica, redujo significativamente la relación C/N e incrementó el contenido de nutrientes en comparación con los demás tratamientos. De esta manera, la integración de *Eisenia fetida* y *Trichoderma* sp. constituye una estrategia biotecnológica eficaz para la producción de abonos orgánicos de calidad. **Palabras clave:** *Eisenia fetida*, *Trichoderma* sp, vermicomposta, semicomposta, relación C/N, nutrientes.

Abstract

The objective of this study was to optimize the conversion of sheep manure and pine sawdust into organic compost using the earthworm *Eisenia fetida* and the fungus *Trichoderma* sp. A split-plot experimental design was employed with four treatments: semi-composting, semi-composting with *Trichoderma* sp., vermicomposting using *Eisenia fetida*, and vermicomposting with *Trichoderma* sp., over a period of 190 days, with five sampling events during which the following variables were evaluated: total organic carbon, total nitrogen, carbon-to-nitrogen (C/N) ratio, electrical conductivity, and macro- and micronutrients. The results indicated that the best treatment was vermicomposting in synergy with *Trichoderma* sp., as it accelerated the stabilization of organic matter, significantly reduced the C/N ratio, and increased the nutrient content compared to

Ofelia Adriana Hernández Rodríguez¹.
Angélica Anahí Acebedo Barrera¹.
David Fernando Segura¹.

- (1) Facultad de Ciencias Agrotecnológicas/ Universidad Autónoma de Chihuahua

Recibido: 9 de Febrero de 2026

Aceptado: 27 de marzo de 2026

the other treatments. Thus, the integration of *Eisenia fetida* and *Trichoderma* sp. constitutes an effective biotechnological strategy for the production of high-quality organic fertilizers.

Keywords: *Eisenia fétida*, *Trichoderma* sp., vermicomposting, semicomposting. C/N ratio, nutrients.

Introducción

El problema de desperdicios es grave en todo el mundo, más de la mitad de los residuos que se tiran a diario son materia orgánica (MO), es decir, restos rápidamente degradables por la naturaleza. Si se tomara la decisión de transformar estos residuos, se lograría obtener toneladas de abono orgánico (AO) apto para la agricultura. El uso de AO a base de residuos orgánicos (RO) es una solución efectiva para minimizar el daño ambiental, ya que se transforma la basura orgánica en composta, primer eslabón en la reducción, reutilización y reciclaje (Jazmín-Marín, 2019).

El compostaje, caracterizado por una etapa termófila, es un proceso bio-oxidativo mediante el cual los RO heterogéneos se transforman en MO estabilizada por la acción combinada de bacterias y hongos (Wilson y Parr, 1983).

Existen otros procesos de producción de AO, como el semicompostaje que trata de un sistema de transformación de tipo aeróbico que no atiende las características del compostaje, ya que, al ocurrir en volúmenes menores al requerido para compostaje, no presenta etapa termófila, por lo que los microorganismos de tipo mesófilo son los responsables de la degradación de los RO (Sánchez-Rosales et al., 2019).

Además, está el vermicompostaje, un proceso que permite la bio-oxidación, degradación y estabilización de RO mediante la acción conjunta de lombrices y microorganismos, del cual se obtiene la vermicomposta, un producto final estabilizado y homogéneo (Villegas-Cornelio y Laines, 2017).

En la búsqueda de mejorar los procesos de producción de AO, se ha considerado el uso de organismos coadyuvantes como el *Trichoderma* sp. que es un hongo anaerobio facultativo que se encuentra de manera natural en un número importante de suelos agrícolas y otros medios. Este hongo ejerce diversos efectos como agente de control biológico, ya que puede establecerse en el suelo y contribuir al control de enfermedades de las plantas. Además, obtiene nutrientes a partir de otros hongos a los que degrada, limitando así su desarrollo y contribuyendo a la descomposición de RO, por lo cual la incorporación de este hongo en los procesos de descomposición de la MO, los favorece (Ríos, 2014).

Con base en lo anterior, se estableció como objetivo de esta investigación optimizar la transformación de residuos orgánicos en abonos orgánicos mediante la incorporación de *Eisenia fétida* y de *Trichoderma sp.*, contribuyendo al aprovechamiento sostenible de residuos.

Materiales y Métodos

El experimento se estableció en la Universidad Autónoma de Chihuahua, Chih., México, ubicado en las coordenadas 28°39' 25.3"N, 106°05' 13.5"O, con clasificación climatológica BSh, según Köppen modificado por García (1981), con temperatura máxima de 34°C y mínima de 9.6°C, y 403 mm de precipitación pluvial al año.

Para elaborar la mezcla de RO se utilizó como fuente de nitrógeno estiércol ovino y como fuente de carbono aserrín de pino. El contenido de humedad, nitrógeno total (NT) y carbono orgánico total (COT) de cada residuo se utilizó para calcular la cantidad necesaria de cada material para elaborar una mezcla inicial con relación carbono/nitrógeno (C/N) de 25/1 (Soto y Muñoz, 2002), lo cual se logró mediante una proporción de 1.00 kg de estiércol y 0.47 kg de aserrín, obteniéndose una mezcla con una humedad de 47.6%. Los reactores de descomposición se establecieron en contenedores plásticos de 60 L de capacidad, con seis perforaciones de 0.5 cm en la base para el drenaje. La duración del proceso de compostaje fue de 27 semanas.

El diseño experimental consistió en un diseño de parcelas divididas, con cuatro tratamientos (Cuadro 1), tres repeticiones, cinco lecturas a lo largo del tiempo.

En los tratamientos correspondientes al vermicompostaje se inocularon 10 lombrices adultas de la variedad roja californiana (*Eisenia fétida*) por L de sustrato (Hernández et al., 2010) 25 días después de establecido el experimento (DDE), con el objeto de evitar daño en las lombrices consecuente de una eventual elevación de la temperatura de los RO (Castillo et al., 2010). En los tratamientos con *Trichoderma sp.* la inoculación se realizó 27 DDE, con una dosis de 100 g por reactor.

Los riegos se aplicaron a criterio para mantener la humedad de los residuos entre 60 y 70% en los reactores sometidos a semicompostaje y entre 80 y 95% en los de vermicompostaje (Hernández et al., 2010), lo cual se determinó mediante la prueba al tacto (Soto y Muñoz, 2002). Los contenedores se colocaron sobre una mesa metálica bajo techo para pro-

Cuadro 1. Tratamientos establecidos.

Tratamiento	Sistema y organismo utilizado
Sc	Semicomposta
Sc+Tr	Semicomposta+Trichoderma sp
Vc	Vermicomposta con <i>Eisenia fétida</i>
Vc+Tr	Vermicomposta con <i>Eisenia fétida</i> +Trichoderma sp.

tegerlos del viento, del exceso de humedad o del lixiviado por el agua de lluvia.

Se realizaron cinco muestreos: a los 35, 70, 113, 155 y 190 DDE, recolectando aproximadamente 500 g de muestra de cada reactor, la cual se secó a temperatura ambiente a la sombra, se tamizó en malla del No. 20 y se empacó en bolsas de polietileno para su posterior análisis.

La temperatura ambiental y la de los residuos en descomposición se registraron los lunes, miércoles y viernes durante el estudio, utilizando para la temperatura ambiental un termómetro de máximas y mínimas (Fisher Scientific, Pittsburgh, Pennsylvania, USA). La medición de la temperatura de los residuos orgánicos se realizó en el centro de los contenedores utilizando un termómetro de pistilo con rango de -20° a 110°C.

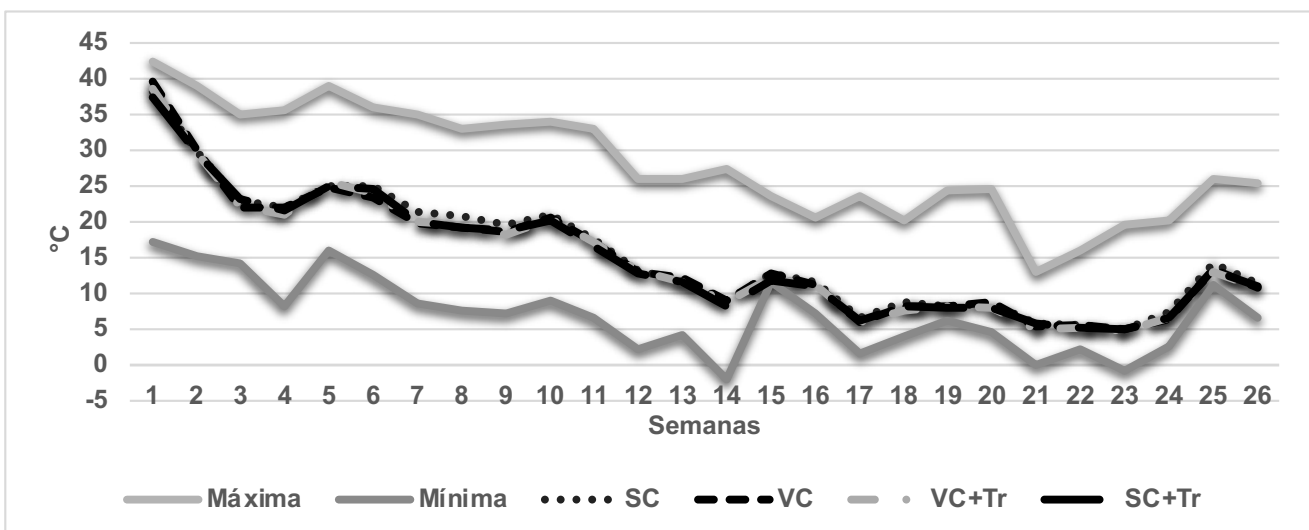
Se evaluaron las siguientes variables: NT por Micro-Kjeldahl (APHA, 1992), COT por Walkley-Black (ASTM, 2000), relación C/N mediante los valores de COT y NT obtenidos, macro y micronutrientes por digestión con agua regia y lectura con Espectrofotómetro de Absorción Atómica (Perkin Elmer Atomic Absorption Spectrometer PinAAcle 900H), y conductividad eléctrica (CE). Estas variables se cuantificaron a partir de tres réplicas analíticas.

Figura 1. Serie de tiempo del promedio de temperaturas máximas y mínimas ambientales y de las mezclas de residuos orgánicos bajo los distintos tratamientos. SC: semicomposta, VC: vermicomposta, VC+Tr: vermicomposta+Trichoderma sp., y SC+Tr: vermicomposta+Trichoderma sp.

Resultados y discusión

Los datos de las lecturas de la temperatura ambiental y de los residuos orgánicos para cada tratamiento, se muestran en la Figura 1.

En todos los reactores se observaron temperaturas iniciales elevadas respecto a las registradas durante el experimento, oscilando entre 24° y 27°C, correspondientes a la fase mesófila-activa, benéfica para la transformación de los RO (Yasmin, 2022), seguida por una tendencia descendente a medida que avanzaba el proceso, lo cual está estrechamente relacionado



con la disminución de la temperatura ambiental. A partir de los 70 días, las temperaturas de los RO descendieron entre 6.5° y 10.1°C a los 190 días. Este comportamiento coincide con lo señalado por Yasmin (2022), quien mencionó que la reducción térmica es indicativa de la transición hacia la fase de madurez de los abonos orgánicos.

En el Cuadro 2 se presentan las medias y las desviaciones estándar de los parámetros: COT, NT, relación C/N y CE. El contenido de COT mostró una disminución general a lo largo del tiempo, con valores iniciales más altos en los residuos de SC y SC+Tr. La menor concentración de COT hacia el final del proceso se observó en VC+Tr, lo cual indica una mayor degradación de la MO (Xie et al., 2023) y un mayor aprovechamiento del carbono por parte de microorganismos y lombrices (Galván-Díaz et al., 2022), lo cual está relacionado, además, con la mayor estabilidad del abono (Torti et al., 2019).

Por otro lado, el tratamiento SC+Tr presentó variaciones sin tendencia clara, lo que indica que *Trichoderma sp.* en ausencia de lombrices no fue suficiente para lograr un descenso uniforme.

Los resultados mostraron a los RO del SC con la menor cantidad de NT al inicio del experimento, lo que demuestra que

Cuadro 2. Parámetros evaluados en los residuos orgánicos bajo cuatro sistemas de transformación.

Los valores con letras mayúsculas diferentes (ABC) son significativamente diferentes para el tratamiento y con letras minúsculas diferentes (abc) significativamente diferentes para el tiempo, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). SC: Semicomposta, SC+Tr: Vermicomposta+*Trichoderma sp.*, VC: Vermicomposta, VC+Tr: Vermicomposta+*Trichoderma sp.*

Tratamiento	Días de transformación				
	35	70	113	155	190
Carbono orgánico total (COT) g kg⁻¹					
SC	165.95±5.0aB	180.06±4.6aA	165.64±9.0bB	160.70±3.6aC	176.19±7.1aA
SC+Tr	134.04±5.7bE	182.61±7.2aA	171.78±8.2aB	158.59±6.5aD	165.93±5.0bC
VC	121.98±6.5cC	138.91±6.1bA	117.68±6.3cC	132.98±6.4bB	142.86±3.3cA
VC+Tr	131.56±8.7bB	122.64±6.4cC	97.28±4.9dD	132.28±2.8bB	139.56±3.3cA
Nitrógeno total (NT) g kg⁻¹					
SC	9.51±0.6bD	9.70±0.5bD	11.83±0.3bC	13.26±0.3aA	12.36±1.0aB
SC+Tr	12.08±0.6aB	12.32±0.7aB	12.36±0.6aA	12.64±0.4bA	10.33±0.4bC
VC	12.11±0.8aBC	12.57±0.4aB	12.29±0.7aB	13.10±0.7abA	11.95±1.0abC
VC+Tr	12.36±0.9a	12.45±0.9a	12.61±0.4ab	12.80±0.6ab	12.73±0.9a
Relación C/N					
SC	17.50±0.02aB	18.57±0.01aA	14.16±0.03aC	12.26±0.01aD	14.30±0.01bC
SC+Tr	11.12±0.06bE	14.79±0.01bB	13.88±0.02aC	12.55±0.01aD	16.27±0.01aA
VC	10.07±0.05bC	11.02±0.03cB	9.58±0.01bC	10.14±0.01bC	11.99±0.01cA
VC+Tr	10.62±0.04bA	9.85±0.02dA	7.71±0.01cB	10.34±0.01bA	11.06±0.01dA
Conductividad Eléctrica (CE) dS m⁻¹					
SC	1.34±0.02	0.46±0.01	0.58±0.03	0.18±0.01	0.29±0.01
SC+Tr	1.63±0.06	0.43±0.01	0.53±0.02	0.24±0.01	0.21±0.01
VC	1.62±0.05	0.61±0.03	0.77±0.01	0.51±0.10	0.28±0.01
VC+Tr	1.77±0.04	0.56±0.02	0.48±0.01	0.43±0.01	0.29±0.01

sin ayuda de un acelerador en un inicio es notoria la lenta degradación del material orgánico, sin embargo, se observó su progreso a lo largo del estudio. El mayor contenido de NT se observó a los 155 días en los RO de todos los tratamientos, disminuyendo alrededor del día 190, excepto en VC+Tr.

Lo anterior confirma lo indicado por Docampo (2013), quien señala la importancia de respetar las fases de degradación a lo largo del tiempo, para mantener la actividad microbiana y de las lombrices sin interrupción hasta su fase final, ya que, aunque los aceleradores permiten una rápida disponibilidad de NT en las primeras etapas, la SC sin aditivos alcanza concentraciones equiparables en fases más avanzadas, lo que resalta la importancia de evaluar no solo la velocidad de transformación, sino también la estabilidad del NT en el producto final. De acuerdo con estos resultados, el proceso de SC produce un abono orgánico con buenas características de madurez y calidad agronómica al final del estudio (El-mrini et al., 2022).

La relación C/N registrada en los RO para todos los tratamientos mostró reducción progresiva, lo que confirma la evolución natural del proceso de descomposición de la MO, en que el COT tiende a disminuir debido a su uso como fuente energética por los microorganismos, mientras que el NT se conserva en mayor medida en formas más estables (Bernal et al., 2017), indicando, además, la eficiencia en la mineralización del COT y estabilización de NT (Abiven et al., 2005).

La relación C/N en el tratamiento SC mantuvo valores más altos a lo largo del tiempo, lo cual indica una menor madurez del abono final en comparación con los tratamientos con *Eisenia* y/o *Trichoderma* sp., en que los resultados muestran que el tratamiento VC+Tr fue el más eficiente en la estabilización de residuos por su capacidad para reducir rápidamente la relación C/N y alcanzar los valores más bajos, lo cual se encuentra dentro del rango óptimo para composta madura (El-mrini et al., 2022).

Por su parte, el tratamiento de VC también presentó un comportamiento eficiente, con valores de C/N dentro del rango de madurez a partir de los 113 días. Sin embargo, su reducción de COT fue menos pronunciada respecto a VC+Tr, indicando una degradación estable y menos intensa. En contraste, la SC+Tr evidenció un proceso de transformación más lento y heterogéneo. Este comportamiento muestra que la presencia de *Trichoderma* sp. sin la actividad de las lombrices no fue suficiente para garantizar una estabilización uniforme de la MO.

En el caso de los valores de CE, se observó una disminución significativa en los RO sometidos a los distintos tratamientos a

lo largo del estudio, sin diferencias estadísticas, lo que evidencia la madurez de los abonos y la reducción de las sales solubles, tendencia reportada en investigaciones recientes sobre la estabilización de abonos orgánicos (Singh et al., 2025). Altos valores de CE en fases intermedias, en VC se han relacionado con una mayor mineralización y liberación de nutrientes solubles (Saranraj, 2022), mientras que la SC mostró niveles más bajos, lo que la hace potencialmente más adecuada para suelos sensibles a la salinidad, en línea con los parámetros de calidad de compost Clase A (SENASA, 2019).

En el Cuadro 3 se presentan las medias y su desviación estándar de los macro y micronutrientes en los que el contenido de K^+ disminuyó en todos los tratamientos a lo largo del tiempo, con los valores más bajos en la SC+Tr, mientras que el Ca^{2+} alcanzó su punto más alto en VC+Tr a los 155 días, lo que sugiere una mayor mineralización y disponibilidad. Este resultado coincide con hallazgos que describen el vermicompostaje como un proceso que libera nutrientes esenciales, potenciados por la actividad microbiana (Yasmin, 2022).

Por otro lado, el Mg^{2+} se mantuvo con valores relativamente estables a lo largo del tiempo y entre tratamientos, mientras que el contenido de Na^+ permaneció bajo y constante en los RO, sin diferencia entre tratamientos, lo que es ideal para evitar riesgos de salinidad que puedan afectar la germinación o el crecimiento vegetal, una ventaja inherente al uso de vermicompost como fertilizante orgánico (Sullivan et al., 2018).

Los valores de los micronutrientes durante la transformación presentaron diferencias entre tratamientos, excepto el contenido de Mn^{2+} . En el caso del Cu^{2+} , VC+Tr presentó valores sostenidos, mientras que la SC mostró descensos marcados, reflejando un menor potencial nutricional. Para el Fe^{2+} , los tratamientos con *Eisenia fétida* mantuvieron valores más elevados y estables a diferencia de SC+Tr, que presentó las concentraciones más bajas, lo que limita la calidad del abono.

El Mn^{2+} en VC+Tr presentó incrementos graduales frente a valores decrecientes en SC, confirmando la capacidad del sistema biológico para mejorar la biodisponibilidad de este elemento clave en procesos enzimáticos vegetales. Finalmente, el Zn^{2+} mostró la mayor concentración en VC+Tr durante todo el proceso, mientras que en SC+Tr descendió drásticamente.

En general, los RO de los tratamientos con VC mantuvieron concentraciones más elevadas de Cu^{2+} , Fe^{2+} y Zn^{2+} en comparación con SC y SC+Tr, destacando el tratamiento VC+Tr por mantener niveles más altos y estables a lo largo del tiempo. Este comportamiento puede atribuirse al efecto sinérgico entre

Cuadro 3. Contenido de nutrientes en los residuos orgánicos bajo cuatro sistemas de transformación. Los valores con letras mayúsculas diferentes (ABC) son significativamente diferentes para el tratamiento y con letras minúsculas diferentes (abcd) significativamente diferentes para el tiempo, según la prueba de Tukey (P<0.05). SC: Semicomposta, SC+Tr: Vermicomposta + Trichoderma sp., VC: Vermicomposta, VC+Tr: Vermicomposta + Trichoderma sp.,

Tratamiento	Días de transformación				
	35	70	113	155	190
Potasio (K+) g kg-1					
SC	3.49±0.26aA	1.63±0.14aB	0.77±0.18aC	1.89±0.24aD	0.97±0.15aE
SC+Tr	3.06±0.25dA	1.27±0.16cB	1.29±0.18cB	0.84±0.19cC	0.70±0.08bC
VC	2.91±0.27bA	1.81±0.16aB	1.17±0.12bC	1.77±0.25aD	0.96±0.20aE
VC+Tr	3.52±0.14cA	2.21±0.16bB	1.40±0.08cC	1.97±0.18bD	1.03±0.14aE
Calcio (Ca2+) g kg-1					
SC	21.12±0.76dA	14.09±0.85cB	16.93±2.21dC	22.62±0.77cD	14.81±1.32bE
SC+Tr	21.62±1.03cA	11.83±0.68dB	16.41±1.48cC	13.67±2.29dD	12.67±0.76cD
VC	27.94±0.95bA	23.16±0.48bB	27.16±2.56bC	27.88±2.09bC	20.15±2.67aD
VC+Tr	30.08±1.12aA	28.21±1.34aB	28.28±4.57aB	33.34±1.50aC	21.35±0.79aD
Magnesio (Mg2+) g kg-1					
SC	5.25±0.12aA	6.93±0.82aB	7.56±0.26aC	5.62±0.36aD	5.62±0.36aD
SC+Tr	5.22±0.28cA	6.04±0.87dB	6.40±0.65dB	5.33±0.94bC	4.94±0.44dC
VC	6.51±0.22bA	5.00±0.37bB	5.39±0.44bB	5.11±0.53bB	7.34±0.57bC
VC+Tr	6.72±0.20bA	5.54±0.33cB	5.86±0.32cB	5.33±0.33bC	6.01±0.16cD
Sodio (Na+) g kg-1					
SC	0.32±0.03	0.31±0.01	0.31±0.03	0.29±0.02	0.29±0.02
SC+Tr	0.31±0.01	0.26±0.01	0.27±0.02	0.25±0.02	0.26±0.02
VC	0.34±0.02	0.34±0.01	0.34±0.03	0.32±0.02	0.33±0.01
VC+Tr	0.33±0.02	0.31±0.02	0.34±0.02	0.29±0.02	0.35±0.01
Cobre (Cu2+) mg kg-1					
SC	23±2aA	14±3aB	14±2aB	21±3aC	13±1aD
SC+Tr	18±2cA	22±2dB	23±3dB	21±4dC	21±2dC
VC	26±4bA	26±3bA	23±3bB	24±4bC	21±5bD
VC+Tr	27±1bA	29±1cB	28±2cB	28±2cB	29±2cC
Hierro (Fe2+) mg kg-1					
SC	1729±115aA	1615±101aB	1905±250aC	1686±107aD	1824±114aE
SC+Tr	1683±54dA	1473±41dB	1551±170dC	1651±131cD	1609±84bE
VC	1814±14bA	1751±104bB	2026±230bC	1704±76aD	1857±107aE
VC+Tr	1878±74cA	1848±120cA	2186±138cB	1778±50bC	1875±75aD
Manganeso (Mn2+) mg kg-1					
SC	192±7	184±14	198±17	202±10	179±14
SC+Tr	143±23	136±23	144±21	149±24	162±27
VC	261±16	246±26	282±21	270±12	270±21
VC+Tr	280±18	295±26	308±34	291±12	293±35
Zinc (Zn2+) mg kg-1					
SC	138±5aA	110±12aB	128±10aC	127±5aC	113±8aD
SC+Tr	226±5dA	199±5dB	71±11dC	62±5dC	60±6cC
VC	193±6bA	160±9bB	180±14bC	143±12bD	124±11aE
VC+Tr	318±13cA	297±7cB	257±17cC	226±15cD	175±20bE

la actividad fragmentadora y digestiva de Eisenia fetida y el potencial enzimático de Trichoderma sp. que favorece la liberación y disponibilidad de nutrientes esenciales (Ali et al., 2022).

Conclusiones

La velocidad de transformación de los RO en los diferentes sistemas evaluados mostró que el tratamiento VC+Tr presentó la mayor tasa de transformación, evidenciada por la rápida reducción de COT y la disminución acelerada de la relación C/N hasta valores de 7.71. Asimismo, en cuanto a la liberación de nutrientes, VC+Tr destacó nuevamente por mantener concentraciones más altas y estables de K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} y Cu^{2+} . Esto indica no solo una descomposición más rápida, sino también una mayor capacidad de retención y disponibilidad de elementos esenciales para las plantas. En suma, la acción combinada de *Eisenia fetida* y de *Trichoderma sp.* aceleró la estabilización del material en comparación con los demás tratamientos.

Referencias bibliográficas

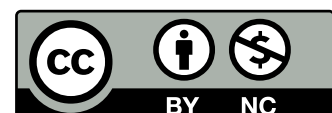
- Abiven, R., Recous, S., Reyes, V., Oliver, R. (2005). Mineralization of C and N from root, stem and leaf residues in soil and role of their biochemical quality. *Biology and Fertility of Soils* 42(2):119-128. DOI:10.1007/s00374-005-0006-0
- Ali, S., Jamal, K.M., Mehran, A.M., Roz, K.G., Ali, N. (2022). *Trichoderma harzianum* modulates phosphate and micronutrient solubilization in the rhizosphere. *Gesunde Pflanzen* 74:1-10. doi:10.1007/s10343-022-00643-0
- APHA. (1992). American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 18th edition. APHA. Washington, DC, USA.
- ASTM. (2000). Standard test methods for moisture, ash, and organic matter of peat and other organic soils. Method D 2974-00. American Society for Testing and Materials (ASTM). West Conshohocken, Pennsylvania, USA.
- Bernal, M.P., Sven, G.S., Dave, C., Chen, Q., Li, G., Frederick, C.M. (2017). Current approaches and future trends in compost quality criteria for agronomic, environmental, and human health benefits. *Advances in Agronomy*, Academic Press 144:143-233
- Castillo, H., Hernández, A., Domínguez, D., Ojeda, D., 2010. Effect of Californian red worm (*Eisenia foetida*) on the nutrient dynamics of a mixture of semicomposted materials. *Chilean Journal of Agricultural Research* 70:465-473.
- Docampo. (2013). Compostaje y compost. ISSN 1510-9011. Revista INIA-Uruguay. N° 35:64.
- El-mrini, S., Aboutayeb, R., Zouhri, A. (2022). Effect of initial C/N ratio and turning frequency on quality of final compost of turkey manure and olive pomace. *Journal of Engineering and Applied Science* 69(37):2-20 <https://doi.org/10.1186/s44147-022-00092-6>
- Galván-Díaz, S.L., Granados-Patiño, C.I., Castro-González, I., Bedolla-Rivera, H.I., Conde-Barajas, E., Negrete-Rodríguez, M.L. (2022). Evaluación fisicoquímica de biosólidos y composta

- para conocer su factibilidad, como materiales filtrantes para un sistema de vermifiltración. XLIII Encuentro Nacional de la Academia Mexicana de Investigación y Docencia en Ingeniería Química 312-316.
- García, E. (1981). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Offset Larios. México. 246 p.
- Hernández, A., Castillo, H., Ojeda, D., Arras, A., López, J., Sánchez, E. (2010). Effect of vermicompost and compost on lettuce production. *Chilean Journal of Agricultural Research* 70(4):583-589.
- Jazmín-Marín, D. (2019). Impacto del uso de biofertilizantes a base de residuos orgánicos en los suelos. *Conciencia Tecnológica* 58:47-50.
- Ríos, E.L.V. (2014). Caracteres principales, ventajas y beneficios agrícolas que aporta el uso de *Trichoderma* como control biológico. *Revista Científica Agroecosistemas* 2(1):254-264.
- Sánchez-Rosales, R., Hernández-Rodríguez, O.A., Jiménez-Castro, J.A., Ojeda-Barrios, D.L., Guerrero-Prieto, V.M., Parra-Quezada, R.A. (2019). Modelos de predicción del índice de madurez de abonos orgánicos producidos con tres procesos de transformación. *ITEA-Información Técnica Económica Agraria* 115(3):198-212. doi.org/10.12706/itea.2018.033
- Saranraj, P. A. (2022). Effect of *Trichoderma* resin and earthworm co-inoculation on organic matter, carbon, and NPK content in market compost. *International Journal of Environmental Research* 7(11):120-122. doi:https://www.researchgate.net/publication/366500038
- Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). (2019). Servicio de control y monitoreo ambiental. Resolución conjunta 1/2019. Ciudad de Buenos Aires.
- Singh, R. P., Agnihotri, R.K., Kumar, A. (2025). Development and physicochemical analysis of compost and vermicompost from floral waste. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 18(1):134-138. doi:https://doi.org/10.52711/0974-360X.2025.00020
- Soto, G., y Muñoz, C. (2002). Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost y su empleo en la agricultura. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 65:23-129.
- Sullivan, D.B., Bary, A.I., Miller, R., Brewer, L. (2018). Interpreting Compost Analyses. Report number: EM 9217. Oregon State University Extension.
- Torti, M.J., Butti, M., Fain-Binda, V. (2019). Evolución de los indicadores de madurez y estabilidad biológica en compost de residuos de incubación. *Revista de Tecnología Agropecuaria - RTA* 10(39):73-75.
- Villegas-Cornelio, V.M. y Laines C.J. (2017). Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8(2):393-406
- Wilson, G., y Parr, J. (1983). Experiences with organic waste composting in developing countries. *Boletines de Suelos de la*

FAO 51p.

Xie, S., Huu-Tuan, T., Mingjun, P., Tao, Z. (2023). Transformation characteristics of organic matter and phosphorus in composting processes of agricultural organic waste: research trends. *Materials Science for Energy Technologies* 36:70-76
doi:10.1016/j.mset.2023.02.006

Yasmin, J.P. (2022). Temperature dynamics and microbial succession during composting of organic residues. *Journal of Environmental Management*, 311:114879.



Mecanismos de acción y avances comerciales de nanopartículas en la agricultura

Graciela Dolores
Ávila Quezada¹.
Nuvia Orduño
Cruz¹.
Miguel Ángel Piñón
Miramontes¹.

- (1) Facultad
de Ciencias
Agrotecnológicas/
Universidad
Autónoma de
Chihuahua

Recibido: 22 de abril
de 2026

Aceptado: 21 de
mayo de 2026

Resumen

Las nanopartículas metálicas son una alternativa para el control de plagas, patógenos y malezas en la agricultura. Debido a su tamaño de 1 a 100 nanómetros (nm) tienen alta reactividad, pueden usarse para la liberación controlada de ingredientes, y son más eficientes en comparación con los agroquímicos convencionales. Este trabajo consiste en una revisión de literatura basada en artículos científicos y en resultados de investigación de los autores. Se enfoca en los mecanismos de acción de nanomateriales y su aplicación como insecticidas, fungicidas y herbicidas, así como en su avance hacia la comercialización. Aunque existe mucha investigación y patentes, la presencia de nanoplaguicidas y nanoherbicidas en el mercado sigue siendo baja debido a la falta de regulaciones, escasa validación en campo y preocupaciones sobre seguridad humana y ambiental. Los nanofertilizantes son actualmente los productos comerciales más consolidados en el sector agrícola.

Palabras clave: nanopartículas, control de plagas, agricultura sostenible.

Abstract

Metallic nanoparticles are an alternative for controlling pests, pathogens, and weeds in agriculture. Due to their size of 1 to 100 nanometers (nm), they have high reactivity, can be used for the controlled release of ingredients, and are more efficient compared to conventional agrochemicals. This work consists of a literature review based on scientific articles and the authors' research results. It focuses on the mechanisms of action of nanomaterials and their application as insecticides, fungicides, and herbicides, as well as their progress toward commercialization. Although research and patents are growing, the presence of nanopesticides and nanoherbicides in the market remains low due to a lack of regulations, limited field validation, and concerns about human and environmental safety. Nanofertilizers are currently the most established commercial products in the agricultural sector.

Keywords: nanoparticles, pest control, sustainable agriculture

Introducción

La nanotecnología es una herramienta para optimizar prácticas agrícolas como la fertilización y el control de plagas, con el objetivo de reducir la dependencia de agroquímicos sintéticos y favorecer la producción sostenible (Ávila-Quezada et al., 2022).

Las nanopartículas (NPs) tienen propiedades fisicoquímicas interesantes, como alta reactividad y liberación controlada, lo que mejora la eficiencia en nutrición vegetal y disminuye pérdidas por lixiviación o volatilización (Arora et al., 2022; Ávila-Quezada et al., 2024; Kale et al., 2024; Rai y Ávila-Quezada, 2024).

En el manejo de plagas, patógenos y malezas, las NPs son una alternativa al mejorar la penetración y liberación dirigida de ingredientes activos, además de contribuir a disminuir problemas de resistencia asociados a agroquímicos convencionales (Hawkins et al., 2019; Vrbničanin et al., 2017).

El mercado mundial de agroquímicos genera anualmente miles de millones de dólares, sin embargo, actualmente enfrenta importantes desafíos regulatorios y ambientales. Ante este panorama, las NPs representan una alternativa prometedora, debido a que pueden diseñarse para liberar ingredientes activos de manera más eficiente, permitiendo disminuir las cantidades de agroquímicos utilizadas y reducir su impacto ambiental (Hendrickson et al., 2017).

Aunque algunas nanoformulaciones han avanzado hacia la comercialización, existen retos relacionados con la regulación, evaluación de riesgos y validación en campo. Por ello, este trabajo presenta una revisión de literatura sobre los mecanismos de acción de las NPs en agricultura y su avance comercial, con el fin de evaluar su viabilidad como alternativa sostenible.

Uso de los nanomateriales en la agricultura.

¿Cómo actúan los nanomateriales en las plagas?

Las NPs pueden actuar como insecticidas o actuar como vehículos que transportan sustancias activas hasta el interior del insecto. Su eficacia depende del tamaño, cuanto más pequeñas son, mayor es su capacidad para atravesar barreras naturales y afectar al insecto. A nivel externo, afectan la cutícula del insecto; mientras que internamente, inducen desequilibrios químicos como estrés y alteraciones genéticas y fisiológicas. Como consecuencia, los insectos o larvas reducen o cesan su alimentación, afectando su desarrollo o supervivencia (Shahzad y Manzoor, 2021).

Las NPs metálicas y de óxidos metálicos destacan por su ac-

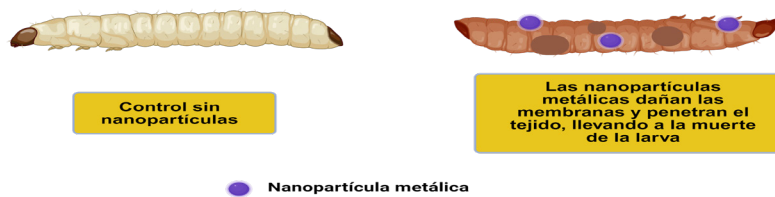


Fig 1. Efecto de nanopartículas metálicas en larvas del insecto *Tenebrio molitor*.

tividad insecticida. Por ejemplo, las NPs de óxido de plata afectan la defensa celular del insecto y generan intenso estrés oxidativo lo que provoca daño celular y finalmente la muerte del organismo (Fig 1) (Benelli, 2018). Estas nanopartículas tienen la capacidad de penetrar los tejidos y afectar directamente las células del insecto (Abarca-Cabrera et al., 2021; Martínez-Cisterna et al., 2024). De manera similar las NPs de óxido de silicio y de aluminio actúan sobre la cutícula del insecto al adherirse a su superficie, favoreciendo la pérdida de agua y causando deshidratación, lo que compromete su supervivencia (Benelli, 2018).

Asimismo, diversos estudios han demostrado que las nanopartículas pueden alterar el desarrollo de insectos como *Tenebrio molitor* (Orduño-Cruz et al., 2025), reforzando el potencial de la nanotecnología como una alternativa innovadora y sostenible para el control de plagas agrícolas

¿Cómo actúan los nanomateriales contra los patógenos?

La efectividad de los nanomateriales depende de características como el tamaño, forma, carga y composición. En agricultura, se aplican de distintas maneras según el problema: pueden usarse aplicado al suelo, o asperjarse sobre el follaje para evitar enfermedades de raíz o foliares (Fig 2). Sin embargo, cuando se trata de enfermedades en frutas postcosecha, se requiere más investigación para evaluar los posibles efectos en la salud humana y garantizar su inocuidad (Ávila-Quezada et al., 2023).

Las NPs metálicas y de óxidos metálicos actúan atacando directamente a los hongos y bacterias. Pueden deformar las estructuras del hongo e inhibir la formación de esporas. Además, generan compuestos reactivos que causan un “estrés interno” que termina causando la muerte (Lakshmeesha et al., 2020).

El estudio de Khan et al. (2023) demostró actividad antibacteriana, antifúngica y nematocida con NPs de óxido de cobre. Estas inhibieron el crecimiento de importantes bacterias, hongos y nematodos fitopatógenos en un 50% a las 48 h de enfrentamiento.

¿Cómo actúan los nanomateriales en las malezas?

Los herbicidas formulados con nanopartículas pueden con-

trolar malezas usando dosis menores que los productos convencionales. Esto se debe a que penetran mejor en la planta, se liberan de forma controlada y se absorben con mayor eficiencia (La Iacona et al., 2025).

Por ejemplo, la nanoatrazina ha demostrado ser hasta dos veces más efectivo que la atrazina convencional, logrando una absorción foliar de 40% mayor en solo 24 horas (Takeshita et al., 2021). Asimismo, nanoherbicidas elaborados con quitosano alcanzaron 100% de mortalidad en malezas en trigo usando dosis de cinco a diez veces menores que las formulaciones comerciales convencionales (Khan et al., 2023). De manera similar, el nanotribenurón-metilo encapsulado en zeína, redujo 77% la altura de las malezas empleando la mitad de la dosis habitual (Heydari et al., 2021). también se ha reportado que la nanoatrazina encapsulada en poli(ϵ -caprolactona) disminuyen significativamente la formación de brotes con una dilución diez veces menor (Oliveira et al., 2015). Además, nanopartículas biodegradables formuladas con metribuzin lograron un control eficiente de malezas utilizando solo 48 g de ingrediente activo por hectárea (Takeshita et al., 2022).

Estas innovaciones son objeto de investigación en países como Brasil, China y Estados Unidos, donde la atrazina nanoencapsulada ha despertado interés por su alta eficacia y bajo impacto ambiental en comparación con las formulaciones convencionales (Preisler et al., 2022; Sousa et al., 2024).

En cuanto a su mecanismo de acción, muchos herbicidas actúan bloqueando el fotosistema II, un proceso esencial para la fotosíntesis de las plantas (Sousa et al., 2018). Las nanoformulaciones facilitan que el herbicida ingrese con mayor rapidez a través de raíces y hojas, permitiendo que se distribuya en los tejidos y alcance los cloroplastos, donde ejerce su efecto tóxico (Bombo et al., 2019; Preisler et al., 2022). Por ejemplo, la nanoatrazina puede ingresar a la hoja y causar daño directo en los cloroplastos (Bombo et al., 2019). Gracias a ello, estas tecnologías ofrecen un control más eficiente de la maleza, incluso en especies tolerantes a la atrazina como *Digitaria insularis* (Sousa et al., 2018; Preisler et al., 2022).

Análisis de los nanomateriales comerciales a nivel

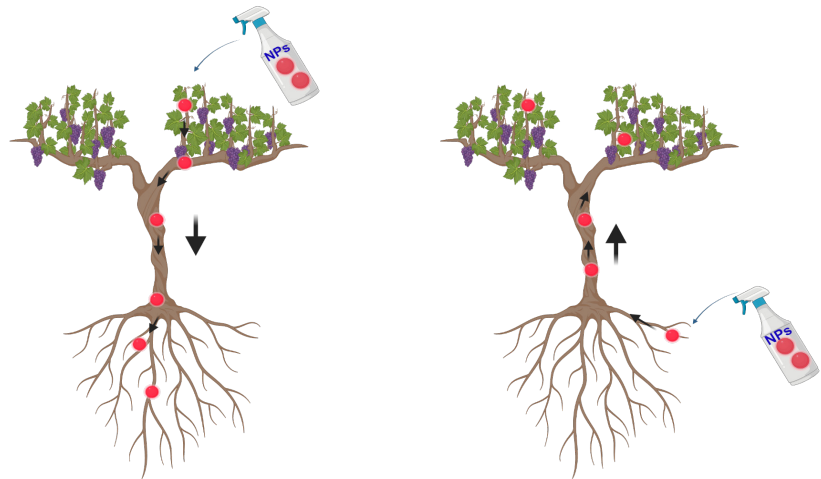


Fig 2. Translocación de las nanopartículas en la planta. Después de la aplicación foliar se translocan a la raíz. Cuando se aplican en la raíz se translocan a la parte aérea.

mundial.

En la actualidad la mayoría de los nanomateriales que llegan al mercado agrícola son nanofertilizantes; seguid de nanoplaguicidas y en menor medida, los nanoherbicidas (Xu et al., 2023). Su principal ventaja es que liberan los nutrientes o ingredientes activos de manera lenta y controlada, lo que reduce pérdidas del producto aplicado, disminuye el impacto ambiental y mejora el rendimiento de los cultivos (Arora et al., 2022). Por eso, estas formulaciones son opciones atractivas para la comercialización.

Los productos más consolidados son los nanofertilizantes (Cuadro 1). Por ejemplo, la urea nanoencapsulada ha incrementado la producción de trigo 7 % (Ramírez-Rodríguez et al., 2020). También se han desarrollado nanofertilizantes híbridos con hi-

Cuadro 1. Nanomateriales comerciales y las empresas que desarrollan estos productos basados en moléculas nanométricas.

Producto	Empresa /País	Sitio web
Emulsiones con nanopolímeros y formulaciones de NPs para fármacos	CD Bioparticles / Estados Unidos	https://www.formulationbio.com/nanomedicine/
Insecticida organofosforado Clorpirifos nanoencapsulado, comercializado con el nombre Nanofos	Surcos / Argentina	https://www.surcos.com/producto/nanofos/11
Nano Fertilizante de fósforo quelado	TradeMax / Estados Unidos	https://trademaxcorporation.com/product/high-tech-nano-chelated-phosphorus-fertilizer
Nanofertilizante	Agro Nanotechnology Corp. / Estados Unidos	https://product.statnano.com/company/agro-nanotechnology-corp
Nanofertilizante: Master Nano Chitosan	Pannaraj Intertrade, Bangkok / Tailandia	https://www.tradekey.com/company/Pannaraj-Intertrade-1358045.html
Nanofertilizante	Nano Green Sciences, Inc. / India	https://product.statnano.com/company/nano-green-sciences,-inc
Nanofósforo y nanopotasio. Fosvit K30	Kimitec Group / España	https://product.statnano.com/product/9648/fosvit-k30
Nano-zinc foliar	JU Agri Sciences Pvt. Ltd. / India	https://juagrisciences.com/
Nano fertilizante foliar	Nualgi America, Inc. / Estados Unidos	https://www.nualgi.com/
Nanofertilizantes diversos como Nano Hierro y calcio, y potasio quelado	AFME Trading Group / Reino Unido	https://product.statnano.com/company/afme-trading-group
Nanourea líquida	Indian Farmers Fertiliser Cooperative Ltd / India	https://www.iffco.in/en/nano-urea-liquid-fertilizer
Fertilizante Nano.T Total. Contiene nitrógeno, fósforo, potasio, nanohierro y nanofósforo, y el producto Nano.T Fe, que contiene nanohierro	CEREA FCP Fabbrica Cooperativa Perfosfati Cerea S.C. / Italia	https://fcpcerea.it/es/productos/

droxiapatita modificada con urea, enriquecidos con nanopartículas de cobre, hierro y zinc, que permiten liberar nutrientes gradualmente y mejorar la retención de agua, lo que los hace competitivos en el mercado. Asimismo, el nanoquitosano con nitrógeno, fósforo y potasio, aumentó el rendimiento del trigo en 14 % (Tarafer et al., 2020).

Estado actual del desarrollo y comercialización de nanoplaguicidas y nanoherbicidas.

En el caso de los nanoherbicidas, aunque muchos estudios demuestran la eficacia de la atrazina nanoencapsulada (Oliveira et al., 2015), estos desarrollos siguen siendo experimentales. Hasta ahora, no hay evidencia de que existan formulaciones comerciales de atrazina nanoencapsulada disponibles en el mercado.

Algo similar ocurre con los nanofungicidas y nanoplaguicidas. A pesar de los resultados interesantes obtenidos en laboratorio, su presencia comercial es baja. Las principales razones son la falta de estudios a nivel de campo, y de regulaciones, además de la incertidumbre sobre sus posibles efectos negativos ambientales.

En relación con innovación y propiedad intelectual, se observa mayor actividad. En los últimos años ha aumentado el número de publicaciones científicas y patentes sobre nanomateriales aplicados a la agricultura (Cuadro 2). Estados Unidos y Alemania lideran en solicitudes de patentes, mientras que países asiáticos encabezan la producción científica. Cerca del 40% de estas investigaciones se centran en nanomateriales de carbono, seguidos por nanopartículas de dióxido de titanio, plata, sílice y alúmina (Bae et al., 2017).

En el caso de los nanofungicidas, empresas como Bayer, DuPont, US Agriculture y Blueberry Therapeutics han registrado patentes relacionadas con estas tecnologías. Entre las nanoestructuras más comunes se encuentran los nanoencapsulados, los quantum dots y las nanopartículas de óxidos metálicos (Ganguli, 2024).

A pesar del aumento en investigaciones, la cantidad de nanomateriales agrícolas disponibles en el mercado sigue siendo baja, probablemente por preocupaciones sobre posibles riesgos para la salud, y por la falta de regulación en muchos países (Arora et al., 2022). Instituciones similares a la Cofepris en México, como la CIBRC en India, APVMA en Australia, BVL en Alemania, ICAMA en China y FAMIC en Japón, no han publicado listas oficiales de productos agrícolas basados en nanomateriales registrados.

Dado su potencial comercial, varias agencias internacionales,

Número de patente /país	Descripción de la patente	Nombre de quien patenta
para Plagas		
ES2678093 / España	Método de preparación de semillas resistentes a las plagas.	Universidad Politécnica de Cataluña.
MX2020004548 / México	Tratamiento en base a cera y NPs de ferritas magnéticas de zinc para el control de patógenos e insectos de plantas en cubiertas no comestibles de frutos	Universidad Autónoma de Coahuila
MX2010013530 / México	Plaguicida con un filtro fotoprotector UV orgánico y NPs de óxido metálico recubiertas. Esta cubierta es para estabilizar al agroquímico frente a la radiación UV	BASF
para Patógenos		
AR086541 / Argentina	Método para controlar microorganismos fitopatógenos con sales de nanocobre.	BASF
WO2021084448 / Colombia	Formulación agroquímica antifúngica verde basada en nanomateriales de silicio y zinc.	Biológicos estratégicos Bioest S.A.A.
WO2020186366/ Chile	Cubierta protectora con NPs de cobre para el cuidado fitosanitario de productos alimenticios, cárneos y/o vegetales post-cosecha, para la extensión de la vida de anaquel	Inversiones y asesorías citrus Ltda.
para Malezas		
AR095420 / Argentina	Composición herbicida con micropartículas poliméricas que contienen un herbicida de tipo auxina sintética para controlar malezas.	Syngenta
AR088153 / Argentina	Composición herbicida que comprende micropartículas poliméricas que contienen un herbicida.	Syngenta

Cuadro 2. Patentes relacionadas con nanopartículas aplicadas al control de plagas, patógenos y malezas, registradas en la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI): <https://www.wipo.int/portal/es/>

como la FDA, la EMA y la EPA, están desarrollando protocolos para asegurar un uso seguro, especialmente en productos de consumo. En México, se han establecido lineamientos de seguridad relacionados con nanomateriales en la Norma Mexicana NMX-R-12901-1-SCFI-2015.

Conclusiones

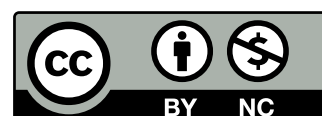
La nanotecnología agrícola ofrece soluciones para controlar plagas, patógenos y malezas, especialmente ante la resistencia a los agroquímicos. Sin embargo, su uso comercial es limitado por la falta de estudios de campo, evaluaciones de seguridad y regulación. Actualmente predominan los nanofertilizantes, mientras que los nanoplaguicidas y nanoherbicidas siguen en su fase experimental. Su adopción requiere validar su eficacia en campo y entender su destino en suelo y agua.

Referencias

- Abarca-Cabrera, L., Fraga-García, P., Berensmeier, S. (2021). Bio-nano interactions: binding proteins, polysaccharides, lipids and nucleic acids onto magnetic nanoparticles. *Biomaterials research*, 25(1), 12.
- Arora, S., Murmu, G., Mukherjee, K., Saha, S. et al. (2022). A comprehensive overview of nanotechnology in sustainable agriculture. *J. Biotechnology*, 355, 21-41.
- Ávila-Quezada, G.D., Ingle, A.P., Golińska, P., Rai, M. (2022). Strategic applications of nano-fertilizers for sustainable agriculture: Benefits and bottlenecks. *Nanotechnology Reviews*, 11(1), 2123-2140.
- Ávila-Quezada, G.D., Rai, M., Orduño-Cruz, N., Mercado-Meza, D.Y. et al. (2023). Strategic role of myconanotechnology in agriculture for control of fungal pathogens. In *Myconanotechnology* (pp. 171-192). CRC Press.
- Ávila-Quezada, G., Hernández-Montiel, L.G., Rai, M. (2024). The Strategic Role of Nanotechnology in Plant Health Fitness An Overview. *Nanotechnology in Plant Health*, 3-10.
- Bae, S.H., Kim, J., Shin, K.M., Yoon, J.S. et al. (2017). Comparative analysis of co-authorship and keyword network for nanotechnology: carbon nanomaterials field. *J. the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers*, 26(2), 172-184.
- Benelli, G. (2018). Mode of action of nanoparticles against insects. *Environmental Science and Pollution Research* 25, 12329-12341.
- Bombo, A.B., Pereira, A.E.S., Lusa, M.G., de Medeiros Oliveira, E. et al. (2019). A mechanistic view of interactions of a nanoherbicide with target organism. *J. Agricultural and Food Chemistry*, 67(16), 4453-4462.
- Ganguli, P. (2024). Patent landscape in biofungicides, nanofungicides, and nano-biofungicides. In *Nanohybrid Fungicides* (pp. 419-440). Elsevier.
- Hawkins, N.J., Bass, C., Dixon, A., Neve, P. (2019). The evolutionary origins of pesticide resistance. *Biological Reviews*, 94(1), 135-155.
- Hendrickson, C., Huffstutler, G., Bunderson, L. (2017). Emerging applications and future roles of nanotechnologies in agriculture. *Agric Res Technol*, 11(1).
- Heydari, M., Yousefi, A.R., Nikfarjam, N., Rahdar, A. et al. (2021). Plant-based nanoparticles prepared from protein containing tribenuron-methyl: fabrication, characterization, and application. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 8(1), 53.
- Kale, S.S., Chauhan, R., Nigam, B., Gosavi, S. et al. (2024). Effectiveness of nanoparticles in improving soil fertility and eco-friendly crop resistance: A comprehensive review. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 56, 103066.
- Khan, M., Khan, A.A., Parveen, A., Min, K. et al. (2023). Mitigating the growth of plant pathogenic bacterium, fungi, and nemato-

- de by using plant-mediated synthesis of copper oxide nanoparticles (CuO NPs). *Green Chemistry Letters and Reviews*, 16(1), 2177520.
- Lakshmeesha, T.R., Murali, M., Ansari, M.A., Udayashankar, A.C. et al. (2020). Biofabrication of zinc oxide nanoparticles from *Melia azedarach* and its potential in controlling soybean seed-borne phytopathogenic fungi. *Saudi J. Biological Sciences*, 27(8), 1923-1930.
- La Iacona, M., Scavo, A., Lombardo, S., Mauromicale, G. (2025). The Exploitation of Nanotechnology in Herbicides and Bioherbicides: A Novel Approach for Sustainable Weed Management. *Agronomy*, 15(1), 228.
- Martínez-Cisterna, D., Rubilar, O., Tortella, G., Chen, L. et al. (2024). Silver Nanoparticles as a Potent Nanopesticide: Toxic Effects and Action Mechanisms on Pest Insects of Agricultural Importance-A Review. *Molecules*, 29(23), 5520.
- Oliveira, H.C., Stolf-Moreira, R., Martinez, C.B.R., Grillo, R. et al. (2015). Nanoencapsulation enhances the post-emergence herbicidal activity of atrazine against mustard plants. *PLoS One*, 10(7), e0132971.
- Orduño-Cruz, N., Mercado-Meza, D.Y., Márquez-Ruiz, F.G., Alonso-Villegas, R. et al (2025). Biosynthesized silver nanoparticles: An eco-friendly approach to management of insect pest. *Pakistan J. Agricultural Sciences*, 62(3), 461-470.
- Preisler, A.C., Carvalho, L.B., Saraiva-Santos, T., Verri Jr, W.A. et al. (2022). Interaction of nanoatrazine and target organism: evaluation of fate and photosystem II inhibition in hydroponically grown mustard (*Brassica juncea*) plants. *J. Agricultural and Food Chemistry*, 70(25), 7644-7652.
- Rai, M., Avila-Quezada, G. (Eds.). (2024). *Nanotechnology in plant health*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- Ramírez-Rodríguez, G.B., Miguel-Rojas, C., Montanha, G.S., Carmona, F.J. et al. (2020). Reducing nitrogen dosage in *Triticum durum* plants with urea-doped nanofertilizers. *Nanomaterials*, 10, 1043.
- Shahzad, K., Manzoor, F. (2021). Nanoformulations and their mode of action in insects: a review of biological interactions. *Drug and Chemical Toxicology*, 44(1), 1-11.
- Sousa, G.F., Gomes, D.G., Campos, E.V., Oliveira, J.L. et al. (2018). Post-emergence herbicidal activity of nanoatrazine against susceptible weeds. *Frontiers in Environmental Science*, 6, 12.
- Sousa, B.T., Carvalho, L.B., Preisler, A. C., Saraiva-Santos, T. et al. (2024). Chitosan coating as a strategy to increase postemergent herbicidal efficiency and alter the interaction of nanoatrazine with *bidens pilosa* plants. *ACS Applied Materials & Interfaces*.
- Takeshita, V., Carvalho, L.B., Galhardi, J.A., Munhoz-Garcia, G.V. et al. (2022). Development of a preemergent nanoherbicide: From efficiency evaluation to the assessment of environmental fate and risks to soil microorganisms. *ACS Nanoscience Au*, 2(4), 307–323.
- Takeshita, V., de Sousa, B.T., Preisler, A.C., Carvalho, L.B. et al.

- (2021). Foliar absorption and field herbicidal studies of atrazine-loaded polymeric nanoparticles. *J. Hazardous Materials*, 418, 126350.
- Tarafder, C., Daizy, M., Alam, M.M., Ali, M.R., et al. (2020). Formulation of a hybrid nanofertilizer for slow and sustainable release of micronutrients. *ACS omega*, 5(37), 23960-23966.
- Vrbničanin, S., Pavlović, D., Božić, D. (2017). Weed resistance to herbicides. *Herbicide resistance in weeds and crops*, 7-35.
- Xu, X., Qiu, H., Van Gestel, C.A., Gong, B. et al. (2023). Impact of nanopesticide CuO-NPs and nanofertilizer CeO₂-NPs on wheat *Triticum aestivum* under global warming scenarios. *Chemosphere*, 328, 138576.



La cotidianidad de la química

Ivonne Carolina
Martínez López¹.
Alma Angelina
Holguín Aguirre¹.
Rocío Anchondo
Granados¹.

- (1) Facultad de
Ciencias Químicas/
Universidad
Autónoma de
Chihuahua

Recibido: 5 de mayo
de 2026

Aceptado: 1 de junio
de 2026

Introducción

En la vida cotidiana realizamos diferentes acciones haciéndonos hábitos y/o rutinas, en las cuales la Química está presente sin que lo notemos. Esta ciencia estudia la materia en cuanto a composición, estructura y propiedades además de los cambios que experimenta.

La Química es una disciplina que se presenta como un campo complejo que nos invita a analizar y comprender el comportamiento de la materia y su transformación. En el sector salud, se emplea en desarrollo y diseño de fármacos, así como en materiales de curación, prótesis e implantes. En el cuidado personal, abarcando productos simples hasta cosméticos más complejos como jabón, acondicionadores, champú, geles, maquillajes, bloqueadores solares, entre otros. Para la limpieza utilizamos detergentes, suavizantes, desinfectantes, fabricados con productos químicos, al igual que los aditivos, saborizantes y conservadores utilizados en nuestros alimentos. Asimismo, es una parte importante y vital en la fabricación de textiles, la creación de plásticos y el procesamiento de metales. Incluso, los procesos biológicos en los seres vivos no se podrían realizar sin su presencia.

Mediante una revisión bibliográfica, este artículo tiene como objetivo demostrar la importancia de una de las ciencias más antiguas: la Química, reconociendo su presencia constante y su impacto en la vida diaria.

Un poco de historia.

La Química está presente en nuestras vidas, desde todos los tiempos aun sin la existencia de la humanidad, ha tenido un gran impacto en la evolución del planeta tierra, gracias a diversas reacciones químicas (García Ordaz, 2024).

En la antigüedad, filósofos como Empédocles propusieron que la materia estaba formada por cuatro elementos: aire, agua, fuego y tierra. La alquimia fue una protodisciplina nacida en el oriente, antecesora de la Química moderna, Combinando creencias místicas sobre la piedra filosofal, capaz de transmutar ciertos materiales en oro, con la combinación experimental de distintas sustancias. Los alquimistas crearon parte del instrumental que hoy en día se emplea en los laboratorios (Raffino, 2025).

La Química es una ciencia activa y en evolución que tiene importancia vital en nuestro planeta, tanto en la naturaleza como

en la sociedad. Aunque sus raíces son antiguas, la Química es en todos sentidos una ciencia moderna. De hecho, la Química es parte central de nuestro estilo de vida; a falta de ella, nuestra vida sería más breve en lo que llamaremos condiciones primitivas: sin automóviles, sin electricidad, sin computadoras, ni discos compactos y muchas otras comodidades (Chang, 2017). Encontramos que el planeta está formado por diferentes elementos químicos, así la atmósfera está formada por diferentes elementos gaseosos, entre ellos oxígeno (O_2), nitrógeno (N_2) y trazas de otros gases en menores cantidades (Brown, 2014).

Si usted cocina, entonces es un químico en ¡Acción! Gracias a su experiencia en la cocina, sabe que el aceite y el agua no se mezclan y que si deja hervir el agua en la estufa llega un momento en que se evapora por completo. También aplica los principios de la Química y la física cuando usa el bicarbonato de sodio en la elaboración de pan; una olla a presión para abreviar el tiempo de preparación de guisos, añade ablandador de carnes a un platillo, exprime un limón sobre rebanadas de pera para evitar que se tornen oscuras o sobre el pescado para minimizar su olor, o agrega vinagre al agua en la que cuece huevos (Chang, 2017).

La Química no es algo exclusivo del contexto académico ni de los químicos, es un aspecto más de la vida diaria. Nuestra cultura está cada vez más condicionada por la ciencia y la tecnología que no deben ser ajenas al público en general (Jiménez Liso, 2001).

La vida constituye la máxima expresión de la Química, es Química en el más alto grado de complejidad imaginable. En un inicio la industria Química fundamentalmente fabricaba explosivos, fertilizantes, derivados del petróleo, colorantes (GUZMÁN, 2009).

Hoy en día se relacionan los productos químicos como una de las grandes causas de contaminación, por lo que en los últimos años ha surgido la Química verde, que trata de diseñar, procesar y producir nuevos materiales que ayuden a reducir y eliminar sustancias químicas peligrosas, más amigables con el medio ambiente (López, 2011).

Química y Salud.

En la Salud la intervención de la Química es abundante desde la farmacología, donde se diseña y sintetiza compuestos para prevenir, tratar o curar enfermedades. Como el paracetamol, antiácidos, antibióticos, hasta tratamientos más avanzados como quimioterapia, radioterapia. La creación de neurotransmisores y hormonas que ayudan a regular estados de ánimo y funciones corporales.

En la Química clínica se utiliza para analizar muestras biológicas como la sangre, orina, heces; donde se detectan desequilibrios causantes de diferentes enfermedades, como la diabetes, infecciones.

El desarrollo de materiales como los polímeros y biomateriales, se usan para crear implantes, prótesis, hilo quirúrgico, equipos desechables como jeringas, guantes, cofias, cubre bocas.

El uso de compuestos usados para desinfección de áreas e instrumentos, como lo son los antisépticos, jabones, la cloración del agua, usados para prevenir la transmisión de enfermedades.

En áreas más técnicas encontramos la Química estudiando las moléculas de la vida y sus interacciones en el cuerpo humano, comprendidas en cuatro macromoléculas que ejecutan las funciones de los seres vivos, como son los carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, generando reacciones químicas necesarias para el funcionamiento del metabolismo.

En la genética se utiliza la Química para entender y tratar enfermedades, como la introducción de genes sanos, gracias a ésta ciencia, se puede entender el almacenamiento y replica de la información hereditaria. El ácido desoxirribonucleico (ADN) es la molécula que contiene y transporta la información genética para el desarrollo y el funcionamiento de los organismos vivos, incluso algunos virus. La molécula de ADN está constituida por una doble cadena formada por azúcar (desoxirribosa) y una molécula de fosfato, que se enrollan entre sí formando una doble hélice y ésta compuesto por polímeros unidos por enlaces de hidrógeno entre bases nitrogenadas (Adenina, Tiamina, Citosina Guanina), gracias a esto se puede estudiar la información genética (Martínez-Frias, 2010).

Química en la Cocina.

En la cocina la Química está presente; en ella se procesan y transforman alimentos, que requieren diferentes tratamientos de acuerdo a los resultados esperados y las tradiciones de cada región. En la cocina se utilizan fuentes de energía (calor, frío) y medios para transferir dicha energía. Se trabaja con los diferentes estados de la materia, como lo son sólidos, líquidos, gases, geles, espumas, emulsiones. Se aprovechan propiedades de la materia como lo son masa, volumen, densidad, punto de fusión, punto de ebullición, dureza.

Contamos con alimentos ácidos y alcalinos, lo cual les da propiedades a los alimentos como lo son el sabor, el olor y ésta es una característica meramente Química, asociada con el potencial de hidrógeno (pH). Se aprovecha la modificación del pH para conservar alimentos o cuajar proteínas, como en la leche.

Por medio del calor se producen reacciones Químicas, una es la reacción de Maillard, que es un conjunto de reacciones complejas que ocurren al cocinar alimentos, donde proteínas (aminoácidos) y azúcares reductores reaccionan al calor y producen el color marrón, aromas y sabores tostados característicos para dorar carnes, tostar pan, caramelizar alimentos.

Utilizamos cambios de textura por medio del calor y presión, así podemos consumir alimentos modificados que son más fáciles de consumir, como los granos.

Se utilizan aditivos y conservadores simples como la sal, utilizada desde tiempos antiguos como saborizante y como conservador, hasta otros de estructura Química más compleja, como lo es el ácido cítrico (acidulante y conservante E330, $C_6H_8O_7$) con el fin de conservar o potencializar los sabores, así como algunos otros aditivos que proveer colores a diferentes alimentos. Los aditivos pueden ser naturales como las antocianinas que dan color desde el rojo hasta el violeta, el licopeno para tonos rojizos, la curcumina perteneciente al grupo químico de los fenoles, usado para dar colores amarillos. También pueden ser sintéticos como el amarillo ocazo (E110) usado frecuentemente en refrescos y botanas, la eritrosina (E127), que es un compuesto organoyodado, usado para dar sabor y color a fresa, la cual está prohibida por la FDA en alimentos y medicamentos por riesgos a la salud, aunque sigue usándose hoy en día.

En la cocina la Química además ayuda a conservar el valor nutricional de los alimentos, tratados por diferentes procesos y lograr conservarlos por más tiempo.

La microbiología es un aspecto estudiado en los alimentos, ya que al estudiarla y conocerla se puede aprovechar para inhibir crecimiento y de esta manera alargar la vida de anaquel, o activarlo como en la fermentación, que da nuevos productos comestibles de alto valor agregado. Todo relacionado con los cambios químicos.

Química y Materiales.

La composición Química de los materiales indica el comportamiento que tendrán los elementos que lo conforman frente a las tensiones aplicadas sobre él. Su relación con las propiedades físicas, según su estructura Química el material tendrá dureza, ductilidad, fragilidad, entre otros.

La Química desprende una rama de gran importancia que estudia la síntesis, estructura, propiedades y aplicaciones de materiales (orgánicos, inorgánicos, híbridos, nanomateriales) para diseño de nuevos materiales, como lo son los semiconductores, polímeros, cerámicos, metales, útiles en la innovación tecnológica, usados en medicina para la fabricación de prótesis, en la

Al cocinar alimentos se producen reacciones químicas donde proteínas (aminoácidos) y azúcares reductores reaccionan al calor y producen el color marrón, aromas y sabores tostados característicos para dorar carnes, tostar pan y caramelizar alimentos.

construcción, cerámicos, plásticos, más resistentes y de mayor durabilidad, eficientes y sustentables y materiales biodegradables y amigables con el medio ambiente. En cuanto a materiales orgánicos y naturales, éstos se transforman para diversos usos y de esta manera aprovecharlos como la madera, pieles, lanas, metales, transformados en utensilios, joyas, herramientas, vestidos, accesorios. De acuerdo a la necesidad y gusto de las personas.

La Química crea nuevos materiales como catalizadores, sensores, transportadores moleculares, andamios artificiales, filtros moleculares, conjuntos emisores de luz o conductores. Las tecnologías económicas y ambientales sostenibles requieren nuevos enfoques de la ciencia y tecnología Química.

A partir de átomos y grupos de átomos, los químicos pueden elaborar grandes edificios, como hacen los arquitectos. Sin embargo, en Química no se usan grúas, carretillas ni cemento, sino fuerzas magnéticas (como las de los imanes) y eléctricas (como la de los motores), que mueven grupos y bloques de átomos y los aseguran. Así, debido a la atracción entre un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno, se forma una molécula de agua, conocida ampliamente por sus diferentes usos, siendo este un elemento que puede cambiar su estado, con el simple cambio de temperatura. El carbono de acuerdo a su arreglo molecular, lo utilizamos como grafito o como diamante, teniendo estos muy diferentes propiedades y usos (Piña, 2009).

Química y hogar.

En el hogar el uso de productos químicos es inevitable, se usan diariamente; en la limpieza, los detergentes, cloro (hipoclorito de sodio), bicarbonato de sodio, vinagre (ácido acético), sosa caustica (hidróxido de sodio). En el cuidado personal utilizamos jabones, champús, cremas, perfumes, que son mezclas de diferentes productos.

Los productos de maquillaje son un ejemplo del uso de materiales químicos cosméticos, donde se usan pigmentos como los óxidos de hierro, micas, manganeso para dar color. Espesantes como diversas gomas y gelatinas para dar consistencia a los productos. Conservantes como los parabenos, usados para prevenir contaminación bacteriana; emolientes y humectantes como el ácido hialurónico y la glicerina, que retienen la humedad. Películas resistentes al agua usando siliconas y polímeros. La industria cosmetológica evoluciona rápidamente creando productos más eficientes y seguros para su uso. La Química cosmética, es una industria en crecimiento de la que se obtienen ganancias millonarias.

Algunos de los productos químicos más utilizados cotidianamente

mente en los hogares son:

- Bicarbonato de sodio (NaHCO_3), sustancia usada para hornear y cocinar, liberando dióxido de carbono en reacción con otros ingredientes, además de usarlos para algunos productos de limpieza.
- Cloruro de sodio (NaCl), llamada comúnmente sal de mesa usada en la cocina, para resaltar sabores.
- Sacarosa ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$), endulzante usado en la cocina, con la que se preparan diferentes tipos de alimentos, principalmente postres o dulces.
- Glutamato monosódico ($\text{C}_5\text{H}_8\text{NO}_4\text{Na}$), aditivo usado como potenciador de sabor, que en cantidades normales se considera seguro.
- El ácido acético ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$) compuesto conocido como vinagre, se utiliza en la elaboración de fármacos, tintes, plásticos, aditivos alimentarios e insecticidas.
- Etanol ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$) sustancia utilizada principalmente en bebidas alcohólicas.
- Peróxido de hidrógeno (H_2O_2) o comúnmente conocido como agua oxigenada, sirve principalmente como desinfectante, blanqueador y agente
- de limpieza, con aplicaciones en la salud, el hogar y la higiene personal.
- Alcohol isopropílico, o alcohol de limpieza como habitualmente se le conoce, es un químico multipropósito, usado comúnmente en los botiquines del hogar, para desinfectar. Además, como solvente, debido a su capacidad para disolver aceites y resinas, entre otras.
- Ésteres, utilizado en jabones, para lavar ropa y para higiene personal. También usados en la industria farmacéutica y la industria de perfumes.
- Sulfato de sodio (Na_2SO_4), hidróxido de sodio (NaOH) y compuestos fosfatados (PO_4^{3-}) encontrados en detergentes, que se utilizan cotidianamente en los hogares.
- Carbonato de calcio y fluoruro de sodio contenidos en pastas dentales.
- Carbono (C), utilizado como grafito en lápices o como diamante en joyería.
- Hidróxido de sodio (NaOH), llamado comúnmente sosa caustica es un álcali altamente corrosivo que se utiliza para limpiar, destapar lavabos, desagües e inodoros.
- Clorhidrato de aluminio ($\text{Al}_2\text{ClH}_7\text{O}_6$) usado en desodorantes para control de olores corporales.

- Sulfato de magnesio (MgSO_4) conocido como sal de Epsom. Recomendada para el dolor muscular, el estreñimiento o como ayuda en el tratamiento de la fibromialgia o la artritis, ya que tiene acción antiinflamatoria, antioxidante, laxante y calmante. Puede usarse por vía oral diluido en agua, o agregado al baño.
- Podemos seguir enumerando muchos más productos usados cotidianamente y que podemos relacionar con la Química o no, pero ahí se encuentran.

Conclusiones

La Química es una herramienta de la que dispone el ser humano para crear e innovar, con auxilio de otras ciencias. Así la Química en la actualidad nos permitirá implementar soluciones sustentables y sostenibles a las demandas de la vida diaria (Calle, 2026).

La Química no es una ciencia ajena; nosotros mismos somos Química. Estamos compuestos por átomos y moléculas, por lo que es imposible separarnos de ella. Está en todas partes: en el universo, en nuestro planeta y en la vida diaria. Sin sus avances, sería imposible simplificar y mejorar la vida cotidiana.

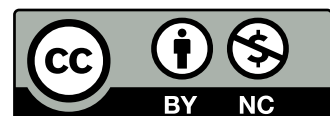
Podemos estar interesados en esta ciencia o ser ajenos a ella, pero no podemos evitar el reconocer que la Química forma parte de nuestra vida cotidiana.

Referencias

- Brown. (2014). *Química: La ciencia central*. México: Pearson Educación.
- Calle, D. (26 de mayo de 2026). Federación Empresarial de la Industria Química Española [FEIQUE]. Obtenido de *La química y la vida*: <https://feique.org/la-quimica-y-la-vida/>
- Chang, R. (2017). *Química* (12.^a ed.). México: McGraw-Hill Interamericana Editores.
- García Ordaz, M. (2024). *Química: su importancia en la humanidad*. Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 3, 8-12.
- GUZMÁN, E. C. (2009). *La Química y la vida*. Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, (Esp), 389-398.
- Jiménez Liso, M. Á. (2001). *Aprender química de la vida cotidiana más allá de lo anecdótico*. Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales, 53-62.
- López, N. J. (2011). *La química verde*. Valencia: CSIC + Cataratas.
- Martínez-Frias. (10 de marzo de 2010). *Medicina de Familia*. SEMERGEN. Obtenido de <https://www.elsevier.es/es-revista-medicina-familia-semergen-40-pdf-S1138359310000596>
- Piña, P. B. (10 de Noviembre de 2009). *Nuevos materiales* [Trabajo

presentado]. Evento académico no publicado. México, México.

Raffino, E. e. (28 de julio de 2025). Historia de la química. Obtenido de Enciclopedia Concepto. : Historia de la química [1, 2, 3, 4, 5]



Análisis crítico del fordismo, toyotismo e Industria 4.0 desde el humanismo integral en Chihuahua y Cd. Juárez

Esteban Rubio
Ochoa¹.

- (1) Tecnológico
Nacional de México/
Instituto Tecnológico
de Chihuahua.

Recibido: 12 de
marzo de 2026

Aceptado: 23 de abril
de 2026

Resumen

Este artículo ofrece un análisis crítico de la evolución de los modelos productivos en México —fordismo, toyotismo e Industria 4.0— integrando perspectivas de la historia económica, las transformaciones sociales y la ética humanista. Se examinan sus efectos regionales, especialmente en Chihuahua y Ciudad Juárez, desde el auge de la producción masiva hasta la digitalización industrial. El enfoque se complementa con los principios del humanismo integral y solidario, que ofrecen una visión del trabajo centrada en la persona y la justicia social. El texto concluye con una propuesta de reconciliación entre eficiencia, innovación y dignidad humana en el contexto contemporáneo.

Abstract

This article offers a critical analysis of the evolution of productive models in Mexico —Fordism, Toyotism, and Industry 4.0— integrating perspectives from economic history, social transformations, and humanist ethics. Their regional effects, especially in Chihuahua and Ciudad Juárez, are examined, from the rise of mass production to industrial digitalization. The approach is complemented by the principles of integral and supportive humanism, which offer a vision of work focused on the person and social justice. The text concludes with a proposal for reconciliation between efficiency, innovation, and human dignity in a contemporary context.

Introducción

Desde el siglo XX hasta nuestros días, México ha atravesado profundas transformaciones en sus modelos productivos, desde el fordismo y la industrialización sustitutiva de importaciones, hasta el toyotismo globalizado y la digitalización de la economía bajo el paradigma de la Industria 4.0. Estos paradigmas no solo modificaron la estructura económica del país, sino que generaron impactos significativos en el empleo, la organización social y la política laboral.

Este artículo propone un análisis —histórico, regional y ético— de los modelos industriales que marcaron el desarrollo mexi-

cano, particularmente en Chihuahua y Ciudad Juárez. A través de la lente de un humanismo integral y solidario, se reflexiona sobre la relación entre trabajo, tecnología y dignidad humana, destacando la urgencia de construir sistemas productivos que no excluyan ni precaricen el trabajo a las personas que los sustentan.

El humanismo integral y solidario, propuesto, orienta la vida social, política y económica hacia la dignidad humana, el bien común, la justicia y la solidaridad.

Dos modelos industriales.

Los términos fordismo y toyotismo representan dos modelos industriales y organizativos que marcaron épocas distintas en el desarrollo del capitalismo, con profundos impactos en la economía, la sociedad y la política.

Fordismo.

Es un modelo de organización industrial basado en la producción en masa y el trabajo en cadena, desarrollado por la empresa Ford en la década de 1910. Este modelo promovió la estandarización, productos idénticos, altos volúmenes de producción y salarios relativamente altos para garantizar el consumo de los productos fabricados (Harvey, 2008), surgió el término sociedad de consumo; además de la producción masiva, hubo una publicidad intensa, se dio acceso al crédito, se produjo el consumismo. En cuanto a la división del trabajo, se dieron tareas repetitivas y especializadas, con inspiración en el taylorismo. Se apreciaba un estado de bienestar basado en políticas keynesianas de salarios altos y pleno empleo. Las empresas ofrecían empleo estable a cambio de lealtad laboral.

Durante las décadas de 1940-1970, México impulsó un modelo de sustitución de importaciones, una política estatal del Partido Revolucionario Institucional (PRI) para industrializar al país, se instalaron numerosas fábricas siguiendo principios fordistas, se dio el llamado milagro mexicano. Destacaron las plantas automotrices como Ford de Cuautitlán en 1964 y General Motors en Toluca en 1965 (Álvarez y Carrillo, 2014) aprovechando la mano de obra barata y la cercanía con los EE. UU. Se protegió a las industrias nacionales con aranceles y se promovió la manufactura local. Se dio el llamado crecimiento estable, el Producto Interno Bruto (PIB) crecía en promedio 6% anual, fue la época del desarrollo estabilizador.

El impacto social se manifestó en la clase obrera urbana, surgió el proletariado industrial en ciudades como Monterrey, Puebla y el Estado de México, con empleos estables y mal pagados. Los sindicatos corporativos controlados por el PRI, como la Confederación de Trabajadores de México (CTM), negociaban sala-

rios bajos a cambio de una paz laboral. Creció la deuda externa, el Estado financió industrias ineficientes con endeudamiento, una de las causas de la crisis de 1982.

Chihuahua fue pionero en agricultura capitalista, el distrito de riego 05 en Delicias, por ejemplo, utilizó maquinaria fordista como tractores y cosechadoras para los cultivos de trigo y algodón. Luego surgieron las empresas manufactureras con lógica fordista de producción en masa para el mercado interno. A diferencia del centro del país, la industria automotriz llegó tarde. Los campesinos expulsados por la agricultura mecanizada se convirtieron en obreros urbanos o braceros. Los sindicatos eran controlados por la Federación de Trabajadores de Chihuahua, afín al PRI, con salarios bajos y estables. El auge maquilador de Ciudad Juárez desde los años 60 adoptó una lógica fordista, especialmente en plantas como RCA, Delphi y Lexmark, con trabajo repetitivo y fragmentado (Galván y García, 2018).

A partir de los años 70, la rigidez del modelo fordista, la saturación de mercados y la falta de flexibilidad ante las demandas cambiantes condujeron a su declive, acelerado por la globalización y la terciarización (Carrillo y Lara, 2003).

Toyotismo.

Inició en las empresas japonesas cuando implementaron la metodología lean manufacturing, que busca optimizar procesos productivos, eliminando desperdicios y maximizando el valor para el cliente. Surgió en Japón, en la planta de Toyota en los 1950. Se caracterizó por la producción flexible, trabajo en equipo, y mejora continua, kaizen (Womack, et al, 1990), con producción ajustada, Just-in-Time, sin inventarios innecesarios, se produce solo bajo demanda. Se expandió globalmente a partir de los años 1980 con la globalización neoliberal.

Los trabajadores, con la flexibilidad laboral, ahora eran polivalentes, no se especializan en una sola tarea. Con la mejora continua se dio algo de participación de los empleados en las decisiones y se subcontrataron proveedores externos. Llegó el fin del empleo vitalicio, da pie a la precariedad laboral con el auge de trabajo temporal y el outsourcing. La globalización productiva relocalizó a las empresas en países con mano de obra barata.

Desde los 90, la era de la globalización y el neoliberalismo, empresas como Nissan en Aguascalientes, Toyota en Baja California y Honda en Jalisco aplicaron principios toyotistas, incluyendo Just-in-Time y círculos de calidad (Carrillo, 2007). Con la apertura comercial, el ingreso al GATT en 1986 y el TLCAN en 1994, México se convirtió en plataforma exportadora de

empresas globales, las empresas extranjeras establecidas en México aprovecharon los salarios bajos y los tratados de libre comercio.

En cuanto a lo laboral, las reformas neoliberales debilitaron sindicatos y promovieron contratos temporales, los salarios se estancaron y llegó la precarización laboral pues el salario

adquisitivo cayó 60% entre 1980 y 2020 más el auge del trabajo informal. Se vio una desigualdad regional en México, el norte del país industrializado y el sur marginado. El declive del empleo industrial estable impulsó la migración a EE. UU. En la tabla 1 se observa la comparación, simplificada y limitada, del impacto social en México.

En Ciudad Juárez, epicentro de ensambladoras, y Chihuahua, empresas como Bosch, BRP y Foxconn incorporaron principios toyotistas, especialmente en líneas de producción esbeltas y sistemas de calidad total (Máynez, 2023). El crecimiento fue desigual, se contribuía con 30% al PIB estatal, con bajo encadenamiento productivo local, el 90% de los insumos se importaban. Se llegó a la precarización extrema, las mujeres en las maquilas eran el 60% de la fuerza laboral con salarios mínimos y acoso laboral. Los jóvenes abandonaron las zonas rurales para trabajar en maquilas, sin acceso a vivienda digna. Los gobiernos de partidos como el PAN y MORENA facilitaron la inversión extranjera, sin regular los derechos laborales. El crimen organizado se infiltró en algunos sindicatos maquiladores, lavando dinero a través de fábricas fantasmas (El Universal, 2018).

Aunque flexible, el toyotismo ha enfrentado críticas por generar estrés laboral, precarización y problemas ergonómicos, especialmente cuando se aplica en contextos de subcontratación intensiva (Arriola, et al, 2025). En la tabla 2 se muestra una comparación, igualmente, simplificada y limitada.

Se le critica al fordismo que fue símbolo de la industrialización clásica, acusado de alienación laboral se enfocó en control y estandarización, sostenido por el autoritarismo priista; el toyotismo fue más eficiente con la adopción de enfoques modernos priorizando la adaptabilidad, vinculado con la precariedad y

	Fordismo 1940-1982	Toyotismo 1985-2020
Modelo económico	Industrialización por sustitución de importaciones, industrialización nacional	Neoliberalismo, exportaciones
Empleo	Estable, salarios bajos	Precario, alta rotación
Rol del Estado	Protector, empresas públicas	Facilitador, inversión extranjera
Sociedad	Movilidad social limitada	Polarización, élites vs pobres

Tabla 1. Comparación del impacto en México. Elaboración propia.

	Fordismo	Toyotismo
Economía	Agroindustria y minería	Maquiladoras exportadoras
Empleo	Obreros rurales/urbanos estables	Rotación alta, salarios de miseria
Sociedad	Migración interna y los braceros	Migración forzada, más la violencia
Política	PRI, corporativista	PAN y MORENA, neoliberales

Tabla 2. Comparaciones mínimas Fordismo-Toyotismo. Elaboración propia.

desigualdad contemporánea; debilitó al PRI al no haber permitido democracia laboral. Resulta paradójico que en 2023 México era el 7º productor global de autos con el 55% de pobreza laboral. El paso del fordismo al toyotismo en México refleja la transición de un capitalismo

industrial protegido a uno globalizado y precarizado. Si bien el país se integró a cadenas globales de valor en la industria automotriz y la electrónica; lo hizo como mano de obra barata, sin desarrollo tecnológico endógeno. El impacto del fordismo y toyotismo en Chihuahua refleja la transformación de un estado fronterizo, clave en la industrialización de México, con dinámicas económicas, sociales y políticas particulares. El fordismo deshumanizó al obrero y el toyotismo lo explotó con falsa flexibilidad.

Influencia de teorías administrativas.

Los modelos fordismo y toyotismo no solo revolucionaron la producción industrial, sino que también están estrechamente ligados a teorías administrativas que marcaron la evolución de la gestión empresarial. Aquí se presenta su relación con las principales escuelas y enfoques. En Ford se aplicaron los principios de Taylor, estandarización, cronometraje de tareas, separación entre planeación y ejecución en sus cadenas de montaje, en la producción del Modelo T cada obrero realizaba una única tarea repetitiva, maximizando la velocidad. El fordismo también incorporó elementos de la teoría de Fayol como la organización jerárquica y la departamentalización. Elton Mayo, de la escuela de relaciones humanas, criticó la deshumanización del trabajo fordista-taylorista, al ignorar factores sociales y psicológicos.

Las teorías administrativas vinculadas al toyotismo son, el enfoque de calidad total de Deming y Juran, la teoría de sistemas como una visión integral de la producción, proveedores, empleados y clientes. También la administración participativa que empoderó a los trabajadores en la toma de decisiones. En la tabla 3 se comparan las teorías administrativas del fordismo y el toyotismo.

El análisis del fordismo y toyotismo en México, particularmente en Chihuahua, desde las teorías administrativas revela una tensión histórica entre eficiencia productiva y dignidad humana, donde el enfoque humanista presentado por teóricos como

Mayo, Maslow y Douglas McGregor cuestiona los costos sociales de ambos modelos. El fordismo, alienación y deshumanización del trabajo; creó empleos estables a costa de sindicatos corporativos que anulaban la voz del trabajador; y el toyotismo, flexibilidad explotadora y precariedad; exigió compromiso y negó seguridad laboral creando ansiedad.

Industria 4.0

Actualmente se vive una época marcada por la cuarta revolución industrial, que ha dado lugar a nuevos modelos de producción y gestión, más allá del fordismo y toyotismo. Sus principales características son la digitalización y la automatización avanzada mediante tecnologías como inteligencia artificial, robótica colaborativa, big data, así como el internet de las cosas industriales, análisis de datos en tiempo real y las fábricas inteligentes (Liao, et al., 2017), se emplean sistemas ciberfísicos interconectados, con hiperautomatización, conectividad global y redefinición del trabajo humano, donde la frontera entre lo físico y lo digital se desdibuja.

En México se está transformando la economía, el empleo y la estructura productiva con efectos tanto positivos como negativos. La robotización en maquiladoras y plantas automotrices reduce la demanda de mano de obra no calificada. Se espera que México gane inversión por su cercanía a los EE. UU. Se ha transformado el modelo maquilador, las plantas ya no solo ensamblan, ahora integran. Se necesitan habilidades en programación, mecatrónica y análisis de datos, por lo que hay que actualizar al sistema educativo mexicano para evitar el rezago. Se han impulsado centros como el Centro de Industria 4.0 del ITESM en Monterrey y el clúster de manufactura avanzada en Querétaro (Secretaría de Economía, 2018).

En Chihuahua, empresas como Delphi y Honeywell están introduciendo automatización avanzada, sensores inteligentes y análisis predictivo para mantenimiento y producción (Arriola, et al, 2025). En Ciudad Juárez se cuenta con el Centro de Inteligencia Artificial, creado para impulsar a la comunidad a ser tecnológicamente más competitiva. Se trata de nivelar esta transición desigual, por un lado, se quiere atraer inversión 4.0 con el nearshoring y falta capacitación, además, sigue existiendo la informalidad.

El riesgo es quedarse como un maquilador digital, sin domi-

	Fordismo Administración clásica	Toyotismo Administración moderna
Estructura	Jerárquica y centralizada	Horizontal y descentralizada
Toma de decisiones	Solo la gerencia	Participación de equipos (quality circles)
Objetivo	Eficiencia/Cantidad	Calidad y flexibilidad

Tabla 3. Diferencias en las teorías administrativas del fordismo y toyotismo. Elaboración propia.

nio tecnológico propio. Se requiere apoyar la educación STEM: ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas; políticas de innovación para no solo ensamblar, sino diseñar tecnología; y protección laboral en la economía digital, que haya derechos para los trabajadores que crean aplicaciones y para los trabajadores de las plataformas de servicio. Para evitar que coexistan trabajos bien pagados en tech para ingenieros en ciberfísica y logística 4.0 y precarización en la gig economy, como Uber, Lyft, etcétera.

Propuesta humanista.

La propuesta humanista se concreta en la implementación de modelos híbridos que combinan tecnologías de la Industria 4.0 con organización del trabajo digna y participativa. Estos modelos surgen del Humanismo Integral y Solidario, que exige articular dignidad, bien común, solidaridad y subsidiariedad en la empresa (López, 2026). En la práctica integran producción esbelta y Teoría Z, empleo relativamente estable, capacitación continua, decisiones colectivas; con mecanismos de participación en resultados, propiedad compartida y, en algunos casos, cooperativas autogestionadas. Experiencias internacionales de empresas humanistas e inclusivo-participativas y de cooperativas industriales muestran mayor compromiso, menor rotación y resiliencia, junto con productividad sostenida y empleo más estable (Sinde, 2020; CICOPA, 2017). Así, la innovación tecnológica deja de apoyarse en la precariedad para basarse en el desarrollo integral de los trabajadores.

Humanismo integral y solidario.

El Humanismo Integral y Solidario no nace como ocurrencia aislada, sino como síntesis de larga duración dentro del Pensamiento Social Cristiano y de la Doctrina Social de la Iglesia. El Compendio de la Doctrina Social afirma que su misión es “animar un nuevo orden social” cimentado sobre un “humanismo integral y solidario”, como respuesta a la instrumentalización de la persona, al individualismo y a las nuevas formas de exclusión (Pontificio Consejo “Justicia y Paz”, 2004). En esta línea, González y Navarro (2023) señalan que, ante la deshumanización contemporánea, “la cuestión social se ha convertido en una cuestión antropológica que requiere promover un nuevo humanismo integral y solidario que construya modelos de pensamiento responsable que se hagan vida”.

Este enfoque es retomado y desarrollado por autores vinculados a la sociología relacional, como Pierpaolo Donati, quien muestra cómo la Doctrina Social reclama un humanismo integral y solidario y propone la “sociedad relacional” como marco teórico para concretarlo: una sociedad basada en bienes relaciona-

les, solidaridad, subsidiariedad y bien común (López, 2026). El humanismo integral, así entendido, hunde sus raíces también en la tradición crítica de la modernidad industrial (Marx, 2021; Ruskin 2006), que ya denunciaba la reducción del trabajador a simple pieza del engranaje productivo y defendía el trabajo como expresión de dignidad y creatividad humanas.

En el ámbito empresarial, UNIAPAC formula este humanismo como criterio de gestión: inspirada por el Pensamiento Social Cristiano, su misión es promover una economía y unas empresas “al servicio de la dignidad humana y del bien común”. En La rentabilidad de los valores, UNIAPAC presenta una visión cristiana de la responsabilidad social empresarial donde el respeto a la persona y a sus necesidades básicas es condición de una verdadera “rentabilidad” económica y social. Documentos posteriores, como Respecto en acción y La vocación del líder empresarial, desarrollan la sinergia entre solidaridad y subsidiariedad como base de un “auténtico desarrollo humano integral” (UNIAPAC, 2008).

En México, USEM asume explícitamente esta herencia al afirmar que el Pensamiento Social Cristiano permite “transformar la realidad del mundo del trabajo, poniendo a la persona al centro” y que la empresa debe ser simultáneamente productiva, humana y socialmente responsable (Unión Social de Empresarios de México [USEM], s. f.). De este entramado doctrinal y académico surge el Humanismo Integral y Solidario como propuesta articulada, impulsada por teólogos, sociólogos y organizaciones empresariales cristianas, que buscan orientar tanto las políticas públicas como los modelos de empresa hacia un desarrollo humano integral en la era de la globalización y la Industria 4.0.

Conclusiones

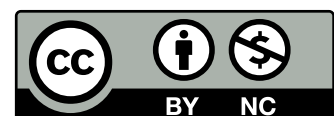
El paso del fordismo al toyotismo evidenció el desplazamiento de un modelo centrado en la estabilidad laboral hacia uno basado en la flexibilidad que, en contextos como el mexicano, ha significado precarización y pérdida de derechos. La Industria 4.0, aunque representa una oportunidad de innovación, también plantea riesgos éticos que deben ser abordados mediante políticas públicas, educación integral y protección laboral en entornos digitales. El humanismo integral y solidario propone una visión del trabajo humano como vocación, cooperación y camino de desarrollo integral, recordando que el progreso económico debe estar siempre subordinado a la dignidad de la persona. Se necesita una transición humanista, que combine tecnología, derechos laborales y participación democrática. El

reto de México no es solo ensamblar más rápido, sino imaginar un futuro industrial más justo, en el que la tecnología y la dignidad humana avancen juntas.

Referencias

- Álvarez, L. y Carrillo J. (2014). Reestructuración productiva de la industria automotriz en México y Estados Unidos después de la crisis económica financiera. En Álvarez, L. Carrillo, J. y González M. L. (Coord), *El Auge de la industria automotriz en México en el siglo XXI Reestructuración y Catching Up*, pp. 109-131. Publicaciones Empresariales UNAM, FCA Publishing.
- Arriola, E., et al. (2025). ¿Están listas las maquiladoras para implementar la Industria 4.0? *Frontera Norte*. 73, e-ISSN 2594-0260. <https://doi.org/10.33679/rfn.v1i1.2383>
- Arriola, E., et al. (2025). ¿Maquiladoras de cuarta generación? Coordinación centralizada (Ponencia). Cuarto Congreso Nacional de Estudios del Trabajo, Asociación Mexicana de Estudios del Trabajo (AMET), Hermosillo, México.
- Carrillo, J. y Lara, A. (2003). ¿Maquiladoras de cuarta generación? Coordinación centralizada (Ponencia). Cuarto Congreso Nacional de Estudios del Trabajo, Asociación Mexicana de Estudios del Trabajo (AMET), Hermosillo, México.
- Carrillo, J. (2007). La industria maquiladora en México: ¿evolución o agotamiento? *Comercio Exterior*, 57 (8), 668-681.
- Centro Cultural de la Cooperación. (2017). Cooperativas y empleo: Un informe mundial. <https://www.centrocultural.coop/blogs/cooperativismo/2017/07/09/cooperativas-y-empleo-un-informe-mundial>
- El Universal. (2018). Hacienda investiga lavado de dinero en sindicatos fantasma. <https://www.eluniversal.com.mx/nacion/sociedad/hacienda-investiga-lavado-de-dinero-en-sindicatos-fantasma/>
- Galván, O. y García, J. (2018). Análisis del desarrollo histórico de la industria maquiladora de exportación en México: caso de Ciudad Juárez, Chihuahua. *REVISTA DOXA DIGITAL*, 8(15), 135-152. <https://doi.org/10.52191/rdojs.2018.74>
- González, A. F., y Navarro M. (2023). Fundamentos y metodología del humanismo integral y solidario en educación. *Papeles Salmantinos de Educación*, 27, 147-170.
- Harvey, D. (2008). *The Condition of Postmodernity* (1989): David Harvey. En P. Hubbard, R. Kitchin & G. Valentine (eds.), *Key Texts in Human Geography*, 125-134. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.4135/9781446213742.n15>
- Liao, Y. et al. (2017). Past, present and future of Industry 4.0 – a systematic literatura review and research agenda proposal. *International Journal of Production Research*. 55 (12). 3609-3629. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1308576>
- Lopez, J. C. (2026). Pierpaolo Donati y la construcción del huma-

- nismo integral. Revista Forja Para el Bien Común. <https://revistaforja.org/pierpaolo-donati-y-la-construccion-del-humanismo-integral/>
- Máynez, A. I. (2023). La Manufactura esbelta en la industria maquiladora de exportación en Ciudad Juárez. En Romero, M. L. y Hernández, P. R. (Coord) Estudios de ingeniería para contextos de transformación: Análisis, innovación y mejora, 66-76. ISBN: 978-84-19803-94-8
- Marx, K. (2021). El capital: Crítica de la economía política. Tomo I: El proceso de producción de capital. Fondo de Cultura Económica.
- Pontificio Consejo “Justicia y Paz”. (2004). Compendio de la Doctrina Social de la Iglesia. Libreria Editrice Vaticana.
- Ruskin, J. (2006). Unto this last: Four essays on the first principles of political economy. Cosimo.
- Secretaría de Economía. (2018). <https://www.gob.mx/se/articulos/el-desarrollo-de-la-industria-4-0-en-mexico?idiom=es>
- Sinde, J. M. (2020). Hacia un modelo inclusivo participativo de empresa (Serie de opinión n.º 23). UNIAPAC. <https://uniapac.org/wp-content/uploads/2020/09/Serie-opinion-23.pdf>
- UNIAPAC. (2008). La rentabilidad de los valores: Una visión cristiana de la responsabilidad social empresarial. <https://uniapac.org/wp-content/uploads/2020/02/The-Profit-of-Values-ES.pdf>
- Unión Social de Empresarios de México. (s. f.). Unión Social de Empresarios de México. <https://usem.org/>
- Womack, J.P., et al. (1990). The Machine That Changed the World. Free Press.



Análisis comparativo de la utilidad económica del dólar, CETES y vivienda de interés social en Chihuahua (2023-2026)

María Antonia
Aragón De los Ríos¹.
Deimi Villaverde
Morales¹.

- (1) Facultad
de Ingeniería/
Universidad
Autónoma de
Chihuahua

Recibido: 13 de
marzo de 2026

Aceptado: 1 de junio
de 2026

Resumen

El presente estudio tiene como propósito analizar y comparar la utilidad económica real del dólar estadounidense, los Certificados de la Tesorería de la Federación (CETES) y la vivienda de interés social en la ciudad de Chihuahua durante el periodo comprendido entre marzo de 2023 y mayo de 2026. La investigación surge ante los cambios macroeconómicos recientes en México, caracterizados por variaciones inflacionarias, modificaciones en las tasas de interés y el fortalecimiento del peso mexicano, factores que han impactado el comportamiento tradicional de diversos instrumentos de inversión.

La metodología utilizada consistió en un análisis cuantitativo, descriptivo y comparativo basado en información oficial obtenida del Banco de México, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), la Sociedad Hipotecaria Federal (SHF) y organismos especializados en construcción y valuación inmobiliaria. Se realizó una simulación financiera con una inversión inicial hipotética de \$1,000,000.00 MXN para evaluar el rendimiento nominal y real de cada instrumento, considerando inflación, plusvalía, liquidez y riesgo.

Los resultados demostraron que la vivienda de interés social presentó el mayor rendimiento real, seguida por los CETES, mientras que el dólar estadounidense registró pérdidas reales de poder adquisitivo durante el periodo analizado.

Abstract

The purpose of this study is to analyze and compare the real economic utility of the United States dollar, Treasury Certificates of the Federation (CETES), and social interest housing in the city of Chihuahua during the period from March 2023 to May 2026. This research arises from recent macroeconomic changes in Mexico, characterized by inflationary variations, modifications in interest rates, and the strengthening of the Mexican peso, factors that have impacted the traditional behavior of various investment instruments.

The methodology used consisted of a quantitative, descriptive, and comparative analysis based on official information obtained from the Bank of Mexico, the National Institute of Sta-

tistics and Geography (INEGI), the Federal Mortgage Society (SHF), and organizations specialized in construction and real estate valuation. A financial simulation was conducted using a hypothetical initial investment of \$1,000,000.00 MXN to evaluate the nominal and real returns of each instrument, considering inflation, capital gains, liquidity, and risk.

The results showed that social interest housing presented the highest real return, followed by CETES, while the United States dollar recorded real losses in purchasing power during the analyzed period.

Introducción

La utilidad económica de una inversión depende de su capacidad para preservar e incrementar el poder adquisitivo del capital frente a fenómenos como la inflación, las variaciones cambiarias y las modificaciones en la política monetaria.

En México, entre los años 2019 y 2026, el entorno financiero ha experimentado cambios significativos derivados de la recuperación económica posterior a la pandemia, el incremento inflacionario global, la volatilidad del tipo de cambio y la transformación del mercado inmobiliario impulsada por el fenómeno del nearshoring.

En este contexto, los instrumentos de inversión tradicionalmente considerados seguros —como el dólar estadounidense, los Certificados de la Tesorería de la Federación (CETES) y la vivienda de interés social— han mostrado comportamientos distintos respecto a su capacidad para generar rendimientos reales.

Mientras el dólar históricamente ha sido utilizado por los inversionistas mexicanos como refugio ante la incertidumbre económica, el fortalecimiento del peso mexicano durante el periodo 2023-2026 ha modificado su desempeño como mecanismo de preservación patrimonial.

Por otro lado, los CETES alcanzaron tasas históricas superiores al 11% anual durante el ciclo restrictivo del Banco de México, aunque posteriormente iniciaron un proceso de normalización monetaria con rendimientos menores.

De manera paralela, el mercado inmobiliario en la ciudad de Chihuahua ha mostrado una apreciación sostenida en la vivienda de interés social, impulsada por el crecimiento industrial, el aumento en la demanda habitacional y el encarecimiento de los costos de construcción.

Este comportamiento ha convertido al sector inmobiliario en un posible instrumento de cobertura contra la inflación y de generación de riqueza real a mediano y largo plazo.

El problema central de este estudio consiste en determinar cuál de estos instrumentos financieros y patrimoniales ofrece una mayor utilidad económica real para el inversionista mexicano bajo las condiciones macroeconómicas actuales.

La importancia de este análisis radica en que muchos inversionistas continúan tomando decisiones con base en percepciones históricas de seguridad financiera, sin considerar los cambios estructurales recientes en la economía nacional e internacional.

Por ello, la presente investigación tiene como objetivo comparar el rendimiento nominal y real del dólar estadounidense, los CETES a 28 días y la vivienda de interés social en la ciudad de Chihuahua durante el periodo comprendido entre marzo de 2023 y mayo de 2026. Para lograrlo, se emplean indicadores económicos oficiales como el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC), el tipo de cambio FIX del Banco de México, las tasas de rendimiento de CETES y el Índice SHF de precios de vivienda, con el propósito de evaluar cuál instrumento preserva de mejor manera el poder adquisitivo y genera mayor rentabilidad real para distintos perfiles de inversionista.

Asimismo, es fundamental precisar que los instrumentos comparados presentan diferencias estructurales significativas en cuanto a su horizonte de inversión, perfil de riesgo y niveles de liquidez. Mientras que el dólar estadounidense y los CETES operan como activos financieros de corto plazo y alta liquidez, la vivienda de interés social se constituye inherentemente como una inversión de mediano y largo plazo, caracterizada por una baja liquidez inmediata. De igual forma, se enfatiza que los resultados presentados corresponden de manera estricta a un periodo económico específico (2023-2026), el cual estuvo determinado por condiciones macroeconómicas atípicas y particulares, tales como tasas de interés restrictivas históricamente altas, un fortalecimiento sostenido del peso mexicano y un crecimiento acelerado del sector inmobiliario impulsado por factores regionales.

Materiales y Métodos

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, descriptivo y comparativo, debido a que analiza el comportamiento y la utilidad económica de distintos instrumentos de inversión mediante el uso de datos estadísticos, financieros e inmobiliarios correspondientes al periodo comprendido entre marzo de 2023 y mayo de 2026.

El estudio se enfocó en comparar tres instrumentos considerados de bajo y mediano riesgo en el contexto mexicano: el dólar

estadounidense (USD), los Certificados de la Tesorería de la Federación (CETES) a 28 días y la vivienda de interés social en la ciudad de Chihuahua, Chihuahua.

La comparación se realizó tomando como referencia la capacidad de cada instrumento para preservar el poder adquisitivo del capital y generar rendimientos reales por encima de la inflación.

Fuentes de información.

La información utilizada provino de fuentes oficiales y especializadas, entre las que destacan:

- Banco de México (Banxico), para obtener datos históricos del tipo de cambio FIX y las tasas de rendimiento de CETES.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), para consultar el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) y los niveles de inflación anual.
- Sociedad Hipotecaria Federal (SHF), para analizar el Índice de Precios de la Vivienda en México.
- Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC), así como plataformas especializadas en construcción y valuación inmobiliaria, para estimar costos de construcción y valores promedio por metro cuadrado en Chihuahua.
- Información pública relacionada con créditos hipotecarios, costos de vivienda y comportamiento del mercado inmobiliario local.

Procedimiento de análisis.

Para evaluar la utilidad económica de cada instrumento, se utilizó una simulación financiera comparativa con una inversión inicial hipotética de \$1,000,000.00 MXN realizada en marzo de 2023 y liquidada en mayo de 2026.

En el caso del dólar estadounidense, el capital inicial fue convertido a dólares utilizando el tipo de cambio promedio correspondiente a marzo de 2023 y posteriormente reconvertido a pesos mexicanos con el tipo de cambio FIX de mayo de 2026.

Para los CETES, se consideró una estrategia de reinversión continua a 28 días utilizando tasas promedio anuales reportadas por Banxico durante el periodo de estudio. Asimismo, se tomó en cuenta la retención provisional del Impuesto Sobre la Renta (ISR) aplicable a los rendimientos financieros.

En el análisis de vivienda de interés social, se estimó la plusvalía acumulada mediante la variación de precios por metro cuadrado en la ciudad de Chihuahua, considerando además ingresos potenciales por arrendamiento y costos asociados a adquisición y comercialización del inmueble.

Para efectos del rigor metodológico en el análisis del activo inmobiliario, se introduce una acotación analítica relevante: los valores de plusvalía y apreciación aquí expuestos se fundamentan en índices de valuación institucionales y paramétricos oficiales. No obstante, se aclara que estas métricas de valuación teórica pueden diferir de los precios reales de realización en el mercado (precios finales de transacción). En la práctica comercial, el valor neto de liquidación de una vivienda de interés social está sujeto a fricciones de mercado, procesos de negociación directa, tiempos de exposición para la venta y costos transaccionales que pueden modificar el rendimiento neto final.

Variables analizadas.

Las principales variables utilizadas en el estudio fueron:

- Inflación anual e inflación acumulada.
- Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC).
- Tipo de cambio FIX peso-dólar.
- Rendimiento nominal y rendimiento real de CETES.
- Valor comercial de vivienda de interés social por metro cuadrado.
- Plusvalía inmobiliaria.
- Rendimiento real neto de inflación.
- Liquidez y nivel de riesgo de cada instrumento.

Método de evaluación económica.

La utilidad económica real se determinó mediante el ajuste de los rendimientos nominales con base en la inflación acumulada del periodo analizado. Para ello, se empleó el factor de actualización derivado del INPC, permitiendo calcular el poder adquisitivo real del capital final en cada escenario de inversión. Finalmente, los resultados obtenidos fueron comparados entre sí para identificar cuál instrumento presentó el mejor desempeño financiero en términos de preservación de valor, generación de riqueza y relación riesgo-rendimiento dentro del contexto económico mexicano actual.

Resultados

Los resultados obtenidos permiten identificar diferencias significativas en el desempeño económico del dólar estadounidense, los CETES a 28 días y la vivienda de interés social en Chihuahua durante el periodo comprendido entre marzo de 2023 y mayo de 2026. El análisis comparativo demuestra que no todos los instrumentos conservaron el poder adquisitivo del capital frente al comportamiento inflacionario registrado en México.

Durante el periodo de estudio, el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) pasó de 128.389 puntos en marzo de 2023

a 145.831 puntos en abril de 2026, generando un factor de inflación acumulado de 1.1358, equivalente a un incremento del 13.58% en el costo de vida. Esto significa que cualquier inversión con un rendimiento inferior a dicho porcentaje presentó pérdida de valor real.

Comportamiento del dólar estadounidense.

El dólar estadounidense mostró un desempeño negativo tanto en términos nominales como reales. El tipo de cambio FIX pasó de \$18.4174 pesos por dólar en marzo de 2023 a aproximadamente \$17.2105 pesos en mayo de 2026, reflejando una apreciación del peso mexicano frente a la divisa estadounidense. Bajo el escenario de una inversión inicial de \$1,000,000.00 MXN convertida a dólares en marzo de 2023, el capital final obtenido en mayo de 2026 fue de \$934,469.57 MXN. Esto representó una pérdida nominal de 6.55% y una pérdida real de poder adquisitivo de 17.72% después de ajustar por inflación. Los resultados indican que el dólar dejó de funcionar como instrumento efectivo de preservación patrimonial para el inversionista mexicano durante el periodo analizado.

Comportamiento de los CETES.

Los CETES a 28 días presentaron rendimientos positivos durante todo el periodo de estudio, aunque con una tendencia descendente derivada de la reducción gradual en las tasas de interés del Banco de México. Las tasas promedio anuales observadas se muestran en la Tabla 1.

Considerando reinversión continua y deducciones fiscales aproximadas por ISR, la inversión inicial de \$1,000,000.00 MXN alcanzó un capital final estimado de \$1,313,000.00 MXN, obteniendo un rendimiento nominal neto de 31.3% y un rendimiento real de 15.60% después de la inflación. Los CETES lograron preservar y aumentar el poder adquisitivo del capital, aunque con menor crecimiento conforme disminuyeron las tasas de interés hacia 2026.

Comportamiento de la vivienda de interés social.

La vivienda de interés social en la ciudad de Chihuahua presentó el mayor crecimiento económico del análisis. El valor promedio por metro cuadrado aumentó de aproximadamente \$13,880.53 MXN en marzo de 2023 a un rango cercano a \$18,669 MXN en mayo de 2026. La simulación financiera showed que una inversión inicial de \$1,000,000.00 MXN en vivienda generó un capital final estimado de \$1,345,000.00 MXN únicamente por plus-

Tabla 1: Tasa promedio anual de CETES.

Periodo	Tasa promedio CETES (%)
2023	11.15
2024	10.50
2025	8.75
Mayo 2026	6.49

valía, logrando un rendimiento nominal de 34.5% y un rendimiento real de 18.41%. Adicionalmente, al incorporar ingresos por arrendamiento durante el periodo analizado, la utilidad integral aumentó considerablemente: el rendimiento nominal total aproximado fue de 49.5% y el rendimiento real neto estimado de 22.5%. Los resultados confirman que la vivienda social en Chihuahua presentó la mayor capacidad de generación de riqueza real y protección contra la inflación.

Comparación final de resultados.

En la Tabla 2 se presenta la consolidación de los resultados de rendimiento nominal y real ajustados, incorporando los comentarios sobre el perfil temporal del capital.

Los valores reales de realización en el mercado pueden variar según las condiciones específicas de venta de cada inmueble.

Instrumento	Rendimiento Nominal	Rendimiento Real	Liquidez
Dólar estadounidense	-6.55%	-17.72%	Alta
CETES 28 días	+31.30%	+15.60%	Alta
Vivienda social	+49.50%*	+22.50%*	Baja (mediano/largo plazo)

En términos generales, la vivienda de interés social fue el instrumento con mejor desempeño financiero real, seguida por los CETES. El dólar estadounidense fue el único activo que generó pérdidas reales durante el periodo estudiado.

Tabla 2: Rendimientos comparativos y niveles de liquidez de los instrumentos. Incluye plusvalía teórica basada en índices SHF, ingresos por renta y costos asociados de operación y comercialización.

Discusión

Los resultados obtenidos en la presente investigación permiten observar cómo las condiciones macroeconómicas de México entre 2023 y 2026 modificaron el comportamiento tradicional de diversos instrumentos de inversión. El análisis demuestra que la utilidad económica de un activo no depende únicamente de su rendimiento nominal, sino de su capacidad para superar la inflación y conservar el poder adquisitivo del capital en términos reales.

Uno de los hallazgos más relevantes del estudio fue el bajo desempeño del dólar estadounidense como mecanismo de protección patrimonial para el inversionista mexicano. Históricamente, la adquisición de dólares había sido considerada una estrategia segura frente a periodos de incertidumbre económica y depreciación del peso. Sin embargo, durante el periodo analizado ocurrió un fenómeno contrario: el fortalecimiento de la moneda mexicana, impulsado por factores como las altas tasas de interés internas, la estabilidad macroeconómica y el incremento de inversión extranjera derivada del nearshoring. Como consecuencia, quienes mantuvieron su capital en dólares experimentaron pérdidas tanto nominales como reales.

En contraste, los CETES mostraron una elevada capacidad para preservar el valor del dinero, especialmente durante 2023 y 2024, años en los que las tasas de interés alcanzaron niveles históricamente altos. Esto permitió generar rendimientos reales positivos con un nivel de riesgo relativamente bajo. No obstante, los resultados también evidencian que la disminución gradual de las tasas de referencia del Banco de México redujo significativamente la rentabilidad de estos instrumentos hacia 2026. Por ello, aunque continúan siendo una alternativa adecuada para inversionistas conservadores y para manejo de liquidez, su capacidad de generación de riqueza patrimonial es limitada frente a activos físicos como los bienes inmuebles.

La vivienda de interés social en Chihuahua fue el instrumento con mayor rendimiento real dentro del estudio. Este comportamiento puede explicarse por diversos factores estructurales. En primer lugar, el crecimiento industrial del norte del país ha incrementado la demanda habitacional, particularmente en segmentos económicos y sociales. Además, el aumento constante en los costos de construcción, mano de obra y suelo urbano ha impulsado la plusvalía de las propiedades, creando un efecto de protección natural contra la inflación. Otro aspecto importante es que la vivienda ofrece ventajas adicionales que no poseen otros instrumentos financieros, como la posibilidad de generar ingresos recurrentes mediante arrendamiento. Esto convierte al inmueble no solo en un activo de apreciación, sino también en una fuente de flujo de efectivo constante. Sin embargo, también deben considerarse factores de riesgo específicos, como la baja liquidez, los costos notariales, el mantenimiento, la infraestructura urbana y problemáticas relacionadas con servicios básicos, especialmente la disponibilidad de agua en ciertas zonas de Chihuahua.

Asimismo, la investigación confirma que el perfil del inversionista continúa siendo un elemento fundamental para la toma de decisiones financieras. Mientras los inversionistas conservadores pueden priorizar seguridad y liquidez mediante CETES, aquellos con objetivos patrimoniales de mediano y largo plazo encuentran en la vivienda social una alternativa más rentable y resistente a la inflación. En términos generales, los resultados coinciden con la tendencia observada en el mercado mexicano reciente: los activos físicos vinculados al desarrollo urbano y económico han superado el desempeño de los instrumentos cambiarios tradicionales. Esto sugiere que las estrategias de inversión en México deben adaptarse a las nuevas condiciones macroeconómicas y dejar de depender exclusivamente de paradigmas históricos como la dolarización del ahorro.

Finalmente, la interpretación de esta comparativa exige reconocer que el extraordinario desempeño de la vivienda social frente a los activos financieros tradicionales está directamente ligado a la coyuntura macroeconómica del periodo 2023-2026. Bajo un entorno de normalización monetaria con tasas a la baja o ante una eventual depreciación del peso, el orden de rentabilidad real podría modificarse. Por lo tanto, el inversionista no debe obviar que la mayor rentabilidad real de la vivienda de interés social viene aparejada de un horizonte temporal prolongado y la inmovilización del capital (baja liquidez), así como de la volatilidad implícita entre los índices de valuación formalizados y el precio real de realización en el mercado local.

Conclusiones

La presente investigación permitió comparar la utilidad económica real del dólar estadounidense, los CETES a 28 días y la vivienda de interés social en la ciudad de Chihuahua durante el periodo comprendido entre marzo de 2023 y mayo de 2026. A partir del análisis de indicadores financieros, inflacionarios e inmobiliarios, se concluye que la capacidad de un instrumento para generar riqueza depende principalmente de su desempeño real frente a la inflación y de las condiciones macroeconómicas del entorno.

Los resultados demostraron que la vivienda de interés social fue el instrumento con mayor rendimiento real y mejor relación riesgo-beneficio dentro del periodo estudiado. Su crecimiento sostenido en plusvalía, combinado con la posibilidad de obtener ingresos por arrendamiento, permitió superar ampliamente el efecto inflacionario y consolidarse como un mecanismo eficiente de preservación patrimonial. Además, el crecimiento industrial y la demanda habitacional en Chihuahua fortalecieron el comportamiento positivo del mercado inmobiliario local.

Por otra parte, los CETES mantuvieron un desempeño favorable al ofrecer rendimientos reales positivos y una alta liquidez, especialmente durante los años de tasas elevadas en México. Sin embargo, la disminución progresiva de las tasas de interés redujo su capacidad de generar crecimiento patrimonial significativo hacia 2026, posicionándolos principalmente como instrumentos de conservación de capital y administración de liquidez.

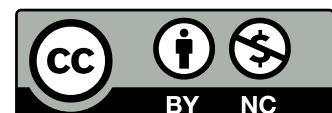
En contraste, el dólar estadounidense presentó el peor desempeño económico del análisis. La apreciación del peso mexicano frente al dólar provocó pérdidas nominales y reales para los inversionistas que mantuvieron su capital en divisas. Esto evi-

dencia que el dólar ya no representa automáticamente un refugio financiero seguro para el inversionista doméstico mexicano, particularmente en contextos de fortaleza macroeconómica nacional.

Finalmente, se concluye que las decisiones de inversión deben considerar no solo el rendimiento nominal esperado, sino también factores como inflación, liquidez, riesgo, política monetaria y dinámica regional del mercado. En el contexto económico actual de México, la vivienda de interés social en zonas con crecimiento industrial representa una de las alternativas más sólidas para la generación de patrimonio a mediano y largo plazo.

Referencias Bibliográficas

- Banco de México. (2026). Sistemas de Información Económica: Series históricas de tipos de cambio (FIX) y tasas de valores gubernamentales (CETES).
- Banco de México. (2026, 7 de mayo). Anuncio de Política Monetaria: La Junta de Gobierno reduce en 25 puntos base el objetivo para la Tasa de Interés Interbancaria a 1 día.
- Cámara Nacional de la Industria de la Construcción. (2026). Ingeniería de costos: Reporte de costos paramétricos de edificación por metro cuadrado y variación de insumos.
- Congreso del Estado de Chihuahua. (2026). Decreto de actualización de los valores catastrales y el cálculo de contribuciones inmobiliarias para el Ejercicio Fiscal 2026.
- Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores. (2026). Plan Estratégico y Financiero 2026-2030.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2026). Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC): Comunicados de prensa y tabulados históricos.
- Sociedad Hipotecaria Federal. (2026, 10 de febrero). Índice SHF de Precios de la Vivienda en México: Reporte de resultados del cuarto trimestre de 2025 y acumulado anual.



Repercusión de la alimentación en los primeros mil días de vida

Marcia Mendoza
López¹.

- (1) Facultad de
Enfermería/
Universidad
Autónoma de
Chihuahua

Recibido: 18 de
enero de 2026

Aceptado: 18 de
febrero de 2026

Resumen

La nutrición durante los primeros mil días de vida y el periodo gestacional es el pilar fundamental que define la salud a largo plazo, por lo que este artículo tiene como objetivo analizar cómo una alimentación adecuada previene el desarrollo de enfermedades crónicas y obesidad en la edad adulta. Mediante un método de revisión que examina los factores metabólicos, socioeconómicos y la influencia de mitos culturales como el “comer por dos”, se explora el impacto del entorno en el crecimiento humano. Finalmente, se llega a la conclusión de que optimizar el estado nutricional desde las etapas más tempranas es la estrategia más efectiva para romper ciclos de malnutrición y asegurar un futuro saludable para las próximas generaciones.

Palabras clave: salud, alimentación, ambiente, obesidad, enfermedades no transmisibles.

Introducción

Si bien la alimentación es un acto que se considera constante a lo largo del ciclo de vida humana, se cimienta en los primeros mil días de vida ya que desde los primeros momentos está presente, y es donde se desarrollan procesos de crecimiento, desarrollo y maduración que tendrán lugar a lo largo de la vida misma. Así como las bases para una alimentación adecuada y hábitos de vida saludables, que habrán de prevenir o acelerar la aparición de enfermedades en la etapa adulta.

La importancia de una alimentación saludable que cubra los requerimientos de cada etapa del ciclo de la vida, puede perturbar el riesgo de desarrollar Enfermedades Crónicas No Transmisibles (ECNT) en la edad adulta, y en particular la obesidad, siendo considerada como un gran problema de salud pública mundial, que a su vez constituye un factor de riesgo para el desarrollo de otras enfermedades no transmisibles. Por lo que optimizar el estado nutricional de la madre antes y durante el embarazo, así como la nutrición del lactante y del niño de corta edad, es clave para ayudar a aliviar la carga de las ECNT en las próximas generaciones.

Si bien es cierto que la obesidad se considera que tiene un origen multifactorial, en algunas personas, la mayor parte de la población que la padece lo hace porque, la cantidad de calorías que ingiere diariamente es mayor al gasto de energía correspondiente a la actividad física que realiza. Sin embargo, los factores socioculturales y económicos que determinan una alimentación y un gasto energético saludables requieren de una visión y una intervención más compleja. Particularmente en el embarazo, es indispensable romper con los mitos existentes tal como “comer por dos”, entre otros, fomentando desde el inicio un sobrepeso considerable y una cultura de abuso alimentario desde etapas tempranas.

Desarrollo

La nutrición temprana se consolida como uno de los determinantes más importantes del desarrollo y de la función de órganos y sistemas, es un factor importante para la prevención de las ECNT y la mejora de la salud futura.

El interés en el estudio de las enfermedades y el impacto que tienen en la salud pública, es de relevancia desde hace años, dando lugar a clasificar dichas intervenciones en las que ocasionan un daño directo, por otro lado, las que inducen o limitan el desarrollo de una estructura somática, y finalmente las que alteran alguna función fisiológica. Todos ellos, tendrán una influencia y una adaptación ambiental, en la que la nutrición y la alimentación, modularán los efectos de dicha programación metabólica que persista a lo largo de la vida.

Se ha manifestado que llevar una dieta sana, particularmente en etapas tempranas, ayuda a prevenir la malnutrición en todas sus formas. Sin embargo, el aumento de la producción de alimentos procesados y ultra procesados, la rápida urbanización y el cambio en los estilos de vida han dado lugar a un cambio en los hábitos alimentarios. Actualmente, las personas consumen más alimentos hipercalóricos, grasas, azúcares libres y sal/sodio; por otra parte, muchas personas no comen suficientes frutas, verduras y fibra dietética, como, por ejemplo, cereales integrales. (Organización Mundial de la Salud, 2026)

Por otro lado, la Norma Oficial Mexicana 043, que trata particularmente la Promoción y Educación para la Salud en materia Orientación Alimentaria, menciona que la composición correcta de una alimentación variada, equilibrada y saludable estará determinada por las características de cada persona (edad, sexo, hábitos de vida y grado de actividad física), así como el contexto cultural, los alimentos disponibles en el lu-

El aumento de la producción de alimentos procesados y ultra procesados, la rápida urbanización y el cambio en los estilos de vida han dado lugar a un cambio en los hábitos alimentarios.

gar y los hábitos alimentarios. Muestra que la alimentación, además, considera la ingestión de alimentos mediante el cual el organismo obtiene del medio los nutrientes que necesita, así como las satisfacciones intelectuales, emocionales, estéticas y socioculturales que son indispensables para la vida humana plena, no solamente un mecanismo puramente biológico. No obstante, los principios básicos de la alimentación saludable siguen siendo los mismos conforme avanza el ciclo de la vida humana. (Diario Oficial de la Federación, 2013)

Como profesionales de la Nutrición, no se trata simplemente de recomendar una “dieta sana” y de aportar una cantidad suficiente de energía para garantizar un crecimiento adecuado, sino de optimizar el aporte de nutrientes desde el niño en desarrollo, lo que supondrá una verdadera “programación nutricional temprana”. En esta línea, apunta la Organización Mundial de la Salud (OMS) en su Plan de aplicación integral sobre nutrición materna, del lactante y del niño pequeño, en el que se priorizan acciones para conseguir mejorar el desarrollo y la salud de los niños en el mundo antes de 2025. (Moreno Villares, 2021)

El aumento de peso se explica como consecuencia de hábitos inadecuados, así como condiciones ambientales, sociales y económicas que promueven estilos de vida poco saludable. De tal manera que se define el ambiente obesogénico, como la influencia de los entornos que promueven el exceso de peso, facilitando conductas sedentarias y dietas poco saludables. La pobreza o un nivel socioeconómico bajo restringen la adquisición de alimentos saludables, lo que conduce a la elección de productos más accesibles, pero con bajo valor nutricional. (Núñez Badilla, 2025)

Diversos estudios evidencian que, si bien dichos ambientes obesogénicos están determinados por el entorno que propician la malnutrición, además incluyen problemas de desigualdad social, fallas en los sectores públicos y privados en los rubros sociales, culturales, educativos, económicos, etc., los patrones (in)adecuados que se aprenden desde edades tempranas, generarán modelos de desarrollo (poco) saludables. En la mayoría de los casos, dichos patrones, modelos o hábitos, se mantienen a lo largo de la vida adulta y suponen importantes factores de riesgo para la morbilidad y mortalidad de los adultos, por su relación con las enfermedades crónicas no transmisibles. (Tayupanda Cuvi, 2026)

De igual manera, se deben considerar las problemáticas que aquejan a la población, tal como la mala nutrición, la inseguridad alimentaria, la falta de agua, las prácticas inadecuadas

cuadas de lactancia materna, la pobreza y la desigualdad, entre otras muchas. Mismas que se trabajan en estrategias globales como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente el ODS 2: Hambre Cero, que busca poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y mejorar la nutrición para que todos tengan acceso a una dieta sana y nutritiva, pero también el ODS 3: Salud y Bienestar, que busca prevenir enfermedades.

La obesidad no es resultado de sólo comer más de lo que se come habitualmente. Es resultado de modificaciones ambientales, donde “engordar es la respuesta fisiológica normal de gente normal a un ambiente anormal donde se producen volúmenes cada vez mayores de alimentos procesados, asequibles en todas partes y promovidos por sofisticados mecanismos de comercialización”. (Muñoz Cano, 2012)

Se debe reflexionar en el doble papel que tiene la “mal nutrición”, ya que es cada vez más frecuente que coexistan la desnutrición y la obesidad en un mismo país, una misma comunidad y un mismo hogar.

Los niños de los países de ingreso bajo y mediano son más vulnerables a una nutrición deficiente del feto, el lactante y el niño pequeño. Al mismo tiempo, estos niños están expuestos a alimentos altos en grasas, azúcar y sal, con un alto contenido calórico y con un bajo contenido en micronutrientes, cuyo costo suele ser menor, como también lo es la calidad de sus nutrientes. Estos hábitos alimenticios, junto con unos niveles más bajos de actividad física, provocan un aumento drástico de la obesidad infantil, al tiempo que los problemas de desnutrición siguen sin resolverse. (Organización Mundial de la Salud, 2025)

Por lo que el manejo en la prevención de la obesidad infantil, debe promoverse desde la díada madre-hijos, en la que ambos tengan una alimentación saludable desde el embarazo, la práctica de la lactancia materna y la introducción de alimentos a la dieta familiar, y al ser expuestos a mensajes y ambientes obesogénicos, no se permita la adquisición de estos productos procesados, así como hábitos inconvenientes de actividad física entre otros.

La obesidad se considera un factor metabólico de riesgo importante para el desarrollo de otras ECNT. Se asocia desde la infancia con un mayor riesgo de alteraciones en la edad adulta como el Síndrome Metabólico, la resistencia a la insulina, la hipertensión arterial, problemas musculoesqueléticos, alteraciones y apnea del sueño, diabetes mellitus tipo 2, entre otras.

La obesidad infantil se reconoce como un importante problema de salud pública a nivel mundial. La presencia de sobrepeso y obesidad en niños y adolescentes se hace visible gracias a la mejoría del nivel de vida actual, y en consecuencia una mayor disponibilidad de nutrientes, acompañada de cambios sustanciales en la calidad de vida, es decir, el ritmo acelerado de vida, la actividad física que ha disminuido, el incremento de niños sedentarios presos de una cultura rápida en alimentación, pero no en madurez.

Se debe reconocer también que la obesidad en la infancia se asocia con la obesidad en la edad adulta, lo que debe motivar a los profesionales y a las estructuras sanitarias a intentar su prevención. (Moreno Esteban, 2000)

Por su parte, las enfermedades no transmisibles (ENT) son enfermedades crónicas no infecciosas que progresan lentamente durante largos periodos de tiempo. Estos trastornos son en gran parte prevenibles y comparten factores de riesgo, determinantes básicos y oportunidades de intervención. (Moreno Villares, 2021)

La prevención temprana constituye una estrategia prioritaria para reducir la prevalencia de las ECNT, ya que no existen tratamientos para sus causas y su incidencia y prevalencia están en aumento. Al igual que la expresión genética puede variar en función del órgano o tejido, también se ve influenciada por los factores ambientales (epigenética), pudiendo provocar cambios estables de gran impacto en la susceptibilidad del individuo a desarrollar ENT. Como durante los primeros 1000 días de vida la expresión génica es intrínsecamente flexible, la posibilidad de intervención para prevenir o revertir los cambios epigenéticos en este periodo de mayor plasticidad representa una ventana de oportunidad. Fortaleciendo una vez más, que la actuación sobre la alimentación en este periodo puede contribuir a disminuir la frecuencia de estas enfermedades. (Moreno Villares, 2021)

Además de esto, es necesario implementar políticas sanitarias de prevención integral de esta epidemia de manera urgente, que trabajen en conjunto para reeducar nutricionalmente al niño y su familia en el diseño de planes de alimentación adecuados a sus características, que cuente con soporte psicológico adecuado como herramienta de adaptación y descubrimiento hacia la autoestima corporal y el incremento de la actividad física para contrarrestar los evidentes deterioros.

El éxito del tratamiento no debe solo valorarse en función del peso sino también en las mejoras de la comorbilidad, en la calidad de vida y en la integración social. Si bien la dieta es

fundamental en la prevención y tratamiento de la obesidad; los predictores de mantenimiento incluyen el auto monitoreo del peso y el registro alimentario, la práctica regular de actividad física vigorosa y la restricción calórica, junto con el control del equipo terapéutico. (Luján Sánchez, 2010)

Finalmente, es importante que la orientación en salud y nutrición, así como la educación en hábitos de vida saludable, sean promovidas en todas las etapas de la vida por profesionales en la salud adecuados, pero primordialmente en etapas tempranas. Fomentar el empleo de recomendaciones desde el control de un peso saludable en el embarazo, la promoción de la lactancia materna, una alimentación complementaria saludable que incluya los grupos de alimentos y considere el entorno bio-psico-social de la persona. Así como el fomento y desarrollo de hábitos de vida saludables, horas de sueño pertinentes a cada grupo de edad, la prevención y manejo del estrés de manera saludable, el desarrollo de actividad física acorde, entre muchos otros.

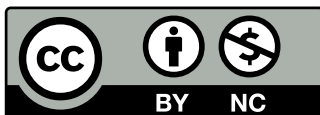
Conclusiones

Una nutrición óptima durante los primeros mil días, que comprende desde la concepción hasta los dos años, es clave para la salud a lo largo de la vida. El rápido crecimiento y desarrollo del organismo y sus funciones durante el embarazo, la lactancia y el niño de corta edad conlleva requisitos nutricionales específicos en cada una de estas etapas que deberán ser cuidados minuciosamente con estrategias que sean cruciales para alcanzar el mejor desarrollo y salud a largo plazo, así mismo, que constituyan un periodo estratégico en términos de prevención y salud pública.

Se debe hacer hincapié en que los profesionales del área de la salud que además están al cuidado y atención a etapas de vida vulnerables, promuevan una alimentación apropiada y óptima para estos primeros mil días de desarrollo, con la intención de que se alcance en la etapa adulta un mejor desarrollo y calidad en salud a largo plazo. Esperando que estos esfuerzos tempranos, logren un impacto importante en la disminución de las ECNT y que la utopía de la salud se logre. La dirección óptima en la orientación en salud, va dirigida hacia la prevención combinando la dieta y actividad física, ya que una vez establecidos los hábitos poco saludables y el aumento de peso, es muy difícil revertirlo, siendo su tratamiento complejo y poco exitoso, lastimando el éxito esperado.

Referencias

- Diario Oficial de la Federación. (22 de Enero de 2013). Secretaría de Salud. Obtenido de NORMA Oficial Mexicana NOM-043-SSA2-2012, Servicios básicos de salud. Promoción y educación para la salud: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/138258/NOM-043-servicios-basicos-salud-educacion-alimentaria.pdf>
- Luján Sánchez, A. L. (2010). Obesidad Infantil: La lucha contra un ambiente obesogénico. Revista de Posgrado de la VIa Cátedra de Medicina, 19-24.
- Moreno Esteban, B. y. (2000). Obesidad infantil. ELSEVIER Endocrinología y Nutrición, 55-59.
- Moreno Villares, J. C. (2021). Los primeros 1000 días: una oportunidad para reducir la carga de las enfermedades no transmisibles. Nutrición Hospitalaria, 36(1), 215-232. Recuperado el 2026 de 01 de 08, de https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112019000100218
- Muñoz Cano, J. C. (2012). Ambiente obesogénico y biomarcadores anómalos en escolares de Tabasco, México. Salud en Tabasco, 18(3), 87-95. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48725011003>
- Núñez Badilla, E. M. (Septiembre-Octubre de 2025). Ambiente Obesogénico, Estado Nutricional y Nivel Socioeconómico en adultos jóvenes de Santo Domingo de Heredia, Costa Rica. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar., 9(5), 9470-9484. doi:https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i5.20275
- Organización Mundial de la Salud. (8 de Diciembre de 2025). Obesidad y sobrepeso. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- Organización Mundial de la Salud. (2026). Organización Mundial de la Salud. Obtenido de Alimentación Sana: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>
- Tayupanda Cuvi, N. M. (2026). Ambiente obesogénico familiar y estado nutricional de niños entre 2 y 5 años . Revista Cubana de Medicina Militar, 14.



Cacao, vulnerabilidad y resistencia: voces de familias tabasqueñas

Resumen

El sector cacaotero de Tabasco enfrenta una crisis estructural de más de dos décadas, agudizada por la globalización, la volatilidad de precios y fenómenos climáticos. Desde el enfoque de Medios de Vida Sostenibles (MVS), este trabajo estudió la vulnerabilidad y las estrategias de sustentabilidad de cuatro hogares productores de cacao orgánico certificado en las rancherías Plátano 1era. y 2da. Secc., Cunduacán, Tabasco. Se emplearon métodos cualitativos —diagnóstico participativo del bienestar, entrevistas semi-estructuradas y relatos de vida— con 28 productores (14 mujeres y 14 hombres). Los cuatro casos representan los distintos estratos socioeconómicos identificados en la comunidad. Los hallazgos muestran que los capitales financiero y natural son los más impactados por crisis, choques y tensiones, mientras que los capitales humano y social son los que posibilitan la recuperación. Las estrategias detectadas incluyen: diversificación de cultivos e ingresos, agricultura de semi-subsistencia, restricción del consumo, migración y fortalecimiento de redes sociales. Se concluye que la heterogeneidad socioeconómica de los hogares cacaoteros exige políticas de desarrollo diferenciadas y participativas.

Palabras clave: Medios de vida sostenibles, hogares cacaoteros, Tabasco

Abstract

The cacao sector in Tabasco has been in structural crisis for over two decades, worsened by globalization, price volatility, and climatic events. Using the Sustainable Livelihoods Framework (SLF), this study examined the vulnerability and sustainability strategies of four certified organic cacao-producing households in the communities of Plátano 1era. and 2da. Secc., Cunduacán, Tabasco. Qualitative methods were used—participatory well-being assessment, semi-structured interviews, and life stories—with 28 producers (14 women, 14 men). The four cases represent the different socioeconomic strata identified in the community. Findings show that financial and natural capital are most affected by crises, shocks, and stresses, while human and social capital enable recovery. Detected strategies include: crop and income diversification, semi-subsistence far-

Héctor José
Martínez Arboleya¹.
Nélyda Solana
Villanueva².

- (1) Universidad
Autónoma de
Chihuahua
- (2) Colegio de
Postgraduados

Recibido: 8 de mayo
de 2026

Aceptado: 4 de junio
de 2026

ming, consumption restriction, migration, and social network strengthening. It is concluded that the socioeconomic heterogeneity of cacao-producing households requires differentiated and participatory development policies.

Keywords: Sustainable livelihoods, cacao households, Tabasco

Introducción

La industria mundial del chocolate es multimillonaria: en México, en 2022, el intercambio comercial total fue de 1,034 millones de dólares (Data México, 2023). No obstante, el negocio es profundamente asimétrico: unas pocas corporaciones del norte global controlan la venta de chocolate mientras que los productores del sur proveen el cacao bajo condiciones cada vez más adversas. En este contexto, las políticas públicas han buscado insertar a campesinos en complejos mercados globales sin tomar en cuenta sus realidades (Lizama y Bugarin, 2015; Vidal-Focil, 2017).

La globalización contemporánea ha modificado sustancialmente la vida rural (Robinson, 2018), generando entornos de desigualdad que demandan mayor intervención estatal (Langan y Price, 2020). En Tabasco, principal productor de cacao a nivel nacional, la actividad cacaotera ejemplifica cómo estas transformaciones han vulnerado los medios de vida de los hogares menos favorecidos (Martínez Arboleya y Galmiche-Tejeda, 2021).

En este trabajo, dicha problemática se aborda desde el enfoque de Medios de Vida Sostenibles (MVS) (Natarajan et al., 2022; Karki, 2021), el cual establece que un medio de vida es sostenible cuando puede enfrentar crisis, tensiones y choques (por ejemplo, sequías, inflaciones, crisis de seguridad, etc.), recuperarse de ellos y mantener o mejorar sus capacidades y activos —humano, social, físico, financiero y natural— para las generaciones futuras (Chambers y Conway, 1991). Estudios previos documentan que la edad, escolaridad, tamaño del hogar, capital social, área cultivada y tipo de tenencia de la tierra son factores determinantes de la vulnerabilidad de los hogares cacaoteros (Oyekale, 2012; Longe y Oyekale, 2013; Peprah, 2015). El enfoque MVS ya ha sido aplicado en otros sectores productivos de Tabasco con resultados relevantes (Galmiche-Tejeda, Solana-Villanueva y Martínez Arboleya, 2021).

El objetivo de este trabajo fue identificar los medios de vida de las familias productoras de cacao orgánico y conocer las principales estrategias utilizadas para su sostenibilidad, a través de cuatro relatos de vida que ejemplifican la heterogeneidad

socioeconómica de la comunidad en el estado de Tabasco.

Materiales y Métodos

El trabajo se realizó en las rancherías Plátano 1era. y 2da. Secc., municipio de Cunduacán, Tabasco. Según el censo de 2020, ambas localidades suman aproximadamente 992 habitantes (INEGI, 2020b) y presentan un grado de rezago social ‘muy bajo’ (CONEVAL, s.f.). La unidad de análisis fueron los hogares productores de cacao orgánico; en total participaron 28 productores, 14 hombres y 14 mujeres.

Se utilizó el método de estudio de caso (Yin, 1994) con enfoque biográfico, específicamente la técnica de relatos de vida (Cornejo, Mendoza y Rojas, 2008). La recolección de datos incluyó: (a) un Diagnóstico Participativo del Bienestar (DPB) con cuatro informantes clave que clasificaron a las 28 familias en dos estratos socioeconómicos —‘en mejores condiciones’ y ‘en peores condiciones’—; y (b) entrevistas semi-estructuradas grabadas y transcritas a profundidad, con un guión orientado a identificar choques, estrategias de recuperación, tiempos de recuperación y resultados de dichas estrategias.

A partir del DPB se seleccionaron intencionalmente cuatro estudios de caso para este trabajo: dos en el estrato alto y dos en el bajo, con representación de género equilibrada (dos hombres y dos mujeres titulares). Los relatos fueron sometidos a análisis de contenido temático orientado por las categorías del marco MVS: capitales de vida, contexto de vulnerabilidad y estrategias.

Resultados

Caso 1. El valor de privilegiar lo espiritual sobre lo material.

Heriberto González y Natalia Domínguez (nombres ficticios), de 76 y 67 años, pertenecen al estrato socioeconómico bajo. Su principal choque fue el paso de los huracanes Opal y Roxanne en 1995, que destruyó su plantación de papaya.

“el papayal estaba cargadito, hay mi Dios, no sirvieron las sangraderas (drenes), ni nada. El hombre lleva golpes en la vida...(pasaron los Huracanes), me acosté rico y amanecí pobre”. Don Heriberto

Para recuperarse, el hogar recurrió al endeudamiento con familiares —cediendo tierras de alto valor comercial a su hijo mayor— y abandonó definitivamente los monocultivos anuales, reforzando la diversificación cacaotera. En 2005, un accidente vial generó una nueva crisis financiera cubierta parcialmente mediante las cajas de ahorro locales, surgidas como respuesta comunitaria a las limitaciones del crédito bancario tras los hu-

racanes de 1995.

“Si yo trabajo con (solicito un préstamo a) un banco, día que te pasas, día que gana dinero el banco, sin embargo, mis amigos de la caja de ahorro, no serían capaces de hacerlo, y yo algún día les pagaré, además no hay que hacer tanto papeleo y para alguien que no fue a la escuela como yo, eso es bueno” Don Heriberto.

El capital social y la cosmovisión de don Heriberto —que desestima la acumulación material— resultaron ser activos clave para mantener la cohesión familiar y resistir la presión de venta de tierras. La parcela diversificada de doña Natalia (cacao orgánico, plátano, milpa, ganadería y animales de traspatio) demostró mayor resiliencia frente a los choques. Los capitales humano y social —especialmente el trabajo de hijos y redes informales de crédito— permitieron la recuperación gradual pese al deterioro del capital financiero.

Caso 2. La importancia de la inversión en el capital social.

Miguel Gutiérrez y Luisa Ramírez, de 68 y alrededor de 60 años, pertenecen al estrato socioeconómico alto. La jubilación de PEMEX de don Miguel provee ingresos constantes que desacoplan su bienestar de la volatilidad del precio del cacao. Durante la crisis de precios de mediados de los noventa, cuando el kilo llegó a valer 1.60 pesos, don Miguel pudo conservar su plantación gracias a sus otros ingresos, a diferencia de vecinos que derribaron sus cacaotales para convertirlos en pasturas.

El capital social de don Miguel —construido durante décadas en la Asociación Cacaotera, en organizaciones de jubilados y en la vida comunitaria— le abrió acceso a capacitación en Honduras para el manejo de la moniliasis (enfermedad del cacao) y le permitió obtener préstamos sin intereses de su red de confianza. Las enfermedades propias limitaron parcialmente el trabajo en la finca, que se compensa con la contratación permanente de mano de obra. La escasez creciente de jornaleros por migración se perfilaba ya como una tensión emergente.

“yo no sé como le hago, no sé, pero yo mantengo mis plantas limpias¹. Ahorita que me agarró un poco esto, porque ya le digo que no hay gente, toda la gente que había por aquí, pues muchos han emigrado, aquí Rafaela sus hijos están en el norte (Estados Unidos), otros muchachos que trabajaban conmigo están en el norte, están allá”. Don Miguel.

1. Se refiere a mantener las plantaciones libres de malezas, lo cual es una actividad de gran importancia en el manejo del cacao al ser un cultivo que crece en entornos tropicales.

El estilo de vida frugal y la seguridad social de PEMEX redujeron la exposición del hogar al riesgo financiero ante choques de salud.

Caso 3. La frugalidad como opción de vida más sustentable.

María Pérez y Andrés Suárez, de 47 y 50 años, pertenecen al estrato alto por la posición de liderazgo comunitario de doña María, quien ha gestionado apoyos de emergencia, infraestructura y programas municipales. Los huracanes de 1995 destruyeron su cultivo de papaya, experiencia que los llevó a no depender de un solo cultivo anual. Su parcela combina cacao orgánico, plátano, especies frutales y forestales, milpa, animales de traspatio y un taller de costura de doña María, constituyendo un sistema diversificado de ingresos.

“...nosotros casi nunca hemos dependido del cacao, es que ya ves que hay plátano también, se vendía el platanito y se compraban las cositas...lo que pasa es que el cacao es más egoísta, cada ocho días te da pero te da poco, pero ahí ya te armaste para la carne y otras cosas, los granos básicos, y es que en el plátano se maneja un precio como más estable, que no baja, al contrario, se mantiene estable o sube un poquito, pero no baja, entonces eso ayuda a la economía familiar, porque ya con eso compro el arroz, el azúcar, la carne”. Doña María.

La familia pequeña (cuatro personas) permite estirar los recursos: “nosotros no somos una familia largota” (Don Andrés). La restricción voluntaria del consumo y la administración cuidadosa de los recursos resultaron estrategias centrales de resiliencia. El choque más devastador fue la muerte prematura del hermano de María por presunta enfermedad de Chagas, lo que generó gastos médicos no cubiertos por el Seguro Popular y dejó a su familia dependiente del apoyo de los Pérez-Suárez. Las redes sociales tejidas por el activismo de doña María fueron fundamentales para enfrentar esta crisis. Los ingresos extra finca —tienda de abarrotes y costura— y las remesas de un sobrino complementaron los ingresos cacaoteros.

Caso 4. La vulnerabilidad de los más pobres.

Rafael Gómez y Gertrudis Solís pertenecen al estrato socioeconómico bajo. Don Rafael no sabe leer ni escribir y depende de jornales, del trabajo en la planta beneficiadora de cacao y, desde hace cinco años, de una hectárea de cacaotal heredada de su padre. Los huracanes de 1995 destruyeron su papaya y la sequía de 1998 paralizó toda actividad agrícola, llevándolo al extremo de intercambiar trabajo por alimentos con vecinos.

“Se las vio uno duro cuando no hay cosecha, ni de pláta-

*no ni nada...Cuando fue la seca, durísima que fue, todo se murió, aquí se murió todo. Ahí lo que hacíamos es que buscábamos una que otra matita (planta de cacao) que quedara ahí, porque como las mató el sol con la reseque-
dad, ahí nos andábamos ahí. Ahí nos decía el compañe-
ro: anda ayúdame, te voy a dar maíz, y ahí íbamos a
trabajar por maíz. Nos daban un saco y medio. Porque
a veces el otro como siembra en los bajos, esta la tierra
más húmeda. Los que siembran en los altos se les muer-
re. Y hay veces que el compañero no tiene ni para pagar
un jornal, se las ven duras también ellos, es que no hay
cosecha, por la resequeidad...pues aquí había veces que
nos llamaban para tirarnos al sol (trabajar al jornal en
el sol), anda mañana, te voy a dar unos dos días aunque
sea. Con dos días, ya da uno aunque sea la cooperación
de los chamacos de la escuela” Don Rafael.*

Las condiciones laborales en la planta beneficiadora son ex-
tenuantes: jornadas de doce horas en calor intenso, sin segu-
ridad social ni protección ante accidentes. Don Rafael realiza
doble jornada —planta por la mañana y cacaotal por la tar-
de— logrando mantener su plantación en buen estado pese a la
infección de Moniliasis (enfermedad del cacao), siguiendo las
recomendaciones técnicas del gobierno estatal. La diversifica-
ción con animales de traspatio (pavos, gallinas, patos y cerdo),
milpa y frijol es la principal red de seguridad alimentaria de la
familia, especialmente durante los cinco meses de inactividad
de la planta. Los robos de aves y la falta de acceso a crédito
formal limitan severamente su capacidad de acumulación. Las
remesas de cuatro hijos migrantes en Cozumel (500-1,000 pe-
sos mensuales) constituyen el sostén financiero más estable del
hogar.

Discusión

Los cuatro relatos confirman que los hogares cacaoteros de
Cunduacán enfrentan contextos de vulnerabilidad complejos y
diferenciados, determinados tanto por factores globales —vo-
latilidad de precios, globalización agroalimentaria (Robinson,
2018)— como por choques locales: fenómenos meteorológicos,
enfermedades del cultivo y deterioro de la salud de los produc-
tores. Este patrón es consistente con lo documentado en otras
regiones cacaoteras del mundo, donde la edad, el capital social,
el área cultivada y la diversificación son factores clave de vul-
nerabilidad y resiliencia (Oyekale, 2012; Peprah, 2015).

Un hallazgo central es que los capitales financiero y natural son
los más impactados por los choques, mientras que los capita-

les humano y social actúan como amortiguadores y motores de recuperación. Los hogares con mayor capital social —como los casos 2 y 3— accedieron a préstamos sin intereses, capacitación técnica y redes de apoyo comunitario que mitigaron los efectos de las crisis. Esto coincide con procesos observados en otras regiones rurales de México (Hoogesteger y Rivara, 2021) y el mundo (Bryceson, 2019).

La diversificación de ingresos y cultivos emerge como la estrategia de resiliencia más transversal. Los hogares que dependían de un solo cultivo anual (papaya) no resistieron los choques climáticos, mientras que los sistemas agroforestales diversificados con cacao demostraron mayor capacidad adaptativa. Las cajas de ahorro locales —surgidas como respuesta comunitaria a la exclusión financiera— ilustran la capacidad de innovación institucional de los propios productores. La migración, aunque representa una pérdida de mano de obra, funciona como válvula de escape y fuente de remesas para los hogares más pobres. Es notable que la política de reconversión al cacao orgánico certificado no satisfizo las expectativas de los productores en cuanto a sobrepuestos, lo que evidencia una brecha entre el diseño institucional de programas de desarrollo y la realidad heterogénea de los hogares cacaoteros. Las intervenciones de arriba hacia abajo sin considerar la diferenciación socioeconómica resultan ineficaces (Langan y Price, 2020).

Conclusiones

Los hogares productores de cacao orgánico en las rancherías Plátano 1era. y 2da. Secc., Cunduacán, Tabasco, conforman un grupo diverso y desigual en cuanto al acceso a recursos en donde los menos favorecidos son más vulnerables y tienen menores posibilidades de recuperación rápida ante eventos externos que los impactan como podría ser una sequía. Los capitales humano y social son los pilares que sostienen la capacidad de recuperación o resiliencia de los hogares, mientras que el capital financiero y el natural son los más vulnerables ante crisis, choques y tensiones.

La crisis cacaotera en Tabasco no implica la desaparición inminente de la actividad, ya que los productores incorporan nuevas estrategias —reversión de ingresos que obtienen fuera de la finca, cajas de ahorro, diversificación, es decir incorporación de otros cultivos— para mantener la sostenibilidad del cacao. Sin embargo, el proceso de búsqueda de nuevos activos puede comprometer bienes ambientales, culturales y sociales valiosos para la comunidad en general.

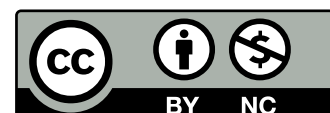
El marco de Medios de Vida Sostenibles es una herramienta de

diagnóstico pertinente para el diseño de políticas de desarrollo rural en Tabasco. Su aplicación requiere que investigadores y tomadores de decisiones adopten enfoques participativos que reconozcan la complejidad y heterogeneidad de los hogares cacaoteros, involucrando a los productores y productoras en el diseño, implementación y evaluación de las intervenciones públicas.

Referencias

- Bryceson, D. F. (2019). Gender and generational patterns of African deagrarianization: Evolving labour and land allocation in smallholder peasant household farming, 1980–2015. *World Development*, 113, 60–72. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.08.021>
- Chambers, R. y Conway, G.R. (1991). Sustainable Rural Livelihoods: Practical concepts for the 21st century. IDS Discussion paper 296. Institute of Development Studies.
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (Coneval). (s.f.). Índice de Rezago social 2020 a nivel nacional, estatal, municipal y localidad. https://www.coneval.org.mx/Medicion/IRS/Paginas/Indice_Rezago_Social_2020.aspx
- Cornejo, M., Mendoza, F., y Rojas, R. C. (2008). La Investigación con Relatos de Vida: Pistas y Opciones del Diseño Metodológico. *Psyche (Santiago)*, 17(1), 29-39. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-22282008000100004>
- Data México (2023). Chocolate and other food preparations containing cocoa. <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/product/chocolate-and-other-food-preparations-containing-cocoa>
- Galmiche-Tejeda, A., Solana-Villanueva, N. y Martínez Arbolea, H.J. (2021). Medios de vida en las comunidades Rurales de Tabasco y Veracruz: intervenciones sociales y vulnerabilidad. Universidad Autónoma de Chihuahua.
- Hoogesteger, J. y Rivara, F. (2021). The end of the rural/urban divide? Migration, proletarianization, differentiation and peasant production in an ejido, Central Mexico. *The Journal of Agrarian Change*, 21(2), 332–355. <https://doi.org/10.1111/joac.12399>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2020). Censo de Población y Vivienda 2020. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- International Cocoa Organization (ICCO) (s.f.). Daily prices of cocoa beans. <https://www.icco.org/statistics/>
- Karki, S. (2021). Sustainable Livelihood Framework: Monitoring and Evaluation. *International Journal of Social Sciences and Management*, 8(1), 266–271. <https://doi.org/10.3126/ijssm.v8i1.34399>
- Langan, M. y Price, S. (2020). West Africa's cocoa sector and development within Africa-EU relations: engaging business perspec-

- tives. *Third World Quarterly*, 41(3), 487-504. <https://doi.org/10.1080/01436597.2019.1684190>
- Lizama Pérez, F. y Bugarin Torres, M. J. (2015). Plan estratégico para el desarrollo turístico de la Ruta del Cacao al Chocolate en Tabasco, México. CENID.
- Longe, O.P. y Oyekale, A.S. (2013). Assessment of Climate Change Vulnerability and Adaptation among Smallholder Cocoa Farmers in Osun State, Nigeria. *Life Science Journal*, 10(2), 757-763.
- Martínez Arboleya, H.J. y Galmiche-Tejeda, A. (2021). Urbanización cultural en hogares cacaoteros en dos comunidades de Cunduacán, Tabasco. En A. Galmiche-Tejeda, N. Solana-Villanueva y H.J. Martínez Arboleya (coords.), *Medios de vida en las comunidades Rurales de Tabasco y Veracruz*, UACH, pp. 23-49.
- Natarajan, N., Newsham, A., Rigg, J. y Suhardiman, D. (2022). A sustainable livelihoods framework for the 21st century. *World Development*, 155, 105898. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2022.105898>
- Oyekale, S. O. (2012). Vulnerability of Peasant Cocoa Farmers to Climate Change in Southwest Nigeria. *Journal of Human Ecology*, 40(1), 33-41.
- Peprah, K. (2015). Sustainability of cocoa farmers' livelihoods: A case study of Asunafo District, Ghana. *Sustainable Production and Consumption*, 4, 2-15.
- Robinson, G. M. (2018). Globalization of Agriculture. *Annual Review of Resource Economics*, 10(1), 133-160. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-100517-023303>
- Vidal Fócil, A.B. (2017). El festival del chocolate como estrategia de promoción del turismo cultural en el estado de Tabasco, México. *International Journal of Scientific Management and Tourism*, 3(2), 501-512.
- Yin, R.K. (1994). *Case Study Research: Design and Methods* (2a ed.). SAGE Publications.



Del campo al plato: residuos agrícolas de Chihuahua con potencial para producir hongos comestibles

Jared Hernández
Huerta¹.
Aldo Gutiérrez
Chávez¹.

- (1) Facultad
de Ciencias
Agrotecnológicas/
Universidad
Autónoma de
Chihuahua

Recibido: 14 de mayo
de 2026

Aceptado: 10 de
junio de 2026

Resumen.

Este artículo analiza el potencial de los residuos agrícolas de Chihuahua como sustratos para la producción de hongos seta desde un enfoque de economía circular. A partir de una revisión documental y de una encuesta exploratoria a productores, se identifican pajas de cereales, rastrojo de maíz, podas de manzano y nogal, tallos de algodón y residuos hortícolas como fuentes de biomasa con distinta viabilidad técnica. El análisis destaca que el volumen de producción agrícola estatal y el potencial bruto estimado mediante la relación residuo:producto (RPR) no equivalen directamente al residuo disponible como sustrato, ya que parte de la biomasa se utiliza como forraje, cobertura del suelo, composta o material para reciclar nutrientes. Por ello, el aprovechamiento sostenible requiere evaluar la estacionalidad, los costos de acopio, la inocuidad, el tamaño de partícula, el balance carbono:nitrógeno y la conservación del suelo. La producción de hongos seta permite utilizar sustratos agrícolas de bajo valor para generar alimento y, una vez finalizado su cultivo, reincorporar el sustrato agotado al sistema agrícola como fuente de materia orgánica.

Palabras clave: economía circular; residuos agrícolas; hongos comestibles; Pleurotus

Abstract.

This article analyzes the potential of agricultural residues from Chihuahua as substrates for oyster mushroom production from a circular economy perspective. Based on a documentary review and an exploratory survey of producers, cereal straw, corn stover, apple and walnut pruning residues, cotton stalks, and horticultural residues were identified as biomass sources with different levels of technical feasibility. The analysis highlights that the state's agricultural production volume and the gross potential estimated through the residue-to-product ratio (RPR) do not directly correspond to the amount of residue available as substrate, since part of this biomass is used as forage, soil cover, compost, or material for nutrient recy-

cling. Therefore, sustainable use requires evaluating seasonality, collection costs, safety, particle size, carbon balance, and soil conservation. Oyster mushroom production allows low-value agricultural substrates to be used for food production and, once cultivation is completed, the spent substrate can be reincorporated into the agricultural system as a source of organic matter.

Keywords: circular economy; agricultural waste; edible mushrooms; *Pleurotus*.

Introducción

La agricultura enfrenta el reto de producir un mayor volumen de alimentos en un área más reducida y, al mismo tiempo, de reincorporar sus residuos a nuevas cadenas de valor. En regiones agrícolas, la biomasa generada por la cosecha, la poda o el procesamiento primario suele percibirse como un problema logístico; sin embargo, desde la economía circular puede transformarse en insumos para producir alimentos, biofertilizantes o productos de valor agregado (Duque-Acevedo et al., 2020; Mujtaba et al., 2023).

Entre los organismos con mayor capacidad para valorizar residuos agrícolas se encuentran los hongos del género *Pleurotus*, conocidos como hongos seta u hongos ostra. Son apreciados por su valor alimentario y su capacidad de crecer en sustratos agrícolas, forestales y agroindustriales (El-Ramady et al., 2022; Figura 1). Además, su cultivo permite convertir materiales de baja calidad en alimentos, al tiempo que contribuye al manejo sostenible de residuos (Doroški et al., 2022; Sözbir et al., 2015).

En Chihuahua, esta alternativa resulta relevante debido a la diversidad agrícola del estado. Cultivos como alfalfa, algodón, avena, cebolla, chile, manzana, nuez, pistache y trigo generan distintos tipos de biomasa residual: pajas, rastrojos, tallos, restos hortícolas, podas y subproductos de procesamiento (Gobierno del Estado de Chihuahua, 2019). La pregunta central es: ¿qué tan viable resulta aprovechar estos residuos para producir

Figura 1. Valor alimentario y biotecnológico de *Pleurotus ostreatus* como hongo comestible y funcional.



hongos seta?. La respuesta requiere integrar tres dimensiones: disponibilidad regional, compatibilidad técnica con *Pleurotus* spp. y sostenibilidad ambiental del retiro de biomasa del campo.

El enfoque de este artículo es divulgativo, por ello, no plantea que todos los residuos agrícolas deban retirarse del campo, sino que algunos materiales podrían evaluarse en proyectos piloto. Su disponibilidad debe entenderse como una oportunidad condicionada por el manejo agronómico, la conservación del suelo y el aprovechamiento de excedentes locales para la producción de alimento.

Chihuahua: un territorio agrícola con potencial para convertir residuos en alimentos.

Chihuahua es uno de los estados agrícolas más relevantes del norte de México. El Anuario Estadístico de la Producción Agrícola del SIAP permite consultar datos por entidad, municipio, cultivo, ciclo y modalidad de producción (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2024). De acuerdo con datos de Referente.mx (2025), durante 2024 Chihuahua produjo alrededor de 8.2 millones de toneladas de productos agrícolas y se ubicó entre los diez principales estados por volumen.

Estos datos muestran una base agrícola amplia, pero también obligan a precisar que la producción agrícola no equivale automáticamente a un residuo disponible. En alfalfa, maíz forrajero o avena forrajera, gran parte de la biomasa cosechada constituye el producto principal y se destina a la alimentación animal. En cambio, en cultivos como manzana, nuez, algodón, maíz de grano y algunas hortalizas quedan tallos, rastros, podas, hojas, cáscaras o frutos descartados con potencial para composta, bioinsumos o sustratos (Cuadro 1).

Por ello, el potencial de Chihuahua no debe estimarse únicamente en función de las toneladas producidas. Es necesario distinguir entre biomasa producida, biomasa residual, residuo técnicamente recuperable y fracción que puede retirarse sin afectar las funciones del suelo. Parte de los residuos debe permanecer en el campo para proteger contra la erosión, conservar la materia orgánica y reciclar nutrientes (Mirzaei et al., 2021; Cherubin et al., 2018). Esta distinción es importante para evitar sobreestimar la disponibilidad. Un cultivo de alto volumen puede generar poco residuo utilizable si la biomasa ya tiene destino pecuario, si se reincorpora al suelo o si su recolección resulta costosa. En cambio, un residuo menos abundante puede resultar atractivo si se concentra en una zona productora, se recolecta con facilidad y se mantienen condiciones sanitarias

adecuadas.

Residuos agrícolas con interés para el cultivo de hongos seta en Chihuahua.

El cultivo de hongos seta se basa en sustratos como paja de trigo, sin embargo, puede sustituirse o complementarse con residuos de podas de frutales, residuos hortícolas, subproductos de frutas y materiales agroindustriales (Doroški et al., 2022; El-Ramady et al., 2022).

En Chihuahua, la biomasa puede organizarse en cinco grupos: rastrojos y pajas de cereales, podas de frutales, residuos de cultivos industriales, residuos hortícolas y materiales estructurales. Para una estimación preliminar se emplea la relación producto-residuo, o ratio residuo-to-product (RPR), que expresa la cantidad de residuo por unidad de producto. Esta relación permite estimar el potencial bruto, pero no sustituye las mediciones locales de humedad, sanidad, accesibilidad o disponibilidad real (Dey & Thomson, 2023; FAO, 1994).

Los rastrojos y pajas de cereales, como maíz, avena, sorgo y trigo, son relevantes por su carácter fibroso. La FAO (1994) y Dey y Thomson (2023) reportan relaciones cultivo:residuo de cereales que van de 1:1 a 2.3, lo que evidencia que los valores varían según el sistema, el residuo y el método de estimación. Las podas de frutales como manzano, nogal pecanero, vid y durazno son una fuente importante de biomasa en Chihuahua, debido al peso de la fruticultura en el estado. Chihuahua lidera la producción nacional de manzana, con más de 32 mil hectáreas cosechadas y 664 mil toneladas en 2024, y también

Cultivo	Dato productivo reportado (toneladas)	Importancia para el aprovechamiento de biomasa
Alfalfa	1,832,771	Es el cultivo de mayor volumen; sin embargo, gran parte de la biomasa se usa como alimento animal, por lo que no debe asumirse como residuo disponible.
Maíz forrajero	1,399,230	Su biomasa se cosecha principalmente como producto forrajero; la disponibilidad como residuo se limita a excedentes, descartes o fracciones no aprovechadas.
Avena forrajera	1,143,516	Al igual que otros forrajes, su biomasa tiene un uso pecuario directo; puede ser útil solo cuando existan excedentes o material no comercializable.
Manzana	Más de 664,000 t y más de 32,000 ha	Puede generar residuos de poda, frutos descartados y subproductos de selección o procesamiento; es prioritaria para nodos frutícolas.
Algodón	454,128	Puede generar tallos, restos de cosecha y material vegetal residual; su uso requiere evaluar sanidad, dureza, residuos de agroquímicos y necesidad de trituración.
Nuez pecana	Más de 78,000 ha cosechadas y alrededor de 62 % de la producción nacional	Tiene potencial por residuos de poda, hojas, cáscara y subproductos de procesamiento; es relevante por su importancia económica regional.

Cuadro 1. Principales cultivos agrícolas de Chihuahua y su relación con la generación potencial de biomasa.

Nota. Los datos productivos son orientativos y no reflejan los residuos disponibles. Fuentes: Referente.mx (2025), Gobierno del Estado de Chihuahua (2025a, 2025b) y Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (2024).

Grupo de residuo	Forma de residuo	RPR
Cereales y rastrojos	Rastrojo de maíz	2.3
	Paja o rastrojo de maíz	1:1
	Paja de Avena	1:1.3
	Paja o rastrojo de sorgo	1:1.4
	Paja de trigo	1:1.3
Hortalizas y cultivos intensivos	Papa	0.81
	Tomate	0.44
	Cebolla	0.40
	Frijol / ejote	1.6
	Pimiento	0.45
	Chile	1.5
	Ajo	0.2
	Sandía y melón	0.2
Cultivos industriales	Tallo de algodón	1:4.25
	Cáscara de cápsula de algodón	1.1
	Cascarillas de algodón	1.1
Podas de frutales	Poda de manzano	0.43
	Poda de vid	0.21
	Poda de nogal / nuez	1.15

Cuadro 2. Relación entre residuos y productos de cultivos y residuos agrícolas con interés potencial para el cultivo de hongos seta.
 Nota. RPR significa relación residuo: producto y expresa la masa de residuo generada por cada unidad de producto cosechado. Los valores fueron consultados en Dey y Tomson (2023), por lo que deben interpretarse como referencias para estimar el potencial bruto de biomasa y no como mediciones locales de disponibilidad, humedad, composición lignocelulósica, sanidad, accesibilidad logística ni compatibilidad con *Pleurotus*. En el caso del tallo de algodón reportado por Dey y Thomson (2023), el valor se expresa como producción de residuo por hectárea, no como RPR estricto.

destaca en nuez pecana, con más de 78 mil hectáreas cosechadas y cerca del 62 % de la producción nacional (Gobierno del Estado de Chihuahua, 2025a, 2025b).

El algodón representa otro grupo de interés. La FAO (1994) reporta una relación cultivo:tallo de 1:4.25, lo que sugiere una alta generación de biomasa; además, se ha evaluado su uso para producir *Pleurotus ostreatus* (Li et al., 2022).

Los residuos hortícolas, como ajo, cebolla, chile, entre otros, pueden aportar nutrientes fácilmente disponibles, aunque su composición es variable. Algunos presentan alta humedad, compactación o desequilibrios de carbono-nitrógeno, por lo que conviene usarlos en mezclas con pajas, rastrojos o podas trituradas.

En términos prácticos, la selección del residuo debe considerar tres criterios: la estructura física, el aporte nutricional y el riesgo de contaminación. Los materiales fibrosos mejoran la aireación y el soporte; los residuos más frescos pueden aportar nutrientes, pero también pueden elevar la humedad o favorecer la proliferación de microorganismos competidores. Por ello, la caracterización local del sustrato es indispensable antes de recomendar una mezcla específica.

Evidencia local: consulta exploratoria a productores. Además de la revisión documental, se realizó una encuesta exploratoria mediante Google Forms dirigida a productores de Delicias, Cuauhtémoc y Casas Grandes, incluida en el informe de primera etapa del proyecto Revalorización de residuos agrícolas mediante el cultivo de hongos comestibles: una alternativa sostenible para la economía circular (Hernández-Huerta, 2025). Esta encuesta tuvo como finalidad identificar la estacionalidad, el volumen de generación y la accesibilidad de los residuos agrícolas con potencial como sustrato para el cultivo de *Pleurotus* spp. (Cuadro 3).

El informe registra un cronograma de disponibilidad de re-

siduos de nogal, vid, rúcula, alfalfa, avena y ajo. Los resultados muestran una lógica territorial clara: la alfalfa tiene mayor estabilidad anual; nogal y vid presentan alta disponibilidad en periodos posteriores a la cosecha o poda; y ajo y avena tienen ventanas de recolección más cortas, por lo que requieren planeación anticipada (Hernández-Huerta, 2025).

En términos logísticos, se estimaron costos aproximados de recolección, transporte, triturado y almacenamiento de \$850 a \$1,330 MXN por tonelada de residuo recolectado. Esta cifra es relevante porque el potencial de un residuo depende de su accesibilidad, traslado, facilidad de triturado, almacenamiento y estabilidad sanitaria, no solo de su composición química (Hernández-Huerta, 2025).

La consulta debe interpretarse como evidencia exploratoria, no como un censo definitivo de biomasa. Su valor principal es orientar las decisiones iniciales: qué residuos conviene probar primero, en qué meses conviene organizar el acopio y qué materiales podrían representar mayores costos de preparación.

Circular de economía: del residuo agrícola al alimento.

La producción de hongos seta a partir de residuos agrícolas es un ejemplo práctico de economía circular, porque transforma pajas, tallos, hojas, podas y descartes de cosecha en sustratos útiles para producir alimentos. En este proceso, los residuos dejan de considerarse desechos y se convierten en materias primas con valor biotecnológico, especialmente porque *Pleurotus spp.* puede crecer sobre materiales lignocelulósicos y degradar celulosa, hemicelulosa y lignina mediante su actividad enzimática (Doroški et al., 2022; El-Ramady et al., 2022; Sadh et al., 2018).

El ciclo inicia con la generación de biomasa agrícola, continúa con el secado, el triturado, la hidratación y la pasteurización o esterilización, y luego con la inoculación del sustrato con mi-

Residuo	Disponibilidad reportada	Ventaja principal	Limitante o cuidado
Alfalfa	Constante; 6-8 cortes al año	Alta estabilidad anual y disponibilidad regional.	No todo el material es residuo; compite con uso forrajero.
Nogal	Octubre-diciembre	Alta disponibilidad estacional de hojas y poda.	Mayor dureza; requiere triturado más intensivo.
Vid	Septiembre-noviembre	Buena disponibilidad estacional de poda.	Puede requerir ajuste de pH, humedad y tamaño de partícula.
Avena	Mayo-junio	Buen material fibroso para estructura.	Ventana corta; requiere planeación de acopio.
Ajo	Junio-julio	Residuo nutricional interesante.	Disponibilidad media-baja; mayor costo de colecta y posible presencia de compuestos sulfurados.

Cuadro 3. Resumen de disponibilidad de residuos agrícolas de acuerdo con la consulta exploratoria a productores

Nota. Elaborado a partir del informe técnico no publicado de Hernández-Huerta (2025).



Figura 2. Esquema de economía circular para la producción de hongos seta a partir de residuos agrícolas.

celio de *Pleurotus* spp. El resultado es la producción de hongos comestibles que pueden destinarse al autoconsumo, a la venta local o a pequeños emprendimientos (Figura 2). En Chihuahua, este modelo podría aprovechar residuos de nogal, manzano, avena, maíz, algodón o ajo, siempre que se evalúen la disponibilidad, la sanidad y la facilidad de manejo.

Finalmente, el ciclo no termina con la cosecha: el sustrato agotado puede utilizarse como

composta, lombricomposta, mejorador orgánico o como material para la reincorporación controlada al suelo. De esta forma, el sistema reduce residuos, promueve el reciclaje biológico de nutrientes y fortalece las cadenas productivas locales, pasando de un modelo lineal de “producir, usar y desechar” a uno en el que la biomasa se transforma en alimento y en nuevos insumos para el campo (Martín et al., 2023).

Este cierre del ciclo es relevante para pequeños productores, escuelas agrícolas y emprendimientos rurales, porque permite imaginar sistemas de baja escala con materiales cercanos. Si el sustrato se elabora con residuos locales y se maneja de manera inocua, la producción de hongos puede generar alimento, aprendizaje técnico y una alternativa de ingreso sin depender exclusivamente de insumos externos.

Retos técnicos y ambientales.

Aunque el potencial es alto, la implementación debe ser cuidadosa. El primer reto es la estacionalidad: las podas de nogal, vid y manzano se concentran en periodos específicos, por lo que se requiere acopio, secado y almacenamiento en condiciones protegidas. En contraste, los residuos de cortes frecuentes o de ciclos cortos pueden estar disponibles durante más tiempo, pero no siempre en cantidad suficiente ni como residuos reales (Hernández-Huerta, 2025).

El segundo reto es la competencia con los usos existentes. Muchos residuos cumplen funciones como la alimentación animal, la cobertura, el compostaje, la reincorporación de nutrientes o el control de la erosión. La remoción indiscriminada puede afectar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, reducir la infiltración y disminuir la materia orgánica (Mirzaei

et al., 2021; Cherubin et al., 2018). La estrategia debe centrarse en los excedentes o en las fracciones recuperables.

El tercer reto es la formulación. No todos los residuos funcionan como sustrato único: algunos son muy fibrosos y pobres en nitrógeno, mientras que otros son ricos en nutrientes pero se compactan o elevan la humedad. La opción más viable consiste en formular mezclas regionales. El rendimiento y la calidad de *Pleurotus ostreatus* varían según el sustrato, la composición y la combinación de materiales (Elkanah et al., 2022; Fufa et al., 2021).

El cuarto reto es la escala. A pequeña escala, el modelo puede operar con residuos locales y bajos costos de entrada; a escala comercial, se requiere estandarizar los sustratos, calcular la eficiencia biológica, determinar los costos por kilogramo de hongo, controlar la humedad y la temperatura, y establecer canales de comercialización. La selección del sustrato, el acondicionamiento y la suplementación son decisivos para transformar la biomasa de bajo valor en una producción alimentaria viable (Doroški et al., 2022; Fufa et al., 2021; Sadh et al., 2018).

Un programa regional debería iniciar con pruebas comparativas de mezclas, no con sustituciones totales de sustrato. La eficiencia biológica, el tiempo de colonización, la aparición de contaminantes y la calidad del cuerpo fructífero permitirían seleccionar residuos prometedores. Posteriormente, esos resultados podrían integrarse con análisis de costos y disponibilidad para definir modelos de producción por localidad.

Conclusiones

Chihuahua tiene alto potencial para producir hongos seta con residuos agrícolas como rastrojos de maíz, pajas de avena, podas de frutales, tallos de algodón y residuos hortícolas. A partir de estos materiales como sustrato, *Pleurotus* spp. puede producir cuerpos fructíferos comestibles con valor nutricional. Sin embargo, deben evaluarse la disponibilidad, la estacionalidad, los costos de recolección, la competencia con otros usos, la inocuidad, la eficiencia biológica, la calidad nutricional y la rentabilidad por kilogramo de hongo fresco producido.

Agradecimientos. Al programa Más Ciencia, Más UACH de la Universidad Autónoma de Chihuahua por el apoyo al proyecto “Revalorización de residuos agrícolas mediante el cultivo de hongos comestibles”, Proyecto No. +UACH2025/SA/022.

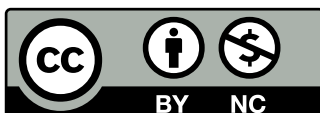
Referencias

- Cherubin, M. R., Oliveira, D. M. S., Feigl, B. J., Pimentel, L. G., Lisboa, I. P., Gmach, M. R., Varanda, L. L., Morais, M. C., Satiro, L. S., Popin, G. V., Paiva, S. R., Santos, A. K. B., Vasconcelos, A. L. S., Melo, P. L. A., Cerri, C. E. P., & Cerri, C. C. (2018). Crop residue harvest for bioenergy production and its implications on soil functioning and plant growth: A review. *Scientia Agricola*, 75(3), 255-272. <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2016-0459>
- Dey, A., & Thomson, R. C. (2023). India's biomethane generation potential from wastes and the corresponding greenhouse gas emissions abatement possibilities under three end use scenarios: Electricity generation, cooking, and road transport applications. *Sustainable Energy & Fuels*, 7, 209-241. <https://doi.org/10.1039/d2se01028c>
- Doroški, A., Klaus, A., Režek Jambrak, A., & Djekic, I. (2022). Food waste originated material as an alternative substrate used for the cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*): A review. *Sustainability*, 14(19), 12509. <https://doi.org/10.3390/su141912509>
- Duque-Acevedo, M., Belmonte-Ureña, L. J., Cortés-García, F. J., & Camacho-Ferre, F. (2020). Agricultural waste: Review of the evolution, approaches and perspectives on alternative uses. *Global Ecology and Conservation*, 22, e00902. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e00902>
- Elkanah, F. A., Oke, M. A., & Adebayo, E. A. (2022). Substrate composition effect on the nutritional quality of *Pleurotus ostreatus* (MK751847) fruiting body. *Heliyon*, 8(11), e11841. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11841>
- El-Ramady, H., Abdalla, N., Fawzy, Z., Badgar, K., Llanaj, X., Törös, G., Hajdú, P., Eid, Y., & Prokisch, J. (2022). Green Biotechnology of Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus* L.): A Sustainable Strategy for Myco-Remediation and Bio-Fermentation. *Sustainability*, 14(6), 3667. <https://doi.org/10.3390/su14063667>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1994). Grain storage techniques: Evolution and trends in developing countries (D. L. Proctor, Ed.; FAO Agricultural Services Bulletin No. 109). FAO. <https://www.fao.org/4/t1838e/t1838e00.htm>
- Fufa, B. K., Tadesse, B. A., & Tulu, M. M. (2021). Cultivation of *Pleurotus ostreatus* on agricultural wastes and their combination. *International Journal of Agronomy*, 2021, Article 1465597. <https://doi.org/10.1155/2021/1465597>
- Gobierno del Estado de Chihuahua. (2019, 1 de marzo). Lidera Chihuahua producción nacional en 10 cultivos. Portal Gubernamental del Estado de Chihuahua. <https://chihuahua.gob.mx/contenidos/lidera-chihuahua-produccion-nacional-en-10-cultivos>

- Gobierno del Estado de Chihuahua. (2025a, 28 de agosto). Es Chihuahua líder productor de manzana con el 85% del total nacional. Portal Gubernamental del Estado de Chihuahua. <https://chihuahua.gob.mx/prensa/es-chihuahua-lider-productor-de-manzana-con-el-85-del-total-nacional>
- Gobierno del Estado de Chihuahua. (2025b, 16 de agosto). Mantiene Chihuahua liderazgo nacional en producción de nuez pecana. Portal Gubernamental del Estado de Chihuahua. <https://chihuahua.gob.mx/prensa/mantiene-chihuahua-liderazgo-nacional-en-produccion-de-nuez-pecana>
- Hernández Huerta, J. (2025). Revalorización de residuos agrícolas mediante el cultivo de hongos comestibles: Una alternativa sostenible para la economía circular. Informe de primera etapa [Informe técnico no publicado]. Universidad Autónoma de Chihuahua.
- Li, G., Wang, Y., Yu, D., Zhu, P., Zhao, G., Liu, C., & Zhao, H. (2022). Ligninolytic characteristics of *Pleurotus ostreatus* cultivated in cotton stalk media. *Frontiers in Microbiology*, 13, Article 1035040. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1035040>
- Martín, C., Zervakis, G. I., Xiong, S., Koutrotsios, G., & Strætkevorn, K. O. (2023). Spent substrate from mushroom cultivation: Exploitation potential toward various applications and value-added products. *Bioengineered*, 14(1), 2252138. <https://doi.org/10.1080/21655979.2023.2252138>
- Mirzaei, M., Anari, M. G., Razavy-Toosi, E., Asadi, H., Moghiseh, E., Saronjic, N., & Rodrigo-Comino, J. (2021). Preliminary Effects of Crop Residue Management on Soil Quality and Crop Production under Different Soil Management Regimes in Corn-Wheat Rotation Systems. *Agronomy*, 11(2), 302. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020302>
- Mujtaba, M., Fraceto, L. F., Fazeli, M., Mukherjee, S., Savassa, S. M., de Medeiros, G. A., Pereira, A. E. S., Mancini, S. D., Lipponen, J., & Vilaplana, F. (2023). Lignocellulosic biomass from agricultural waste to the circular economy: A review with focus on biofuels, biocomposites and bioplastics. *Journal of Cleaner Production*, 402, 136815. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136815>
- Referente.mx. (2025, 18 de julio). El estado produce 8.2 millones de toneladas de cultivo; se mantiene dentro del top 10 nacional. Referente.mx. <https://www.referente.mx/el-estado-produce-8-2-millones-de-toneladas-de-cultivo-se-mantiene-dentro-del-top-10-nacional/>
- Sadh, P. K., Duhan, S., & Duhan, J. S. (2018). Agro-industrial wastes and their utilization using solid state fermentation: A review. *Bioresources and Bioprocessing*, 5, Article 1. <https://doi.org/10.1186/s40643-017-0187-z>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (s. f.). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Recuperado el 11 de mayo de 2026, https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. (2024, 4 de diciembre). Chihuahua lidera la producción de algodón hueso con más de 454 mil toneladas libres de plagas.

<https://prod.senasica.gob.mx/ALERTAS/inicio/pages/single.php?noticia=22247>

Sözbir, G. D., Bektaş, İ., & Zülkadir, A. (2015). Lignocellulosic wastes used for the cultivation of *Pleurotus ostreatus* mushrooms: Effects on productivity. *BioResources*, 10(3), 4686-4693. <https://doi.org/10.15376/biores.10.3.4686-4693>



Errores estadísticos y potencia: desafíos en la investigación actual

Resumen

El presente artículo examina la naturaleza, los mecanismos y las consecuencias de los errores de tipo I (α) y tipo II (β) dentro del marco de las pruebas de hipótesis nula, analizando la transición histórica desde los modelos de Fisher hacia la síntesis de Neyman-Pearson. Se aborda la relación inversa entre ambos errores y cómo factores como el tamaño de la muestra, la variabilidad de los datos y el tamaño del efecto determinan la potencia estadística. Mediante el uso del lenguaje de programación R y la librería ggplot2, se desarrollan simulaciones visuales para ilustrar la superposición de distribuciones y la generación de curvas de potencia acordes a los estándares de la investigación cuantitativa. Se concluye que el equilibrio entre falsos positivos y falsos negativos es una decisión ética y metodológica, que influye directamente en la actual crisis de replicación científica.

Abstract

This article examines the nature, mechanisms, and consequences of type I (α) and type II (β) errors within the framework of null hypothesis testing, analyzing the historical transition from Fisher's models to the Neyman-Pearson synthesis. The inverse relationship between the two errors is addressed and how factors such as sample size, data variability, and effect size determine statistical power. Utilizing the R programming language and the ggplot2 library, visual simulations are developed to illustrate the overlapping of distributions and the generation of power curves according to the standards of quantitative research. It is concluded that the balance between false positives and false negatives is an ethical and methodological decision, which directly influences the current crisis of scientific replication.

Introducción

La inferencia estadística es una herramienta indispensable en la investigación, pues permite extrapolar los hallazgos observados en una muestra para formular conclusiones aplicables a una población más amplia (Casella & Berger, 2002). No obs-

Julio César Robles Venzor¹.
Elvia Rosario Chávez Tellez¹.
Miriam Gabriela Flores Granados¹.

- (1) Facultad de Ciencias Químicas/
Universidad Autónoma de Chihuahua

Recibido: 11 de mayo de 2026

Aceptado: 13 de junio de 2026

tante, al analizar datos bajo condiciones de incertidumbre, este proceso conlleva márgenes de error inherentes. Un componente central de este análisis es la prueba de hipótesis, cuyo propósito es evaluar si la evidencia experimental tiene el peso suficiente para rechazar una premisa base, conocida como hipótesis nula (H_0). Puesto que estas decisiones se fundamentan en modelos probabilísticos, el investigador asume dos riesgos metodológicos: reportar un efecto inexistente u omitir la detección de un efecto real (Neyman & Pearson, 1933). En la literatura cuantitativa, estas situaciones se definen formalmente como el error tipo I (α) y el error tipo II (β), respectivamente (García-Garzón et al., 2018).

El diseño estadístico de experimentos vivió un cambio de paradigma a principios del siglo XX gracias a las contribuciones de Sir Ronald A. Fisher, evolucionando de la mera acumulación de datos a un método sistemático de inferencia. Según Pantoja (2023), su obra de 1935, *The Design of Experiments*, demostró que la validez de las conclusiones no depende exclusivamente de un volumen masivo de información, sino de la pertinencia del método empleado. Fisher evidenció que las deficiencias analíticas frecuentemente se originan en un planteamiento experimental inadecuado. Por consiguiente, propuso un marco metodológico riguroso que permite evaluar múltiples variables de forma simultánea, minimizando los sesgos y garantizando que los hallazgos cuenten con un soporte estadístico robusto (Amrhein et al., 2019; Ato et al., 2013).

Posteriormente, la síntesis teórica de Neyman y Pearson redefinió la estadística empírica, trasladándola de una simple evaluación de evidencia hacia una metodología formal para la toma de decisiones. Este avance introdujo la hipótesis alternativa (H_a) y estableció el concepto de regiones de rechazo en función de la probabilidad de error a largo plazo (Gelman & Loken, 2014; Cumming, 2014). Dicho esquema resulta crítico en disciplinas aplicadas como la investigación biomédica, donde incurrir en un error tipo I podría derivar en la aprobación de tratamientos ineficaces, mientras que un error tipo II significaría descartar terapias potencialmente benéficas (Ioannidis, 2018; Gómez-Gómez et al., 2013).

Durante la última década, se ha evidenciado que el manejo inadecuado de la potencia estadística —entendida como el complemento del error tipo II— representa uno de los factores principales detrás de la denominada “crisis de replicación” (Domínguez-Lara, 2018; Ioannidis, 2018). Las investigaciones con baja potencia no solamente presentan dificultades para detectar efectos reales, sino que tienden a sobrestimar la magni-

tud de los resultados que resultan significativos, un sesgo metodológico documentado en la literatura como la “maldición del ganador” (Button et al., 2013; Ioannidis, 2018).

Materiales y Métodos

Para la evaluación del comportamiento de las decisiones estadísticas, se empleó una metodología basada en la simulación computacional de distribuciones muestrales utilizando el lenguaje de programación R, el cuál es un sistema de código abierto, con amplia versatilidad para manejar datos y el ecosistema de paquetes tidyverse y pwr, que son pequeños programas capaces de realizar análisis estadísticos de alto nivel, pero fácilmente programables a las necesidades de cualquier investigador (Champely, 2020; R-bloggers, 2016; Wickham et al., 2019). Con este software se simularon datos para obtener un conjunto de valores con los cuales realizar un diseño experimental (Anexo 1) mediante el que se pretendió demostrar la relación que guardan los valores que representan la distribución (parámetros de contraste) con el tamaño de la muestra y la capacidad de probar un resultado esperado (hipótesis alternativa) válido, sustentado en los valores estadísticos, mientras se rechaza el resultado donde no existió un cambio (hipótesis nula). Por lo tanto, es fundamental para todo aquel que realice un análisis estadístico con la finalidad de discernir entre dos resultados, saber interpretar el valor de error que tiene esta prueba y diferenciarlo de las dos posibilidades: error tipo I, que es rechazar una hipótesis nula que es verdadera, o error tipo II, es decir, aceptar una hipótesis nula que es falsa.

Dado que la simulación requería modelar escenarios teóricos bajo la hipótesis nula (H_0) y la hipótesis alternativa (H_a), se asumieron distribuciones normales, o datos en forma de campana de Gauss, para el estadístico de prueba (Casella & Berger, 2002). Sin embargo, dado que es imposible tomar un infinito de valores, se selecciona una muestra pequeña, que incluya valores que describan de manera fidedigna toda la curva, es decir, una muestra significativa con la cual se va a trabajar, y de esta, es imprescindible considerar el nivel de significancia (α), que es la certeza de que hubo cambios por una causa específica, y no por el simple azar. Durante el desarrollo de esta simulación se mantuvo dicha significancia (α) en un nivel constante de 0.05, reconocido internacionalmente como valor estándar. Para evidenciar el cambio en los valores de error respecto al tamaño de la muestra, se varió el tamaño de la muestra (n), la diferencia entre el valor esperado y el hipotetizado (Diferencia de medias) y la variabilidad de los datos entre sí mismos, ex-

presada mediante la desviación estándar (σ).

En la primera etapa de la modelación, se estructuraron dos funciones de densidad de probabilidad para representar los contrastes de hipótesis: una distribución normal estándar bajo H_0 definida con una media $\mu_0 = 0$, y una distribución normal desplazada bajo H_a con una media $\mu_1 = 2$. En ambos modelos teóricos se asumió una desviación estándar conocida y constante $\sigma = 1$. El dominio de la variable continua x se discretizó en un vector uniforme de 1,000 observaciones dentro del intervalo $[-4, 6]$ para asegurar la resolución y suavidad de las curvas de densidad resultantes. El criterio de decisión estadística se estableció fijando un nivel de significancia nominal $\alpha = 0.05$. A partir de este parámetro, se determinó el límite exacto de la región de rechazo para una prueba de una cola calculando el valor crítico teórico (Z_{crit}) mediante la función de cuantiles de la distribución normal acumulada bajo H_0 , correspondiente al percentil 95% ($1 - \alpha$).

La integración y visualización de estas regiones de decisión se realizó mediante el paquete `ggplot2` (Wickham, 2016), construyendo un modelo gráfico de alta fidelidad con capas geométricas de líneas para las funciones de densidad y capas de área para delimitar las probabilidades de error. El error tipo I (α) se sombreó bajo la curva de H_0 para el sector donde $x \geq Z_{\text{crit}}$, reflejando el riesgo de rechazar incorrectamente una hipótesis nula verdadera. Por su parte, el error tipo II (β) se estimó integrando el área bajo la curva de H_a a la izquierda del valor crítico determinado por la regla de decisión (Gelman & Carlin, 2014), visualizándose en el intervalo $x \leq Z_{\text{crit}}$ para proyectar la probabilidad de no rechazar la hipótesis nula siendo esta falsa. El umbral de separación entre ambas regiones se marcó explícitamente mediante un vector vertical discontinuo en la coordenada de dicho valor crítico.

En la segunda etapa, se evaluó cómo interactúan en la práctica las variaciones paramétricas sobre la sensibilidad del contraste mediante un análisis de potencia computacional. Para ello, se analizó el comportamiento de la potencia estadística frente al tamaño de la muestra considerando tres niveles de diferencia de medias ($\delta = 3, 5, 7$) y tres niveles de variabilidad basados en la desviación estándar ($\sigma = 8, 10, 12$). Los tamaños de muestra (n) se fijaron en un rango desde las 5 hasta las 100 observaciones, incrementándose de manera gradual en intervalos de 5 en 5. Se construyó una matriz con todas las combinaciones posibles de estos factores para ejecutar un algoritmo automatizado que implementó la función de la prueba t de Student para una sola muestra sobre cada escenario, realizando cálculos exactos

fundamentados en las propiedades de esta distribución (Ferrando & Lorenzo-Seva, 2014). En cada interacción, la magnitud del efecto se estandarizó bajo el criterio de la d de Cohen, calculada dinámicamente como el cociente de la diferencia de medias entre la desviación estándar ($d = \delta/\sigma$).

Este procedimiento matemático se configuró manteniendo el nivel de significancia estático en $\alpha = 0.05$, obteniéndose la potencia estadística resultante ($1 - \beta$) entendida como la probabilidad matemática de detectar un efecto real cuando este verdaderamente existe. Finalmente, las curvas de potencia simuladas se unificaron gráficamente con ggplot2. En la representación, se dispuso el tamaño de la muestra (n) en el eje horizontal y la potencia calculada ($1 - \beta$) en el eje vertical. Para asegurar una lectura intuitiva de la interacción multifactorial, las diferencias de medias (δ) se codificaron mediante una escala de colores, mientras que los niveles de variabilidad (σ) se asignaron a distintos estilos de línea. Como elemento de validación metodológica, se incorporó una asíntota horizontal en el valor de 0.80, la cual funge como el umbral normativo convencionalmente aceptado en la investigación científica para dictaminar si un estudio posee un tamaño de muestra confiable y con la sensibilidad adecuada.

Resultados y discusiones

Para obtener la potencia de la prueba respecto al tamaño de muestra, se generaron diferentes escenarios manteniendo los valores de σ y δ en tres niveles arbitrarios fijos (8, 10 y 12 para σ ; 3, 5 y 7 para δ) y un nivel de significancia (α) constante de 0.05, iterando en los valores de n entre 5 y 100, cuyas dispersiones se graficaron y se contrastan entre sí para determinar que si se busca una potencia mínima de 0.8, es necesario maximizar el valor δ mientras se minimiza σ , de manera que n sea mínimo, y en contraparte, si se tiene un δ pequeño y una desviación estándar grande, será necesario aumentar el valor de n para llegar a la meta de potencia mínima de 0.8. Este juego matemático conlleva que se debe contemplar desde el diseño del experimento, el tamaño de n y su consecuente aumento en repeticiones que se refleja en mayor costo en tiempo y dinero. Estos resultados concuerdan con lo obtenido por Cohen (1988), quien menciona que si se busca una potencia fuerte (0.80) en un experimento, se debe aumentar el tamaño de la muestra o asegurarse de que el efecto buscado sea lo suficientemente grande para sobresalir por encima del error.

De manera arbitraria, al inicio del experimento se define el valor de α (Error tipo I), siendo generalmente de 0.05, que es

Decisión del Investigador	H_0 es Realmente Verdadera	H_0 es Realmente Falsa (H_a es Cierta)
No Rechazar H_0	Decisión Correcta ($1 - \alpha$)	Error tipo II (β)
Rechazar H_0	Error tipo I (α)	Decisión Correcta ($1 - \beta$) (Potencia)

Cuadro 1. Relación entre realidad poblacional y conclusión del estudio.

sis nula cuando realmente el falsa (Benjamin et al., 2018). Numéricamente, los valores de β para indicar una buena potencia de la prueba son de máximo 0.2, ya que la potencia de prueba es $1 - \beta$ (Cuadro 1).

Utilizando ggplot2, se visualiza cómo el valor crítico segmenta las regiones de error en la gráfica 1. El área bajo H_0 a la derecha representa α , y el área bajo H_a a la izquierda representa β (Halsey et al., 2015; Monterrey, 2012)

Siguiendo la lógica de la Gráfica 1, se graficaron curvas representadas en la Gráfica 2.

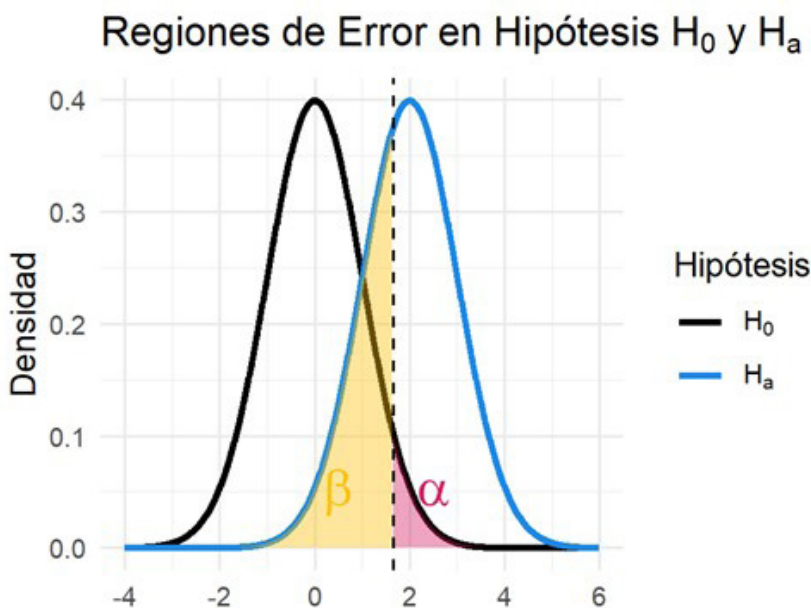
En esta, se observa que la potencia aumenta con el tamaño de la muestra y el tamaño del efecto, y disminuye con la varianza (Cohen, 1988; Wasserstein & Lazar, 2016).

En la estadística tradicional, existe una fijación por el valor p que, por su facilidad de uso, en ocasiones causa que se olvide lo que realmente significan los datos. El problema inherente a esto es que, si existe una muestra de gran tamaño, hasta la diferencia más insignificante puede parecer estadísticamente significativa, lo cual es una posible fuente de error. Por eso es de vital importancia tomar en cuenta el tamaño del efecto, tal cual lo establece Cohen en 1988.

Como mencionan Gutiérrez y De La Vara (2008), un buen experimento no solo trata de reducir el error, sino de tener la sensibilidad necesaria para detectar cambios que realmente impacten a la realidad de la muestra. Cohen en 1988 diseñó este parámetro con la finalidad de estandarizar esas diferencias y permitir comparar estudios distintos sin importar sus unidades de medida.

Según los resultados obtenidos en este experimento, que son concordantes con Cohen

Gráfica 1. Visualización del solapamiento de distribuciones.



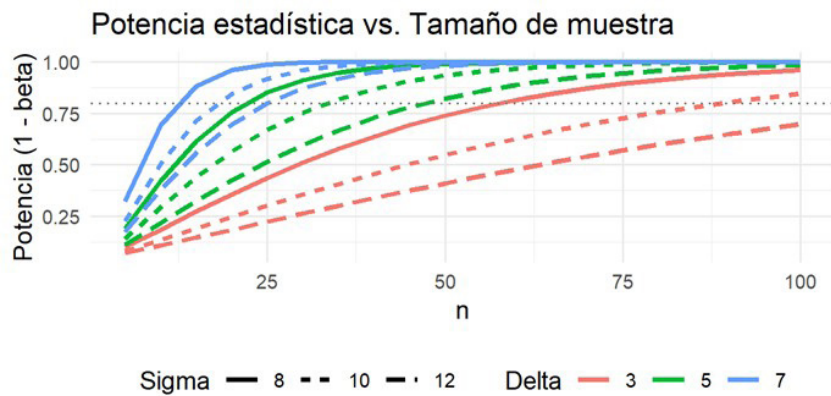
(1988), la relación entre este valor y la potencia estadística es directa, puesto que, si el efecto es pequeño, se necesitará una muestra mucho más grande para tener seguridad de no cometer errores tipo I o II (Lakens et al., 2018). Por tanto, limitar una decisión estadística a solo el rechazo o no rechazo de una hipótesis es una visión sobre simplificada, pues es necesario usar los umbrales de Cohen (0.2 para efectos pequeños, 0.5 para medianos y 0.8 para grandes) para alejarse de esa decisión binaria y plantear una imagen real de qué tan relevante es el hallazgo estadístico (Cuadro 2).

Determinar la ponderación entre el error tipo I y el error tipo II trasciende el cálculo probabilístico, constituyendo una decisión basada en las implicaciones prácticas de cada fallo inferencial. En el análisis experimental, existe un balance asimétrico: en ciertos contextos resulta más perjudicial reportar un falso positivo, mientras que, en otros, la omisión de un efecto verdadero conlleva consecuencias más severas. Esta dualidad exige que el diseño de la investigación se aborde como una justificación metodológica rigurosa, más allá de la adopción mecánica de criterios estandarizados.

Actualmente, existe un debate considerable en la literatura sobre la pertinencia de endurecer los criterios de evidencia, particularmente mediante la reducción del nivel de significancia tradicional de 0.05 a 0.005. El propósito central de esta medida es incrementar la reproducibilidad y la robustez de los hallazgos empíricos. No obstante, las proyecciones demuestran que esta modificación metodológica conlleva exigencias logísticas sustanciales. Para preservar la capacidad de identificar fenómenos reales manteniendo una potencia estadística del 80%, sería indispensable incrementar el tamaño de la muestra en aproximadamente un 70%.

Conclusiones

El análisis inferencial evidencia la relación inversamente proporcional que existe entre las probabilidades de incurrir en errores de tipo I y tipo II. Bajo condiciones estándar, la minimización de un riesgo



Gráfica 2. Potencia estadística contra tamaño de muestra.

Cuadro 2. Magnitudes del efecto d de Cohen
Fuente: Cohen, 1988.

Magnitud	d de Cohen	Interpretación
Pequeño	0.20	Difícil de detectar sin muestras grandes.
Mediano	0.50	Detectable en gráficos de dispersión.
Grande	0.80	Diferencia sustancial y obvia.

conlleva inexorablemente el incremento del otro. La principal estrategia metodológica para atenuar ambos márgenes de error de manera simultánea radica en la optimización del diseño experimental, fundamentalmente a través del incremento del tamaño muestral y la reducción del error de medición.

En este sentido, la estimación a priori del tamaño de la muestra, fundamentada en la magnitud del efecto esperado, constituye un requerimiento indispensable para garantizar la solidez empírica de los hallazgos. Lejos de representar un mero formalismo técnico, este procedimiento asegura que la investigación alcance la potencia estadística necesaria para detectar efectos científicamente relevantes, mitigando la incertidumbre inherente al contraste de hipótesis.

En definitiva, el rigor metodológico exige trascender la aplicación mecánica de pruebas de significancia. La evaluación consciente de las consecuencias derivadas de los falsos positivos y los falsos negativos transforma el análisis cuantitativo en un proceso de toma de decisiones fundamentado. Esta perspectiva crítica garantiza que las inferencias extraídas sean válidas, reproducibles y contribuyan de manera efectiva al avance del conocimiento científico.

Referencias Bibliográficas

- Amrhein, V., Greenland, S., & McShane, B. (2019). Scientists rise up against statistical significance. *Nature*, 567(7748), 305-307. <https://doi.org/10.1038/d41586-019-00857-9>
- Ato, M., López-García, J. J., & Benavente, A. (2013). Un sistema de clasificación de los diseños de investigación en psicología. *Anales de Psicología*, 29(3), 1038-1059. <https://dx.doi.org/10.6018/analesps.29.3.178511>
- Benjamin, D. J., Berger, J. O., Johannesson, M., Nosek, B. A., Wagenmakers, E. J., Berk, R., ... & Johnson, V. E. (2018). Re-define statistical significance. *Nature Human Behaviour*, 2(1), 6-10. <https://doi.org/10.1038/s41562-017-0189-z>
- Burbano Pantoja, V. M. A., Valdivieso Miranda, M. A., & Burbano Valdivieso, Á. S. (2023). La estadística no paramétrica en los libros de texto universitarios: situaciones problema para promover la investigación científica desde el aula. Editorial UPTC. <https://doi.org/10.19053/9789586607308>
- Button, K. S., Ioannidis, J. P., Mokrysz, C., Nosek, B. A., Flint, J., Robinson, E. S., & Munafò, M. R. (2013). Power failure: why small sample size undermines the reliability of neuroscience. *Nature Reviews Neuroscience*, 14(5), 365-376. <https://doi.org/10.1038/nrn3475>
- Casella, G., & Berger, R. L. (2002). *Statistical inference* (2nd ed.). Pacific Grove, CA: Duxbury/Thomson Learning. ISBN: 0534243126.

- Champely, S. (2020). pwr: Basic functions for power analysis (Versión 1.3-0) [Software de computadora]. Comprehensive R Archive Network. <https://CRAN.R-project.org/package=pwr>
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Cumming, G. (2014). The new statistics: Why and how. *Psychological Science*, 25(1), 7-29. <https://doi.org/10.1177/0956797613504966>
- Domínguez-Lara, S. A. (2018). Magnitud del efecto, una guía rápida. *Educación Médica*, 19(4), 251-254. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2017.07.002>
- Ferrando, P. J., & Lorenzo-Seva, U. (2014). El análisis factorial exploratorio de los ítems: algunas consideraciones prácticas y revisadas. *Anales de Psicología*, 30(3), 1151-1169. <https://dx.doi.org/10.6018/analesps.30.3.199991>
- García-Garzón, E., Lecuona, O. y Carbajal, G. V. (2018). Estudios de replicación, pre-registros y ciencia abierta en Psicología. *Apuntes de Psicología*, 36(1-2), 75-83. <https://doi.org/10.55414/ap.v36i1-2.713>
- Gelman, A., & Carlin, J. (2014). Beyond power calculations: Assessing type S (sign) and type M (magnitude) errors. *Perspectives on Psychological Science*, 9(6), 641-651. <https://doi.org/10.1177/1745691614551642>
- Gelman, A., & Loken, E. (2014). The statistical crisis in science: data-dependent analysis—a “garden of forking paths”—explains why many statistically significant comparisons don't hold up. *American Scientist*, 102(6), 460-466. <https://doi.org/10.1511/2014.111.460>
- Gómez-Gómez, M., Danglot-Banck, C., & Vega-Franco, L. (2013). Sinopsis de pruebas estadísticas no paramétricas. Cuando usarlas. *Revista Mexicana de Pediatría*, 80(2), 91-99. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=8084>
- Gutiérrez Pulido, H., & de la Vara Salazar, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos* (2ª ed.). México, D.F.: McGraw-Hill/Interamericana Editores. ISBN: 9789701065266.
- Halsey, L. G., Curran-Everett, D., Vowler, S. L., & Drummond, G. B. (2015). The fickle P value generates irreproducible results. *Nature Methods*, 12(3), 179-185. <https://doi.org/10.1038/nmeth.3288>
- Ioannidis, J. P. A. (2018). The proposal to lower P value thresholds to .005. *JAMA*, 319(14), 1429-1430. <https://doi.org/10.1001/jama.2018.1536>
- Lakens, D., Adolphi, F. G., Albers, C. J., Anvari, F., Apps, M. A., Argamon, S. E., ... & Zwaan, R. A. (2018). Justify your alpha. *Nature Human Behaviour*, 2(3), 168-171. <https://doi.org/10.1038/s41562-018-0311-x>
- Monterrey, P. (2012). ¿Criterio mágico para resolver cualquier problema o leyenda urbana? *Universitas Scientiarum*, 17(2), 20–25. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/210715.pdf>
- Neyman, J., & Pearson, E. S. (1933). On the problem of the most efficient tests of statistical hypotheses. *Philosophical Transactions*

of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical or Physical Character, 231(694-706), 289–337. <https://doi.org/10.1098/rsta.1933.0009>

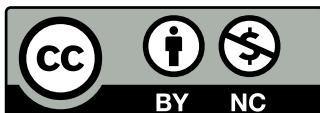
Wasserstein, R. L., & Lazar, N. A. (2016). The ASA statement on p-values: Context, process, and purpose. *The American Statistician*, 70(2), 129-133. <https://doi.org/10.1080/00031305.2016.1154108>

Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant graphics for data analysis* (2nd ed.). Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-319->

Anexo 1

Código de R utilizado:

```
library(ggplot2)
library(dplyr)
library(pwr)
# Parámetros técnicos
mu0 <- 0; mu1 <- 2; sd_val <- 1; alpha_val <- 0.05
x <- seq(-4, 6, length.out = 1000)
df <- data.frame(x, y0 = dnorm(x, mu0, sd_val), y1 = dnorm(x, mu1, sd_val))
crit_val <- qnorm(1 - alpha_val, mu0, sd_val)
# Gráfico de distribuciones y errores
ggplot(df, aes(x = x)) +
  geom_line(aes(y = y0, color = "H0"), size = 1) +
  geom_line(aes(y = y1, color = "H1"), size = 1) +
  geom_area(data = filter(df, x >= crit_val), aes(y = y0), fill = "#D81B60", alpha = 0.4)
+
  geom_area(data = filter(df, x <= crit_val), aes(y = y1), fill = "#FFC107", alpha = 0.4)
+
  geom_vline(xintercept = crit_val, linetype = "dashed") +
  annotate("text", x = 2.5, y = 0.05, label = expression(alpha), color = "#D81B60", size
= 6) +
  annotate("text", x = 0.5, y = 0.05, label = expression(beta), color = "#FFC107", size
= 6) +
  scale_color_manual(
    values = c("H0" = "black", "H1" = "#1E88E5"),
    labels = c(expression(H[0]), expression(H[a]))
  ) +
  labs(
    title = expression(paste("Regiones de Error en Hipótesis ", H[0], " y ", H[a])),
    x = "",
    y = "Densidad",
    color = "Hipótesis"
  ) +
  theme_minimal()
#Potencia Estadística vs. Tamaño de Muestra
library(pwr)
library(ggplot2)
# Simulación multivariante
n_range <- seq(5, 100, by = 5)
deltas <- c(3, 5, 7); sigmas <- c(8, 10, 12)
params <- expand.grid(n = n_range, delta = deltas, sigma = sigmas)
params$power <- mapply(function(n, d, s) pwr.t.test(n=n, d=d/s, sig.level=0.05,
type="one.sample")$power, params$n, params$delta, params$sigma)
# Gráfica final
ggplot(params, aes(x = n, y = power, color = factor(delta), linetype = factor(sigma))) +
  geom_line(size = 1) +
  geom_hline(yintercept = 0.8, linetype = "dotted", color = "grey50") +
  labs(title = "Potencia estadística vs. Tamaño de muestra",
    x = "n", y = "Potencia (1 - beta)", color = "Delta", linetype = "Sigma") +
  theme_minimal() + theme(legend.position = "bottom")
```



Inteligencia artificial, economía digital y precarización laboral en México y América Latina

Resumen

El artículo analiza cómo la inteligencia artificial, la automatización, la robótica y las plataformas digitales reconfiguran la precarización laboral en México y América Latina. A partir de una revisión documental sistemática de estudios recientes sobre trabajo, tecnologías digitales, informalidad, trayectorias laborales y regulación, se propone una lectura sociotécnica: la tecnología no produce precariedad por sí misma, sino que intensifica desigualdades preexistentes cuando se inserta en mercados laborales heterogéneos con alta informalidad, baja protección social y débiles capacidades regulatorias. Los hallazgos muestran cinco mecanismos principales: desplazamiento selectivo en tareas rutinarias, obsolescencia y reconversión desigual de habilidades, gestión algorítmica del trabajo, polarización salarial y traslado del riesgo empresarial hacia trabajadores formales vulnerables, informales o independientes. Se concluye que el problema central no es la sustitución masiva e inmediata del empleo, sino la degradación de la calidad del trabajo, la fragmentación de trayectorias ocupacionales y la insuficiencia institucional para gobernar la transición tecnológica.

Palabras clave: inteligencia artificial, precarización laboral, economía digital, informalidad, América Latina.

Abstract

This article examines how artificial intelligence, automation, robotics, and digital platforms reshape labor precarity in Mexico and Latin America. Based on a systematic documentary review of recent studies on labor, digital technologies, informality, occupational trajectories, and regulation, the paper proposes a sociotechnical interpretation: technology does not produce precarity by itself; rather, it intensifies pre-existing inequalities when embedded in heterogeneous labor markets marked by high informality, weak social protection, and limited regulatory capacity. The findings identify five main mechanisms: selective displacement of routine tasks; unequal skill obsolescence and reskilling; algorithmic management; wage polarization; and the transfer of business risks to vulnerable formal, informal, and independent workers. The article con-

Nayely Guadalupe Valenzuela Palma¹.
Helí Hassán Díaz González¹.

- (1) Tecnológico Nacional de México/
Instituto Tecnológico de Chihuahua.

Recibido: 14 de mayo de 2026

Aceptado: 16 de junio de 2026

cludes that the core issue is not immediate mass unemployment, but the deterioration of job quality, the fragmentation of occupational trajectories, and the institutional insufficiency to govern technological change.

Keywords: artificial intelligence, labor precarity, digital economy, informality, Latin America.

1 Introducción

La discusión sobre inteligencia artificial (IA) y empleo suele oscilar entre dos visiones limitadas: el determinismo tecnológico, que prevé una sustitución masiva de trabajadores, y el optimismo productivista, que asume beneficios generalizados, mejores empleos y nuevas oportunidades. En América Latina, ambas lecturas resultan parciales. La región no enfrenta la IA desde mercados laborales plenamente formalizados, con sistemas robustos de protección social y capacidades institucionales homogéneas, sino desde estructuras históricamente segmentadas, con alta informalidad, desigualdad educativa, precariedad salarial y trayectorias ocupacionales discontinuas.

La sociología del trabajo mexicana y latinoamericana ofrece una base conceptual indispensable para entender este proceso. Hualde-Alfaro y Mancini (2024) muestran que los estudios del trabajo en México se han construido en diálogo con transformaciones productivas, cambios regulatorios, informalidad y precariedad, y que las tecnologías digitales constituyen uno de los desafíos actuales del campo. Esta lectura conecta con Guadarrama, Hualde y López (2016), para quienes la precariedad laboral no puede reducirse a un indicador único, pues articula dimensiones contractuales, salariales, subjetivas, temporales y de protección social. En esa línea, Hualde Alfaro (2019, 2024) advierte que la era digital no inaugura simplemente una ruptura absoluta, sino una nueva fase de tensiones entre viejas formas de vulnerabilidad laboral y dispositivos contemporáneos de automatización, plataformización y control digital.

El problema de investigación de este artículo es el siguiente: ¿por qué la IA y las tecnologías digitales intensifican la precarización laboral en México y América Latina aun cuando no producen, de manera uniforme, una destrucción masiva de empleos? La hipótesis es que la IA actúa como tecnología de reconfiguración del trabajo: reorganiza tareas, clasifica trabajadores, automatiza segmentos de ocupaciones, debilita trayectorias, incrementa exigencias de aprendizaje y desplaza riesgos hacia sujetos con desigual capacidad de negociación. Por ello, el efecto central no debe medirse únicamente en número de empleos perdidos, sino en calidad del empleo, autonomía, in-

gresos, seguridad social, estabilidad, reconocimiento jurídico y salud psicosocial.

El objetivo del artículo es construir un estado del arte crítico sobre la relación entre IA, economía digital y precarización laboral en México y América Latina, integrando evidencia empírica regional y literatura estructural sobre precariedad, informalidad, plataformas y trayectorias laborales.

2. Metodología

El estudio se desarrolló mediante una revisión teórica y sistemática de artículos. Se integraron dos conjuntos complementarios: uno centrado en IA, precariedad laboral, México y América Latina; y otro enfocado en tecnologías de cuarta generación, trayectorias laborales disminuidas, automatización, plataformas digitales y deterioro ocupacional. Los grupos fueron seleccionados según su relevancia geográfica, enfoque tecnológico, evidencia empírica o documental, atención a trabajadores y la evaluación de resultados vinculados con precariedad, como la inseguridad en el trabajo, la informalidad, la inestabilidad en los ingresos, la pérdida de derechos, el desgaste de habilidades laborales, el estrés en el trabajo y la disminución de las condiciones laborales.

La revisión se complementó con textos estructurales de la sociología del trabajo mexicana y latinoamericana, particularmente Hualde Alfaro (2019, 2024), Hualde-Alfaro y Mancini (2024), y Guadarrama et al. (2016). Para prevenir una lectura tecnocéntrica del problema, se utilizaron estas obras como fundamento conceptual. La evidencia se organizó en una tabla analítica con cinco dimensiones: el sector afectado, la tecnología empleada, el mecanismo de precarización, la población vulnerable y la respuesta institucional.

El análisis se centró en detectar patrones convergentes entre estudios de tipo cualitativo, cuantitativo y mixto, así como mecanismos causales razonables. Esta decisión metodológica es importante, ya que el efecto laboral de la IA depende de mediaciones en los sectores ocupacionales, institucionales y sectoriales.

3. Resultados

3.1. De la precariedad clásica a la precarización socio-técnica.

La precariedad laboral en México y América Latina antecede a la IA. La literatura sobre informalidad, heterogeneidad estructural y empleos atípicos ya había mostrado que amplios segmentos de trabajadores enfrentan bajos salarios, ausencia de prestaciones, subocupación, incertidumbre contractual y

débil capacidad colectiva de defensa (Guadarrama et al., 2016; Hualde-Alfaro & Mancini, 2024). La novedad de la economía digital no consiste en crear desde cero estas condiciones, sino en reorganizarlas mediante infraestructuras tecnológicas, plataformas, algoritmos, sistemas de medición de productividad y automatización parcial de tareas.

Hualde Alfaro (2019) plantea una pregunta central: si la digitalización constituye una nueva ola de precarización o una transformación ambivalente del trabajo. La evidencia regional sugiere que ambas cosas pueden ocurrir, pero de manera desigual. En sectores intensivos en capital y conocimiento, la IA puede generar nuevos perfiles laborales; en sectores con baja protección, puede intensificar subordinación, fragmentación e incertidumbre. Hualde Alfaro (2024) profundiza este argumento al distinguir entre la promesa de inteligencia artificial y la persistencia de formas no artificiales de desigualdad: debilidad sindical, insuficiencia regulatoria, informalidad y asimetrías de poder.

La precarización sociotécnica puede definirse como el proceso mediante el cual tecnologías digitales se articulan con mercados laborales desiguales para producir deterioro en estabilidad, ingresos, derechos, autonomía y trayectorias. No es una propiedad intrínseca del algoritmo ni una consecuencia inevitable de la innovación; es el resultado de una relación social mediada por tecnología.

3.2. Automatización, alto riesgo técnico, desplazamiento selectivo.

Los estudios cuantitativos reportan riesgos significativos de automatización. Minian y Martínez Monroy (2018) estiman una alta vulnerabilidad del empleo mexicano frente a nuevas tecnologías, especialmente en ocupaciones rutinarias y sectores manufactureros. Bonavida, Brambilla y Gasparini (2022) muestran que, en América Latina, la automatización se cruza con condiciones de exposición diferenciada al teletrabajo, contagio y reemplazo de tareas, lo que afecta con mayor fuerza a trabajadores con menor escolaridad e inserciones laborales más frágiles.

Sin embargo, el riesgo técnico no equivale automáticamente a desaparición inmediata del empleo. Brambilla, César, Falcone y Gasparini (2023) encuentran que la penetración de robots en Argentina, Brasil y México tuvo efectos negativos sobre empleo, salarios e informalidad, pero concentrados en mercados locales y grupos ocupacionales específicos. La evidencia no confirma una sustitución homogénea de todo el trabajo humano, sino una recomposición desigual: algunas ramas avanzadas

absorben tecnología y empleo calificado, mientras tareas rutinarias, puestos medios y ocupaciones manuales quedan más expuestos.

La industria manufacturera mexicana ilustra esa tensión. Reyes Soto, Pérez y Gaytán (2026) relacionan IA, productividad, escolaridad y remuneraciones en ramas manufactureras, mostrando que el impacto tecnológico no puede analizarse sin considerar composición educativa y estructura salarial. Garduño Palomino (2021) documenta en maquiladoras electrónicas de Mexicali una madurez digital intermedia: la tecnología avanza, pero de forma localizada, manteniendo una brecha entre ingenieros con competencias digitales y operadores vulnerables a desplazamiento o estancamiento ocupacional.

3.3. Plataformas digitales y gestión algorítmica.

Las plataformas digitales constituyen uno de los espacios donde la precarización sociotécnica aparece con mayor claridad. Aguirre (2023) analiza repartidores de aplicaciones en Guadalajara y muestra que el trabajo a domicilio mediado por plataformas produce incertidumbre de ingresos, ausencia de protección social y dependencia de sistemas digitales de asignación y evaluación. Erreguerena (2023) añade que los repartidores no son sujetos pasivos: desarrollan resistencias comunitarias frente al individualismo promovido por las plataformas, lo que revela una tensión entre control algorítmico y organización colectiva.

El caso de Rappi en Colombia permite observar la precarización de la innovación. Elicabide, Reyes y Osorio (2024) identifican mecanismos como externalización de costos, inestabilidad del ingreso, negación de relación laboral y exposición a riesgos físicos y sociales. Atzeni (2025), al estudiar Mercado Libre y el comercio electrónico, muestra que las nuevas tecnologías logísticas no eliminan el control jerárquico; más bien lo refinan mediante datos, dispositivos móviles, metas de productividad y supervisión intensificada. Lima y Bridi (2019), desde Brasil, coinciden en que plataformas, call centers y trabajo de software expresan distintas formas de digitalización laboral, no todas equivalentes, pero sí atravesadas por nuevas modalidades de control y flexibilización.

Las plataformas no solamente organizan el mercado, sino también el tiempo, los ingresos, la subjetividad y el cuerpo del trabajador. Su poder radica en controlar el acceso a tareas, rendimiento, reputación y disponibilidad laboral. Por ende, la cuestión legal de si el trabajador es autónomo o subordinado resulta fundamental, ya que establece la posibilidad de acceder a la seguridad social, negociaciones colectivas y responsabili-

dades empresariales.

3.4. IA generativa, obsolescencia de habilidades y estrés laboral.

La IA generativa introduce un segundo tipo de precarización: no siempre elimina el puesto, pero altera el contenido del trabajo y produce presión permanente de reconversión. Mejía Pinedo, Núñez, Campos y Bernaola (2026) reportan obsolescencia de habilidades en sectores como tecnología, educación, salud, finanzas y servicios creativos, junto con necesidad de supervisión crítica de IA y aprendizaje continuo. Suárez-Carreño (2025) muestra que esta transformación también tiene efectos psicosociales: estrés, ansiedad, miedo al reemplazo y carga cognitiva en actividades como call centers, educación virtual y comunicación digital.

En educación, Sagrado y Fernández (2025) describen cómo plataformas adaptativas y sistemas digitales pueden desplazar la autonomía docente hacia tareas de gestión de datos, cumplimiento de métricas y vigilancia del desempeño. Este hallazgo conecta con una dimensión central de la precarización contemporánea: el trabajador no necesariamente pierde el empleo, pero pierde control sobre el proceso de trabajo. La precariedad se expresa entonces como subordinación técnica, intensificación, reducción del juicio profesional y dependencia de indicadores.

También en organizaciones industriales mexicanas, Villasano Jain, Cuellar Hernández, Reyes Rizo y Roesner García (2021) observan que la incorporación de IA en gestión del talento humano puede generar estrés y temor al reemplazo. La evidencia sugiere que la adaptación tecnológica no es solamente un problema de capacitación, sino de gobernanza organizacional: quién decide qué se automatiza, cómo se mide el desempeño, qué derechos se preservan y cómo se distribuyen los beneficios de productividad.

3.5. Informalidad como amortiguador precario.

Un hallazgo central para América Latina es que la informalidad puede impedir aumentos visibles de desempleo abierto, aunque a costa de incorporar trabajadores en condiciones laborales más precarias. Brambilla et al. (2023) muestran que la exposición a robots puede aumentar la informalidad y reducir salarios en mercados locales. Bonavida et al. (2022) encuentran que trabajadores informales, con menor educación y menores ingresos, son más vulnerables ante la automatización y las crisis. Este patrón confirma la utilidad de leer la IA desde la heterogeneidad estructural regional y no desde modelos laborales de economías centrales.

La informalidad opera como válvula de escape: recibe trabajadores desplazados, jóvenes sin inserción estable, migrantes, repartidores, freelancers y trabajadores por cuenta propia. Pero esa absorción no equivale a protección. Gallegos y Farerra (2022) describen el freelance digital como espacio de oportunidad y precariedad simultáneas; Areous (2020) plantea la necesidad de regular ocupaciones emergentes en la economía digital mexicana; Palacios Núñez y Constandce Charco (2024) vinculan informalidad, desarrollo tecnológico y precariedad en México. Así, el problema no es solo cuántos empleos se destruyen, sino qué tipo de trayectorias quedan disponibles para quienes no acceden a empleos formales digitalmente protegidos.

3.6. Regulación, derechos laborales y desigualdad institucional.

La respuesta institucional aparece rezagada frente a la velocidad tecnológica. Torres Chávez y Medina Romero (2025), así como Camacho y Herrera (2026), señalan que la adopción de IA tensiona las relaciones laborales latinoamericanas y exige actualizar marcos de derechos. Chávez y Romero (2025) examinan la transición de derechos laborales en México frente a la IA empresarial, mientras Bermúdez y Pérez (2019) discuten la necesidad de repensar la seguridad social en contextos de industria 4.0.

En Ecuador, Coloma-Armijos, Maldonado-Valle, Chicaiza-Flores y Narváez-Montenegro (2024) analizan la vulneración del derecho al trabajo por uso de IA en el sistema judicial; Carvajal Segovia, Hidalgo Cajo y Romero Flores (2024) amplían esa discusión en el campo jurídico; Valencia-Moreira y Romero-Morán (2025) identifican vacíos regulatorios. En Costa Rica, Rosales Robles (2025) señala barreras estructurales y culturales para integrar automatización e IA sin profundizar desigualdades. En Perú, Morales (2021) y Armas Morales (2021) advierten que la legislación laboral se encuentra desfasada frente a transformaciones tecnológicas empresariales.

Estas aportaciones muestran que la precarización no depende únicamente del progreso tecnológico, sino también de la habilidad de los gobiernos para transformar la productividad en derechos. Sin regulación, la IA tiene el potencial de actuar como un mecanismo para disminuir los costos laborales; en cambio, con regulación, capacitación y negociación, puede transformarse en un instrumento que mejore la productividad y brinde protección social.

Tabla 1. Mecanismos de precarización sociotécnica identificados

Mecanismo	Expresión Laboral	Autores Vinculados
Automatización Física	Desplazamiento selectivo, informalidad, presión salarial	Minian y Martínez Monroy (2018); Brambilla et al. (2023); Bonavida et al. (2022)
Gestión Algorítmica	Control por métricas, reputación, asignación digital de tareas	Aguirre (2023); Atzeni (2025); Erreguerena (2023); Elicabide et al. (2024)
Obsolescencia de Habilidades	Reconversión desigual, deskilling, aprendizaje forzado	Mejía Pinedo et al. (2026); Sagrado y Fernández (2025); Villasano Jain et al. (2021)
Informalidad como Amortiguador	Absorción de desplazados con baja protección social	Guadarrama et al. (2016); Hualde-Alfaro y Mancini (2024); Brambilla et al. (2023)
Rezago Regulatorio	Incertidumbre jurídica, ausencia de seguridad social, débil inspección	Chávez y Romero (2025); Torres Chávez y Medina Romero (2025); Valencia-Moreira Romero-Morán (2025) y Coloma-Armijos (2024)

Elaboración propia con base en la literatura.

4. Discusión

El estado del arte muestra que los altos riesgos de automatización no se traducen necesariamente en desempleo masivo. La IA afecta primero tareas, procesos y formas de control antes que ocupaciones completas. Como señaló Hualde Alfaro (2019), una tarea automatizable no implica la eliminación inmediata del empleo debido a costos, barreras organizacionales, regulación, resistencia laboral o necesidad de interacción humana. Sin embargo, el trabajo puede mantenerse mientras pierde autonomía, estabilidad,

salario o contenido profesional.

La principal aportación de este artículo es el concepto de la precarización sociotécnica, entendido como la combinación entre innovación tecnológica y desigualdades laborales preexistentes. En América Latina, la alta informalidad permite que el impacto tecnológico no siempre aparezca como desempleo abierto, sino como desplazamiento hacia autoempleo, plataformas digitales, ocupaciones temporales y trabajos con baja protección social.

La evidencia también revela una fuerte segmentación. Los trabajadores con educación superior, acceso digital y empleos formales pueden beneficiarse mediante mayores niveles de productividad y nuevas especializaciones. En contraste, trabajadores de baja escolaridad, ocupaciones rutinarias, plataformas digitales e informalidad enfrentan mayores riesgos de exclusión o reconversión forzada. Esta diferencia confirma que la IA no distribuye sus efectos de manera neutral: se acopla a jerarquías previas de clase, género, edad, territorio, educación y estatus ocupacional.

Por ello, el debate sobre IA requiere regulación orientada a la justicia laboral mediante transparencia algorítmica, protección social, capacitación y mecanismos de negociación colec-

tiva. Sin estas medidas, los beneficios tecnológicos tenderán a concentrarse mientras los riesgos se distribuyen socialmente.

5. Conclusiones

La IA y las tecnologías digitales no inauguran la precariedad laboral en México y América Latina; la reconfiguran, intensifican y vuelven más difícil de observar mediante mecanismos sociotécnicos. El hallazgo central es que la región no enfrenta una simple elección entre empleo humano y máquina, sino una transformación de tareas, controles, competencias, derechos y trayectorias laborales.

El desplazamiento laboral existe, sobre todo en tareas rutinarias, manufactura, logística y ocupaciones de baja calificación. Sin embargo, el impacto más extendido es la degradación de la calidad del trabajo: salarios polarizados, presión de productividad, estrés, obsolescencia de habilidades, informalización, pérdida de autonomía y subordinación algorítmica. La informalidad funciona como amortiguador estadístico del desempleo, pero también como mecanismo estructural de precarización.

El estado del arte permite concluir que la pregunta relevante no es si la IA destruirá todos los empleos, sino bajo qué instituciones, reglas y relaciones de poder se incorporará al trabajo. Si la transición digital se deja al mercado, aumentará la desigualdad laboral. Si se gobierna mediante regulación, formación, negociación colectiva y protección social, puede convertirse en una oportunidad de modernización con justicia laboral. Para México y América Latina, el desafío no es solo tecnológico; es más bien político, institucional y profundamente social.

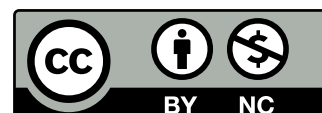
Referencias

- Aguirre, E. D. P. (2023). Precariedad a domicilio: plataformas digitales y precarización del trabajo en repartidores de aplicaciones digitales en la Zona Metropolitana de Guadalajara. *Vínculos. Sociología, Análisis y Opinión*. <https://doi.org/10.32870/vinculos.v4i8.7680>
- Areous, G. I. B. (2020). Ocupaciones emergentes en la economía digital y su regulación en México.
- Armas Morales, C. A. (2021). La inteligencia artificial en empresas peruanas y sus impactos laborales.
- Atzeni, M. (2025). Mercado Libre y el uso de nuevas tecnologías en el e-commerce: ¿qué consecuencias tiene para los trabajadores? *Observatorio Económico*. <https://doi.org/10.11565/oe.v1i203.594>
- Bermúdez, G. M., & Pérez, E. L. (2019). Nuevo modelo de seguridad

social en el contexto de la industria 4.0.

- Bonavida, C., Brambilla, I., & Gasparini, L. (2022). Automatización y pandemia: Amenazas sobre el empleo en América Latina. *Revista de Análisis Económico*. <https://doi.org/10.4067/S0718-88702022000100027>
- Brambilla, I., César, A., Falcone, G., & Gasparini, L. (2023). The impact of robots in Latin America: Evidence from local labor markets. *World Development*. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2023.106271>
- Camacho, E. G. G., & Herrera, M. T. C. (2026). Trabajo en tiempos de IA: El impacto en las relaciones laborales latinoamericanas. *Reflexiones Contables (Cúcuta)*. <https://doi.org/10.22463/26655543.5091>
- Carvajal Segovia, M. F., Hidalgo Cajo, B. G., & Romero Flores, M. L. (2024). Inteligencia artificial y derecho al trabajo en sistemas judiciales latinoamericanos.
- Chávez, T. H. T., & Romero, M. Á. M. (2025). La transición de los derechos laborales en México ante la adopción de inteligencia artificial en las empresas. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*. <https://doi.org/10.56712/latam.v6i4.4540>
- Coloma-Armijos, J. A., Maldonado-Valle, K. J., Chicaiza-Flores, M. J., & Narváez-Montenegro, B. D. (2024). Vulneración del derecho al trabajo por el uso de la IA en el sistema judicial. *Verdad y Derecho. Revista Arbitrada de Ciencias Jurídicas y Sociales*. <https://doi.org/10.62574/bs4gv663>
- Elicabide, L. C. M., Reyes, N. A. M., & Osorio, S. A. (2024). La precarización laboral de la innovación, el caso de Rappi en Colombia. *Estudios Sociológicos de El Colegio de México*. <https://doi.org/10.24201/es.2024v42.e2707>
- Erreguerena, J. O. (2023). Repartidores de aplicación en México: entre el individualismo imaginado de las plataformas y las resistencias comunitarias de los trabajadores. *Espiral. Estudios sobre Estado y Sociedad*. <https://doi.org/10.32870/eees.v30i88.7319>
- Gallegos, A. A. C., & Farrera, R. A. M. (2022). El freelance. Espacios laborales en las redes sociales e internet. *Transdigital*. <https://doi.org/10.56162/transdigital135>
- Garduño Palomino, K. Y. (2021). Industria 4.0, maquiladoras electrónicas y empleo en Mexicali.
- Guadarrama, R., Hualde, A., & López, S. (2016). La precariedad laboral en México: Dimensiones, dinámicas y significados. *El Colegio de la Frontera Norte*.
- Hualde Alfaro, A. (2019). El trabajo y el empleo en la era digital: ¿Una nueva ola de precarización? *QUIT Working Paper Series*, 24.
- Hualde Alfaro, A. (2024). No toda la inteligencia es artificial: Viejas y nuevas formas de precarización en la economía digital. *Cuestiones de Sociología*, (30), e171.
- Hualde-Alfaro, A., & Mancini, F. (2024). Los estudios del trabajo en México: de los retos del presente a las incertidumbres del futuro. *Espiral (Guadalajara)*, 31(90), 49–85. <https://doi.org/10.32870/eees.v30i88.7319>

- org/10.32870/eees.v3i1i90.7371
- Lima, J. C., & Bridi, M. A. (2019). Trabajo digital, plataformas y nuevas formas de control laboral en Brasil.
- Mejía Pinedo, D. A., Núñez, C. O., Campos, M. D. V., & Bernaola, L. R. A. (2026). Impacto de la inteligencia artificial generativa en la empleabilidad y reconversión laboral: Un análisis sectorial. *Revista Tribunal*. <https://doi.org/10.59659/revistatribunal.v6i14.360>
- Minian, I., & Martínez Monroy, Á. (2018). El impacto de las nuevas tecnologías en el empleo en México. *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 49(195). <https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2018.195.64001>
- Morales, C. A. (2021). Inteligencia artificial, empresas peruanas y regulación laboral.
- Palacios Núñez, G., & Constandce Charco, I. A. (2024). Informalidad, precariedad laboral y estrategias de desarrollo tecnológico en México.
- Reyes Soto, J. E., Pérez, D. Y. V., & Gaytán, M. P. (2026). El impacto de la inteligencia artificial en los niveles educativos, productividad y remuneraciones de la industria manufacturera mexicana. *Portes: Revista Mexicana de Estudios sobre la Cuenca del Pacífico*. <https://doi.org/10.53897/revportes.2026.06.09>
- Rosales Robles, R. (2025). Automatización, inteligencia artificial y barreras estructurales de integración laboral en Costa Rica.
- Sagrado, A. L., & Fernández, C. G. (2025). Capitalismo digital y educación: La precarización docente en la red estatal de enseñanza del estado de Paraná, Brasil. *Revista Española de Educación Comparada*. <https://doi.org/10.5944/reec.48.2025.45389>
- Suárez-Carreño, F. (2025). Generative artificial intelligence and labor transformation in Latin America: An analysis of stress and anxiety in the new work environment. *Noesis*. <https://doi.org/10.47460/noesis.v2i3.21>
- Torres Chávez, T. H., & Medina Romero, M. Á. (2025). La transición de los derechos laborales en México ante la adopción de inteligencia artificial en las empresas. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*. <https://doi.org/10.56712/latam.v6i4.4540>
- Valencia-Moreira, M., & Romero-Morán, M. (2025). Regulación laboral e inteligencia artificial en Ecuador.
- Villasano Jain, M. L., Cuellar Hernández, H., Reyes Rizo, R. A., & Roesner García, H. E. (2021). Repercusión de la inteligencia artificial en el ámbito de la gestión del talento humano en las organizaciones. *Revista Relayn - Micro y Pequeñas Empresas en Latinoamérica*, 5(3), 62–77. <https://doi.org/10.46990/relayn.2021.5.3.185>



Educación para la paz en contextos de violencia estructural: Cátedra UNESCO Ciudadanía activa por la paz en el Norte de México de la UACH

Paola Juárez¹.
Nithia Castorena
Sáenz¹.
Ángel Sánchez¹.

- (1) Facultad de
Filosofía y Letras/
Universidad
Autónoma de
Chihuahua

Recibido: 15 de mayo
de 2026

Aceptado: 15 de
junio de 2026

Resumen

El presente artículo analiza la relevancia de la Cátedra UNESCO Ciudadanía activa por la paz en el Norte de México de la Universidad Autónoma de Chihuahua en contextos de violencia estructural. El objetivo es evidenciar la imperiosa necesidad de espacios académicos que promuevan la educación para la paz como práctica situada, así mismo, se pretende reflexionar acerca de los alcances y limitaciones de esta iniciativa. Se propone, además, una comprensión de la paz como proceso imperfecto, colectivo y en permanente construcción, más allá de enfoques abstractos o idealizados. Metodológicamente, el trabajo se sustenta en el análisis de informes institucionales de la Cátedra, la revisión de literatura especializada en cultura de paz y en una entrevista semiestructurada con la coordinadora del programa.

Palabras clave: Norte de México, Violencia estructural, Cultura de paz, Historia institucional, Ciudadanía.

Abstract

This article analyzes the relevance of the UNESCO Chair for the Construction of Citizenship and a Culture of Peace at University Autonomous of Chihuahua in contexts of structural violence, particularly in northern Mexico. Its aim is to highlight the pressing need for academic spaces that promote peace education as a situated practice, while also reflecting on the scope and limitations of this initiative. Furthermore, it proposes an understanding of peace as an imperfect, collective, and continuously evolving process, moving beyond abstract or idealized approaches. Methodologically, the study is based on the analysis of the Chair's institutional reports, a review of specialized literature on the culture of peace, and a semi-structured interview with the program's director.

Keywords: Northern México, Structural violence, Peace culture, Institutional history, Civic responsibility.

Introducción

La construcción de paz implica asumir un proceso imperfecto, colectivo y en permanente construcción, más allá de enfoques

abstractos o idealizados. De tal modo, este artículo tiene como objetivo mostrar uno de estos esfuerzos, implementado en la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Autónoma de Chihuahua. La Cátedra Ciudadanía activa por la paz en el Norte de México empezó a proyectarse desde la Secretaría de Investigación y Posgrado (FFyL) en el 2021, el proceso concluyó en 2022 con la firma de un convenio entre UNESCO y la Universidad.

Esta Cátedra tiene por objetivo promover la formación de ciudadanía para la prevención de las violencias, contribuyendo al cambio social en materia de paz e inclusión mediante la educación en el Norte de México. Está orientada a reforzar el trabajo de investigación realizado para contribuir a la formación de investigadores en estos ámbitos, así como propiciar el diálogo con los distintos sectores de la sociedad, apoyando la formulación de políticas públicas en la materia. Además de impulsar el respeto a los derechos de las personas y favorecer el desarrollo de una sociedad más democrática, igualitaria, plural y con perspectiva de género.

Hablar de violencia no debe reducirse a actos excepcionales, pues ésta se inserta en una compleja red de relaciones de poder en continuo funcionamiento. Las instituciones modernas producen sujetos a través de técnicas de disciplina que organizan tanto el espacio, como el tiempo y la subjetividad sobre los cuerpos (Foucault, 2002). En la historia contemporánea mexicana, el estado de Chihuahua se ha caracterizado por la presencia recurrente de diversas violencias derivadas de la operación de grupos de la delincuencia organizada, pero también por aquellas reiteradas originadas en estructuras sociales, como la violencia de género. Según la Encuesta Nacional de Victimización y Percepción sobre la Seguridad Pública (ENVIPE), en Chihuahua durante 2025 se registraron más de medio millón de víctimas de la comisión de algún delito violento, lo que implica un 20.6% relativo de la población. Esto implicaría que 1 de 5 personas ha experimentado, de forma material, las consecuencias de la violencia estructural que impera en nuestras sociedades. Así, la urgencia por la construcción de una cultura de paz aparece como apremiante en todos los sectores de la vida pública.

En los siguientes párrafos presentaremos –a la luz de un marco teórico ecléctico que retoma nociones de estudios de las paces con historia y política– lo que consideramos como una estrategia valiosa al interior de la Universidad Autónoma de Chihuahua, la Cátedra UNESCO Ciudadanía activa por la paz en el Norte de México.

“Para los conflictos del presente tenemos mediación, para los del pasado tenemos reconciliación, y para las situaciones futuras tenemos una cultura de paz.”

Johan Galtung

Materiales y Métodos

Metodológicamente el trabajo se sustenta en el análisis de informes institucionales de la Cátedra, la revisión de literatura especializada en cultura de paz y en una entrevista semiestructurada con la coordinadora del programa; la entrevista se utiliza aquí como un mecanismo para recuperar información institucional de primera mano sobre el origen, desarrollo, objetivos, actividades, logros y retos de la Cátedra, complementando la documentación existente y aportando elementos que no siempre quedan registrados en fuentes escritas; se analizará a partir de categorías relacionadas con estrategias de implementación, alcances y desafíos de la Cátedra para identificar convergencias, aportar la perspectiva personal de quien la dirige y enriquecer la interpretación los resultados.

Los estudios de paz se han relacionado tradicionalmente con estudios alrededor de las violencias. Sin embargo, una vez emprendido su propio sendero de creación conceptual, los estudios de paz desarrollaron un abundante y sólido entramado teórico para su propio entendimiento. Sin embargo, una cuestión que consideramos medular, tiene que ver con las estructuras sociales.

Aunque es posible ubicar el origen del estructuralismo como un movimiento teórico en la Francia de la década de 1960, las ideas que lo hicieron germinar iniciarían desde más de una década antes. En 1949 Lévi-Strauss, desde la antropología, publicó su teoría de las estructuras parentales, a partir de las nociones de lingüística estructural, la cual aplica y propone el método fonológico de la lingüística estructural de Jakobson, a la etnología. De este modo, Lévi-Strauss se alejó del concepto funcionalista de estructura dándole un nuevo giro sobre la base de la lingüística, y propuso observar cómo la sociedad está estructurada y en base a qué está estructurada.

Por su parte, en 1952 Frantz Fanon concluyó que: “Un hombre que posee el lenguaje posee por consecuencia el mundo que expresa e implica ese lenguaje” (pág. 50). De lo que se desprende que “Hablar una lengua es asumir un mundo, una cultura” (pág. 62). Fanon sostiene que hablar implica asumir una cultura, soportar la presión de la civilización de la que la lengua proviene. O sea que en la lengua se encuentra el sistema simbólico del dominador, tal como si la lengua fuese un caballo de Troya. Ahora, en cuanto a los estudios sobre las paces, uno de los principales autores es el noruego Johan Galtung (Oslo, 1930), pionero de los estudios para la paz y uno de sus más importantes teóricos. En 1959 fundó en Oslo el Instituto de Investigación para la Paz Internacional, primer centro mundial dedicado a

este ámbito del conocimiento. Su obra puede entenderse a la luz de tres nociones principales: la Teoría del conflicto, que considera el conflicto como naturaleza. La Teoría de la violencia, de la que distingue entre violencia directa, estructural y cultural. Y por último la Teoría de la paz, que plantea la existencia de una paz positiva y una paz negativa.

La paz negativa es la ausencia de violencia o de miedo a la violencia. Mientras que la paz positiva es el conjunto de actitudes, instituciones y estructuras que crean y sostienen a las sociedades pacíficas. En 1964 Johan Galtung contrastará ambos conceptos, para explicar que la paz negativa es la ausencia de violencia directa, es decir, de manifestaciones palpables y perceptibles de violencia; en tanto que la paz positiva implica el bienestar social generado cuando las condiciones socio políticas y económicas permiten calidad de vida. (Castorena, 2026) Por otra parte, Francisco Muñoz habla de una paz imperfecta, mediante la cual expone esos momentos en la historia de las relaciones entre seres humanos que han ejercido sus capacidades para vivir en paz, de las diversas formas en que se hacen desde la diversidad de pueblos, culturas y creencias; aún en contextos históricos y regionales que han sido hostiles e incluso violentos (Muñoz, 2009).

Lejos de la consideración de una única paz absoluta –impuesta por un grupo de seres humanos a otros– esta noción permite la atención a las diversas formas de hacer las paces que siempre se estarán en construcción y movimiento. De ahí, como veremos, la adjetivación de las paces como imperfectas, se plantea en un sentido positivo.

Más allá de estas primeras reflexiones, en 2009 Francisco Muñoz introduce el concepto de justicia social como la condición transversal, naturalmente necesaria para alcanzar cualquier tipo de paz en cualquier tipo de sociedad, explicando que la justicia como herramienta y metodología es la condición central imperativa para poder alcanzar cualquier tipo de paz duradera. Establece que la justicia social es la piedra angular de la paz que se desea alcanzar más allá de los niveles superficiales. Por otra parte, la propuesta de “paz imperfecta” desarrollada por Francisco Muñoz (2001 y 2004) enfatiza la importancia de visibilizar, reconocer y analizar experiencias relacionadas a ésta. Experiencias de altruismo, compasión, solidaridad, cooperación, reconocimiento o cuidado –entre otras–, que a pesar de formar parte de la historia de la humanidad no han sido objeto central de estudio, ni para las ciencias humanas y sociales en general ni para la investigación para la paz de noción más tradicional. Reconocer esas experiencias de paz, esas capaci-

dades humanas, nos recuerda que “es real que, si queremos, podemos hacer las paces” (Martínez Guzmán, 2005 b: 158) y que, por tanto, siguiendo la famosa tesis del profesor Vicente Martínez Guzmán, no tenemos excusa, sino responsabilidad.

Resultados

Desde su establecimiento, en 2022, la Cátedra ha desarrollado actividades diversas involucrándose por una parte en el ámbito educativo, a saber, con el diseño y puesta en marcha del Diplomado “Andamios por la paz” Ciudadanía activa por la paz en el Norte de México. En esta cursada (agosto-diciembre del 2023), 25 estudiantes obtuvieron su diploma. La mayoría de quienes cursaron este programa pertenecían a diferentes instituciones públicas dedicadas a la seguridad pública, en el nivel municipal y estatal, así como a organizaciones de la sociedad civil relacionadas con temas de derechos humanos.

Además de esto, de acuerdo con el último informe de la Cátedra, ésta ha tenido participación –como ponente o como parte del equipo organizador– en más de 15 eventos académicos locales, nacionales o internacionales. La mayoría de estos se realizaron en espacios de Instituciones de Educación Superior (Informe Cátedra UNESCO, 2025)

En acciones de comunicación para la paz, la Cátedra ha gestionado, organizado y desarrollado múltiples presentaciones de libros, de este modo la Cátedra contribuye a la generación de espacios de sensibilización y promoción del respeto a la diversidad cultural, los derechos humanos y con ello, la paz.

En el ámbito de prevención de las violencias, en colaboración con la Secretaría de Cultura local se realizó la convocatoria “Historias compartidas. Narrativas de mujeres que persistieron a las violencias en Chihuahua” a nivel estatal. En ésta se invitó a mujeres que hubieran atravesado por una situación de violencia, y que se sintieran listas para contar su historia, a escribirla. A partir de esto se trabajó en la edición e integración de un libro con las historias que compartieron un grupo de mujeres sobre las situaciones de violencia que experimentaron, y cómo perseveraron ante éstas. Además de ser parte medular en el diseño y promoción de la convocatoria, desde la Cátedra se proyectó una estrategia particular de edición y corrección de estilo que permitiese conocer las historias de primera mano, pero coadyuvando a dimensionar de forma más precisa su inteligibilidad para un público general (Castorena, 2025).

Esto a la vez es una forma de poner al servicio de la comunidad la expertise académica, además de contribuir a políticas públicas sensibles a los impactos profundos de las violencias de género en la sociedad chihuahuense. Como es posible desprender

de lo anterior, esta es sobre todo una estrategia de prevención de las violencias hacia las mujeres que contribuye a dimensionar las formas en que pueden verse envuelta en una relación sexoafectiva con una pareja violenta. Como instituciones invitadas se encontraron el Instituto Chihuahuense de las Mujeres, el Centro de Justicia para las Mujeres en Chihuahua, la Fiscalía Especializada en Delitos de Género y la Comisión Ejecutiva de Atención a Víctimas en el Estado de Chihuahua.

En cuanto a colaboración interinstitucional la Cátedra se incorporó a la Red de Universidades por la paz de ANUIES (desde agosto 2023). Dentro de ésta ha tenido una especial participación en la Vocalía de paz y género, a través de la cual fue co-convocante del Seminario de Autoetnografías desde la paz y el género, en conjunto con la Red y el Centro Universitario Tonalá de la Universidad de Guadalajara.

Finalmente, tras una ardua evaluación por parte de UNESCO, se determinó la renovación de la vigencia de la Cátedra Ciudadanía activa por la paz en el Norte de México, hasta el año 2030.

Discusión

En el marco de la discusión acerca de la Cátedra UNESCO y la cultura de paz, es fundamental problematizar la noción misma de paz y su relación con los procesos formativos orientados a la gestión de conflictos. La paz — se reitera — no debe entenderse como un estado estático o idealizado, sino que emerge de una construcción dinámica, situada y profundamente relacional. Es decir, educar para gestionar conflictos sin violencia no implica erradicar el conflicto, sino resignificarlo como parte constitutiva de la vida social.

Desde la perspectiva de la coordinación de la Cátedra: “uno de los grandes retos es esta perversión de la idea de paz como silencio, como ausencia, como soledad [...] es muy pobre decir que la paz es solamente que no haya conflicto, porque, además, el conflicto también es parte de los estudios de paz, es inherente a la humanidad; va a haber conflicto con una diferencia de ideas o de posturas y tiene que ser así —y qué bueno que sea así— tenemos que poder abrazar ese conflicto, que ocurra sin que eso implique violencia ¿cómo resolvemos un conflicto sin violencia? pues hay un montón de formas” (Castorena, 2026). Esta distinción —en línea con los planteamientos de Johan Galtung— permite comprender que el conflicto no solo es inevitable, sino potencialmente productivo. La educación para la paz debe centrarse en desarrollar herramientas para tramitar desacuerdos sin recurrir a la violencia, más que en intentar

suprimirlos: “hay que ampliar la idea de cultura de paz, que no se limita a programas formales, sino que se construye en lo cotidiano, en lo colectivo. Un grupo de música, reunirse para ir a senderear a los cerros [...] presentaciones de libros, conferencias o encuentros se convierten en espacios formativos y transformadores [...]” (Castorena, 2026). Ya no se trata solo de transmitir contenidos normativos sobre convivencia, sino de generar experiencias colectivas donde el disenso pueda ser expresado, escuchado y trabajado. La cultura de paz se vincula directamente con prácticas concretas. Tal como se menciona, “Una reunión pública colectiva, un grupo de personas reunidas en torno a una idea, eso ya es cultura de paz”. (Castorena 2026).

Por otra parte, la construcción de paz no ocurre en el vacío, sino que debe estar situada. La coordinación de la Cátedra UNESCO cuestiona la posibilidad de modelos universales aplicables de manera homogénea: “no puedes desarrollar un concepto de paz y exportarlo [...] no hay un molde [...] cada región tiene que construir su modelo”. Esto es particularmente relevante en contextos como el norte de México, donde las dinámicas sociales, históricas y políticas requieren condiciones muy específicas para la construcción de paz. Chihuahua tiene una tradición de organización social, resistencia y denuncia —en el caso de los feminicidios, por ejemplo— Desde la coordinación se afirma: “el hecho de que la Cátedra esté en el norte de México es una gran potencia”. Se presenta como una oportunidad para construir respuestas pertinentes en un espacio que requiere esos esfuerzos (Castorena 2026).

No obstante, esta construcción localizada requiere necesariamente de articulaciones más amplias. La creación de redes es una estrategia para potenciar el alcance de las iniciativas. La Cátedra reconoce el desafío de “alcanzar a otras universidades del norte de México” y plantea que “sería precioso tener una red del norte de México”. Ya se ha comenzado: “compartir ideas con candidatos a puestos de elección popular, talleres de organizaciones, de sociedad civil [...] la participación en la red de paz de ANUIES, la vocalidad de paz y género [...] tuvimos un seminario de un año completo con las colegas de universidades de la Ciudad de México, de Guadalajara, FLACSO [...]” (Castorena 2026). Las redes permiten no solo compartir experiencias, sino también generar sinergias que amplifiquen el impacto de acciones que, de manera aislada, resultarían limitadas.

La Cátedra Ciudadanía activa por la paz en el Norte de México se concibe entonces no sólo como un dispositivo institucional, sino como articuladora de prácticas, saberes y actores en tor-

no a la cultura de paz. Su potencial transformador radica en la capacidad de conectar lo cotidiano con lo conceptual, lo local con lo regional, y el conflicto con la posibilidad de cambio para bien.

Conclusiones

En cuanto a recomendaciones, es posible destacar que aunque la gestión de la Cátedra ha sido exitosa hasta el momento, debe mantenerse un programa de publicaciones que incluya reflexiones en torno a la aplicación de un marco efectivo de derechos humanos a nivel local y regional.

Además, en cuanto a construcción de cultura de paz, debe procurarse la incidencia con medios de comunicación locales, considerándolos sujetos medulares en ésta. Dicha aproximación deberá plantearse desde la multi e interdisciplina, así la solidez de esta incidencia se constituirá como una estrategia de prevención de las violencias.

En la participación que la Cátedra tiene dentro de la Red de Universidades por la paz de ANUIES, se encuentra también la posibilidad de desarrollar un programa de conferencias y seminarios especializados en conjunto con otros grupos o instituciones que aborden temas similares y compartan sus experiencias regionales.

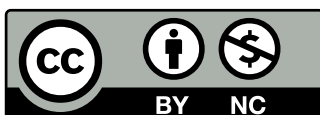
En cuanto a resultados y como se advertía en apartados anteriores: la paz se construye regionalmente por lo que no es posible considerar recetas universales que lo único que requieran es su aplicación, sino que habrá que desentramar las particularidades de cada región que anhele esto. Esto es lo que la Cátedra ha desarrollado hasta el momento.

Por último, la Cátedra ha trascendido su dimensión institucional para asumirse como un actor social que interviene en su contexto, a la vez que enfrenta retos relacionados con los recursos y el alcance de sus acciones. Funciona como espacio de reflexión e innovación conceptual, donde la paz activa, la paz situada y el conflicto –entendido como oportunidad– permiten repensar críticamente las formas tradicionales de abordar la construcción de paz.

Referencias

- Bourdieu, P. (1998). *Capital cultural, escuela y espacio social*. Siglo XXI.
- Castorena-Sáenz, N. (coord.) (2025) *Historias compartidas. Narrativas de mujeres que prevalecieron a las violencias en Chihuahua*, Secretaría de Cultura de Chihuahua, Chihuahua

- Encuesta Nacional de Victimización y Percepción sobre la Seguridad Pública (ENVIPE) (2025) [https://chihuahua.gob.mx/sites/default/attach2/html-generico/adjuntos/2026-02/ENVIPE 2025 Chihuahua.pdf](https://chihuahua.gob.mx/sites/default/attach2/html-generico/adjuntos/2026-02/ENVIPE_2025_Chihuahua.pdf)
- Fanon, F. (1952) *Piel negra, máscaras blancas*, Akal, Barcelona.
- Foucault, M. (2002). *Vigilar y castigar: nacimiento de la prisión*. Siglo XXI Editores.
- FFyL (2023) Informe Cátedra UNESCO Ciudadanía activa por la paz en el Norte de México, UACH.
- FFyL (2024) Informe del Diplomado “Andamios por la paz”, Cátedra UNESCO Ciudadanía activa por la paz en el Norte de México, UACH.
- FFyL (2025) Informe Cátedra UNESCO Ciudadanía activa por la paz en el Norte de México, UACH.
- FFyL (2025) Informe de evaluación Cátedra UNESCO Ciudadanía activa por la paz en el Norte de México, UACH.
- Galtung, J. (1990). Cultural violence. *Journal of Peace Research*, 27(3), 291–305.
- Lévi-Strauss, C. (1969) *Las estructuras elementales del parentesco*, Paidós, Barcelona.
- Muñoz, F. (2001), *La paz imperfecta*, España: Universidad de Granada.
- Muñoz, F. (2004), “Paz Imperfecta”, en López Martínez, Mario [ed.], *Enciclopedia de Paz y Conflictos*, vol. 2, España: Universidad de Granada.
- Muñoz, F. y Molina, B. (2009), “Pax Orbis. Complejidad e Imperfección de la Paz”, en Muñoz, F. y Molina, B. [eds.], *Pax Orbis, Complejidad y conflictividad de la paz*, España: Universidad de Granada.
- Entrevista a Nithia Castorena-Sáenz (Coordinadora de la Cátedra UNESCO Ciudadanía activa por la paz en el Norte de México) por Paola Juárez, Chihuahua, 12 de mayo de 2026.



Digital Hoarding Académico en México

Resumen

La transición hacia la digitalización en las Instituciones de Educación Superior (IES) de México ha transformado el almacenamiento de información de una ventaja competitiva a un desafío infraestructural y psicológico conocido como Digital Hoarding (DH). Este fenómeno se caracteriza por la adquisición compulsiva y la incapacidad de eliminar contenidos virtuales que han perdido su utilidad. El presente artículo analiza la evolución de este comportamiento en el entorno académico, explorando sus causas desde el Fear of Missing Out (FoMO) hasta el impacto de los cambios en las políticas de almacenamiento en la nube implementadas en 2025. Concluyendo la importancia de promover una cultura de higiene digital y curaduría de datos para garantizar la sostenibilidad y seguridad de los ecosistemas informáticos universitarios.

Palabras clave: Digital Hoarding, educación superior, salud mental, ciberseguridad, higiene digital.

Abstract

The transition toward digitalization in Mexican Higher Education Institutions (HEIs) has transformed information storage from a competitive advantage into an infrastructural and psychological challenge known as Digital Hoarding (DH). This phenomenon is characterized by the compulsive acquisition and the inability to delete virtual content that has lost its utility. This article analyzes the evolution of this behavior within the academic environment, exploring its causes from Fear of Missing Out (FoMO) to the impact of cloud storage policy changes implemented in 2025. The study concludes by emphasizing the importance of promoting a culture of digital hygiene and data curation to ensure the sustainability and security of university IT ecosystems.

Keywords: Digital Hoarding, higher education, mental health, cybersecurity, digital hygiene.

Introducción

La gestión de la información digital surgió como una prioridad estratégica global a finales del siglo XX, consolidándose formalmente en 2003 con la Declaración de Principios de la Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información. En este foro se estableció que la capacidad de acceder, compartir y uti-

Luis Fernando Triana Castro¹.
Helí Hassán Díaz González¹.
Sergio Armando Quiñonez Linss¹.

- (1) Tecnológico Nacional de México/
Instituto Tecnológico de Chihuahua.

Recibido: 11 de mayo de 2026

Aceptado: 18 de junio de 2026

lizar la información era un pilar fundamental para el desarrollo económico y humano, posicionando las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en el núcleo de las políticas educativas internacionales (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2003). Con esto, las universidades adoptaron la digitalización como el entorno natural para la generación del conocimiento científico.

El paradigma de la disponibilidad permanente y acceso irrestricto ha derivado en un fenómeno colateral no previsto en las proyecciones iniciales: el Digital Hoarding (DH). Este comportamiento se define como la adquisición compulsiva y la incapacidad de eliminar contenidos virtuales que han perdido su valor utilitario. Lo que inició como un hábito individual de gestión de archivos ha trascendido hasta convertirse en un desafío infraestructural y de salud mental para las IES en México (Gormley, 2012; Sedera et al., 2019).

En la década de 2010, la masificación de los servicios de computación en la nube alimentó la percepción del almacenamiento digital como un recurso infinito y de bajo costo. De esta manera, se incentivó en la comunidad académica una cultura de archivo maestro, donde la acumulación de artículos, bases de datos, grabaciones y correos institucionales comenzó a ser valorada como un indicador de capital intelectual. En este periodo, poseer el dato se confundió con el proceso cognitivo de asimilación del conocimiento, asumiendo que el almacenamiento era equivalente al aprendizaje (McKnight, 2019).

El punto de ruptura de esta narrativa de abundancia ocurrió en 2025, cuando un cambio restrictivo en las políticas de almacenamiento de los proveedores tecnológicos obligó a las IES a enfrentar las consecuencias críticas de la acumulación masiva (Neckel et al., 2024). En la actualidad, en DH se vincula directamente con el incremento de estrés cognitivo y la proliferación de vulnerabilidad en ciberseguridad. Investigaciones recientes en el contexto mexicano advierten que la saturación de los ecosistemas digitales institucionales, además de dificultar la recuperación de información, compromete la higiene digital de estudiantes y docentes por igual (García Vega & Morales, 2023; Ortiz López, 2025).

La paradoja de la abundancia

El desarrollo de este fenómeno en las IES responde a una etiología psicológica y sociológica. En el núcleo del digital hoarding académico se encuentra el constructo del Fear of Missing Out (FoMo) aplicado al conocimiento; una ansiedad por la pérdida de acceso a fuentes de información que impulsa a

estudiantes y docentes a recolectar indiscriminadamente artículos, bases de datos y material multimedia (García Vega & Morales, 2023). La conducta se sustenta en la ilusión de competencia, donde el individuo asume que la simple posesión del archivo es equivalente a su asimilación cognitiva, transformando el repositorio personal en una prótesis de la memoria, que al mismo tiempo genera una sobrecarga que dificulta el aprendizaje (McKnight, 2019).

La acumulación compulsiva ha permitido identificar distintos perfiles de comportamiento dentro de las universidades mexicanas.

Sin embargo, estos perfiles colisionaron con una nueva realidad material en 2025. El fin de la era del almacenamiento ilimitado en la nube, dictado por los cambios en las políticas de proveedores, convirtió el exceso de datos en un costo financiero y administrativo directo para las instituciones (Neckel et al., 2024).

La transición de la nube infinita pasó a ser a través de cuotas limitadas y sacó a la luz la existencia del dark data (datos oscuros). Esta es información recolectada que no posee utilidad analítica, pero que consume recursos importantes como almacenamiento o ancho de banda para disponibilidad (Ramírez, 2025). Esto obliga a las universidades a transitar de una administración pasiva hacia una gobernanza de datos activa. El cambio de paradigma, además de afectar la disponibilidad de espacio, altera la relación del académico con su entorno digital (Ortiz, 2025).

Impacto multidimensional

Estrés

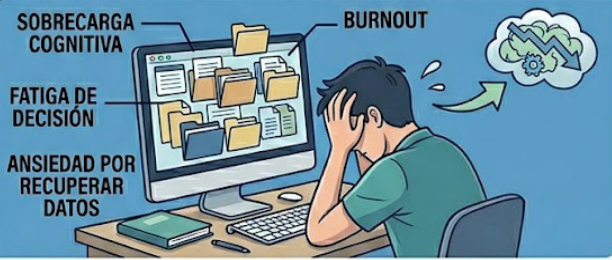
El desorden digital en las universidades es un estresor psicológico crónico que detona sobrecarga cognitiva y burnout académico. Para el cerebro, un escritorio virtual tapizado de íconos o un navegador con decenas de pestañas abiertas representan estímulos visuales constantes que agotan la atención. La energía mental que un usuario invierte en buscar archivos mal etiquetados reduce directamente su capacidad para concentrarse.

Perfil	Motivación	Conducta
Coleccionista	Construcción de capital intelectual y estatus profesional	Mantiene estructuras lógicas de archivo, pero el volumen acumulado supera su capacidad real de procesamiento
Ansioso	Miedo a la pérdida de información (FoMo)	Utiliza el almacenamiento masivo como mecanismo de defensa ante la infoxicación
Accidental	Falta de hábitos de depuración y curaduría digital	Se ve superado por el flujo inercial de materiales en los modelos virtuales, conservando la basura digital en forma masiva

Tabla 1. Perfiles de acumulador (Neckel et al., 2024)

IMPACTO MULTIDIMENSIONAL DEL DIGITAL HOARDING (DH) ACADÉMICO

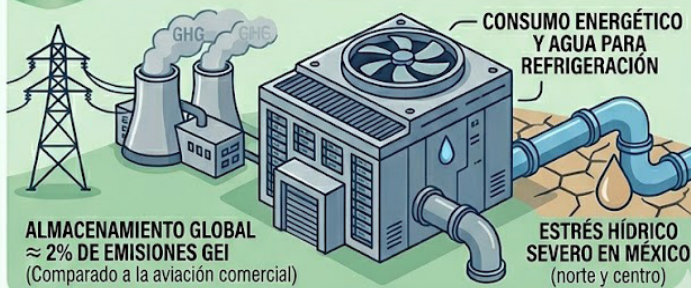
1. ESTRÉS Y AGOTAMIENTO COGNITIVO



2. VULNERABILIDADES DE CIBERSEGURIDAD



3. IMPACTO AMBIENTAL Y FÍSICO



En la práctica, cuando un estudiante invierte tiempo tratando de localizar un documento entre carpetas nombradas “Tesis_Final_2” o “Documentos_varios”, experimenta una “fatiga de decisión” que deteriora la calidad de su investigación. A esto se suma la ansiedad por recuperar información. La comunidad académica vive bajo la presión de saber que posee los datos, pero carece de la estructura para localizarlos justo antes de una entrega. Esta acumulación genera culpa por conservar interminables carpetas de “lecturas pendientes” y socava la confianza del individuo en su propia memoria, creando la falsa ilusión de que descargar un archivo es equivalente a haberlo asimilado.

Seguridad

La acumulación indiscriminada de información trasciende el ámbito personal y representa un riesgo legal y de ciberseguridad crítico para las universidades. En México, retener datos oscuros choca

Impacto multidimensional del Digital Hoarding (DH) Académico.

frontalmente con los principios del INAI y la Ley Federal de Protección de Datos Personales.

En la práctica cotidiana, un docente o coordinador comete una infracción cuando guarda inercialmente listas de asistencia, historiales de calificaciones, copias de identificaciones o teléfonos de alumnos de generaciones pasadas. Retener esta información “por si acaso”, cuando el ciclo escolar ya concluyó y el propósito original expiró, viola la normativa de privacidad y expone a la institución a severas sanciones administrativas.

Las mejores prácticas son:

Depuración de registros caducos: Conservar listas de asistencia, historiales de calificaciones, números telefónicos o correos electrónicos personales de los alumnos una vez concluido el ciclo escolar pierde toda justificación legal al expirar su propósito original (principio de finalidad).

Prohibición de respaldos informales: Almacenar datos

personales de estudiantes en dispositivos privados (USBs, discos duros locales) o cuentas en la nube no institucionales constituye una violación a las normativas de privacidad.

Gestión estricta de expedientes: Mantener copias digitalizadas de identificaciones oficiales, actas de nacimiento o historiales académicos en carpetas locales desorganizadas infringe el principio de proporcionalidad

Trazabilidad obligatoria: Ante una vulneración cibernética, la ley exige identificar con rapidez y precisión qué registros sensibles fueron comprometidos. El desorden digital imposibilita esta tarea, exponiendo a la institución a sanciones administrativas severas y daño reputacional.

Ambiental

La acumulación indiscriminada de información trasciende el ámbito personal y representa un riesgo legal y de ciberseguridad crítico para las universidades. En México, retener datos oscuros choca frontalmente con los principios del INAI y la Ley Federal de Protección de Datos Personales.

La higiene digital

La resolución del digital hoarding en las instituciones de educación superior demanda un enfoque sistémico que trascienda la mera restricción técnica de almacenamiento. Con el colapso del paradigma de la abundancia digital en 2025, las universidades mexicanas han comenzado a estructurar marcos de intervención basados en la alfabetización digital y la gobernanza de información personal.

Para la comunidad universitaria, las implicaciones prácticas de esta ley son estrictas e inmediatas. El Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales (INAI) establece principios de licitud, finalidad y proporcionalidad. En la

Tabla 2. Recomendaciones prácticas para la comunidad universitaria

Para estudiantes	
Limpieza de la nube	Cancelar suscripciones a boletines irrelevantes y eliminar correos masivos inactivos.
Versiones finales	Conservar únicamente la versión definitiva de trabajos académicos o de tesis.
Para docentes y coordinadores	
Cumplimiento del INAI	Desactivar y depurar los espacios en plataformas como Moodle y Classroom. Evitar la migración inercial de materiales obsoletos a nuevos ciclos.
Curaduría de material didáctico	Eliminar grabaciones de video de clases en línea que ya no poseen utilidad pedagógica, ya que estos son los archivos que mayor espacio y recursos consumen.
Administrativos	
Prácticas de caducidad	Establecer periodos de gracia para que los egresados migren su información antes del borrado seguro de sus cuentas institucionales
Auditoría de Dark Data	Purgar la información alojada en servidores que no tiene utilidad analítica ni administrativa para reducir el área de ataque ransomware y costos de infraestructura
Erradicar la redundancia	Promover el uso de enlaces compartidos hacia un repositorio único en lugar de enviar archivos adjuntos pesados por correo institucional a múltiples destinatarios

práctica académica, esto significa que almacenar información personal “por si acaso” constituye una infracción.

Conclusión

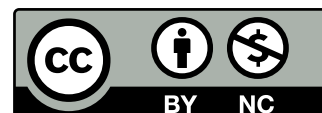
La transición hacia una cultura de higiene digital representa una condición inevitable para la viabilidad de la educación superior en la era de la sobredosis informativa. Facilitar el acceso al conocimiento no es suficiente; el reto está en asegurar que sea gestionado de forma ética y sostenible. Como señalan Morales (2025) y Tandon et al. (2021), integrar la limpieza de los entornos virtuales con la sostenibilidad ambiental y el bienestar emocional transforma la tecnología en una herramienta de equilibrio y no en un estresor crónico.

El éxito de las instituciones mexicanas dependerá de su capacidad para estructurar marcos de gobernanza que trasciendan la restricción técnica. Reconocer que el dato, aunque intangible, ocupa un espacio físico y económico limitado, obliga a la comunidad académica a asumir una responsabilidad informática compartida. Solo mediante esta evolución será posible convertir el mar de datos en un ecosistema de conocimiento sostenible, eficiente y humano.

Referencias

- Al-Azzam, A. F., Tandon, A., & Kaur, P. (2023). Moving beyond the fear of missing out: A study of digital hoarding behavior among academics. *Journal of Information Science*, 49(4), 1012-1028.
- Arp, R., Smith, B., & Spear, A. D. (2020). *Building Ontologies with Basic Formal Ontology*. MIT Press, 1-248.
- García-Vega, L. M. (2025). Gobernanza de datos y ciberseguridad en el ecosistema universitario mexicano: Retos ante la Ley de Protección de Datos. *Revista de Tecnología y Sociedad*, 12(1), 45-62.
- García-Vega, L. M., & Morales, R. (2023). El impacto del digital hoarding en la salud mental de los estudiantes de posgrado en México. *Revista de Psicología y Educación Latinoamericana*, 8(2), 112-130.
- Gormley, C. I., & Gormley, S. J. (2012). Data hoarding e información ansiosa: An analysis of digital clutter. *International Journal of Information Management*, 32(4), 337-345.
- Martínez-Sánchez, A. (2026). Vulnerabilidades en la infraestructura de las IES: El ransomware y la gestión de datos oscuros. *Seguridad Informática Hoy*, 14(3), 201-215.
- McKnight, S. (2019). The psychology of digital hoarding: From information seeking to compulsive storage. *Computers in Human Behavior*, 91, 105-114.

- Morales-Sánchez, J. (2025). Minimalismo digital y bienestar emocional: Estrategias para la academia contemporánea. *Humanismo y Tecnología*, 7(1), 88-102.
- Mytton, D. (2024). The carbon footprint of data storage: Assessing the environmental impact of cloud computing. *Nature Sustainability*, 7(2), 145-156.
- Neckel, A., Smith, J., & Jones, L. (2024). The end of infinite storage: Institutional shifts in cloud policy and their administrative consequences. *Academic IT Review*, 11(4), 310-325.
- Ortiz-López, N. (2025). Higiene digital en las IES mexicanas: Un cambio de paradigma hacia la curaduría de datos. *Divulgación Científica Contemporánea*, 5(2), 11-29.
- Ramírez-Luna, E. (2025). El costo oculto del Dark Data: Sostenibilidad financiera en los presupuestos de TI universitarios. *Gestión Universitaria Siglo XXI*, 9(3), 205-222.
- Sedera, D., Lokuge, S., Atapattu, M., & Nachane, D. (2019). Digital Hoarding: The characteristics and developmental stages of compulsive digital storage. *MIS Quarterly*, 43(1), 123-138.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257-285.
- Tandon, A., Kaur, P., & Dhir, A. (2021). Investigating the impact of digital hoarding on academic burnout and performance. *Educational Technology Research and Development*, 69(5), 2351-2375.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). (2003). Declaración de Principios de la Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información. Ginebra, Documento WSIS-03/GENEVA/DOC/4-S.
- Williams, P., Smith, K., & Brown, T. (2023). Cybersecurity risks of digital hoarding in higher education institutions. *Journal of Cyber Policy*, 8(1), 94-111.





SPAUACH