

VOL. 29 NÚMERO 87 SEPTIEMBRE - DICIEMBRE 2025 \$50.00

- Evaluación de la actividad antioxidante de la harina de hojas de chaya (*Cnidoscolus aconitifolius* Mill.) en hamburguesas de carne de pavo
- Identificación de principales fallas en la instalación de calentadores solares de tubos al vacío por gravedad a baja presión
- Presencia de micotoxinas en el maíz: contaminación, riesgos y estrategias de prevención
- Plataforma de industria alimentaria 4.0 usando aplicación web y modelos de ML/DL para clasificación de calidad de dulces
- Extractos vegetales para el control de plagas: aplicaciones y métodos de preparación
- La pesca de sierra del Pacífico "una tradición en Mazatlán, Sinaloa"

● ENSAYOS ● NOTAS ● FRONTERAS DE LA CIENCIA ● VIDA ACADÉMICA EN LA UTM ● LIBROS

Temas de Ciencia y Tecnología

REVISTA DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA
ISSN En trámite

Nacional \$140.00 M.N.
Internacional \$50.00 USD

Para suscribirse, enviar cheque o giro postal por la cantidad correspondiente a: **Universidad Tecnológica de la Mixteca**. Av. Dr. Modesto Seara Vázquez No. 1, Acatlima, Huajuapán de León, Oax. C.P. 69000 Tels. y Fax. 01 953 53 20399 y 20214. Correo electrónico: temas@mixteco.utm.mx, Departamento de publicaciones.

HSBC cta. no. 400054041-9 Suc. Huajuapán clabe: 021614040005404191.

Temas de Ciencia y Tecnología

REVISTA DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA
ISSN En trámite

Orden de suscripción

Nacional \$140.00 M.N.
Internacional \$50.00 USD

- Suscripción(es) anual(es) a la revista **Temas de Ciencia y Tecnología**
 Adjunto cheque certificado Giro postal
 HSBC cta. no. 400054041-9 Suc. Huajuapán clabe: 021614040005404191

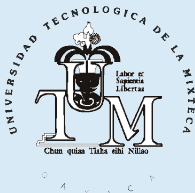
Nombre/Name (Escribir los datos con letra de molde)
Dirección/Address Delegación
Colonia C.P./Zip Code Ciudad/City
Estado/State País/Country Tel./Phone Fax

Universidad Tecnológica de la Mixteca

Av. Dr. Modesto Seara Vázquez No. 1, Acatlima, 69000.
Huajuapán de León, Oax. Departamento de publicaciones.

Temas de Ciencia y Tecnología

REVISTA DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA
ISSN En trámite



Universidad Tecnológica de la Mixteca

Rector
Raúl Salas Coronado

Vice-Rector Académico
Silvia Reyes Mora

Vice-Rector de Administración
José Luis Ramos Espinoza

Vice-Rectora de Relaciones y Recursos
Miriam Guadalupe Carrasco Domínguez

TEMAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ISSN En trámite

Consejo Editorial

Director

Alberto Antonio García.

Liliana Eneida Sánchez Platas.

Secretaria del Consejo - Universidad Tecnológica de la Mixteca

Senén Barro Ameneiro.

Universidad de Santiago de Compostela

Virginia Berrón Lara.

Universidad Tecnológica de la Mixteca

Enrique Guzmán Ramírez.

Universidad Tecnológica de la Mixteca

Mario Márquez Miranda.

Universidad Tecnológica de la Mixteca

Alfredo Blanco Andray.

Universidad Politécnica de Madrid

Demetrio F. García Nocetti.

Universidad Nacional Autónoma de México

Federico J. Kuhlman Rodríguez.

Instituto Tecnológico Autónomo de México

Manrique Mata Montero.

Memorial University of Newfoundland

Luis Javier Toledo Flores.

Instituto Tecnológico de Oaxaca

Gustavo A. Chapela Castañares.

Universidad Autónoma Metropolitana

Lourdes Bejarano Almada.

Centro de Investigación y Docencia en Humanidades del Estado de Morelos.

Thomas J. Montville.

University of New Jersey

Revisión de estilo

Reina Ortiz Escamilla

Coordinación editorial

Consuelo Jaqueline Estrada Bautista

Asistente Editorial

Alberto Antonio García

Traductores

Amélie Nicole Dutoit

Celia Elisabeth Martyniak

Sandrine Laurence Miralles

Christopher Shackley

Sumario

Ensayos

- 3 Evaluación de la actividad antioxidante de la harina de hojas de chaya (*Cnidocolus aconitifolius* Mill.) en hamburguesas de carne de pavo
Rodrigo Portillo Salgado, Nidia I. Dzib Chin, Dany A. Dzib Cauich, Emmanuel de Jesús Chi Gutiérrez, Julio E. Oney Montalvo
- 15 Identificación de principales fallas en la instalación de calentadores solares de tubos al vacío por gravedad a baja presión
Brandon L. Lazo-Cervantes, Jesús I. Toledo-Díaz, Estefanía López-Gómez, Dunia Ruiz-Villalobos, Gerardo Alameda-Alonso, Mildred Camacho-Carlock, J.A. Rojas-Escobar, Efraín Dueñas-Reyes, Isaac Montoya De Los Santos
- 25 Presencia de micotoxinas en el maíz: contaminación, riesgos y estrategias de prevención
Martín Lorenzo Sánchez, Rocío Albino Garduño, Alma Lili Cárdenas Marcelo
- 31 Plataforma de industria alimentaria 4.0 usando aplicación web y modelos de ML/DL para clasificación de calidad de dulces
Ignacio Algreto Badillo, Daniel Pacheco Bautista, Francisco López Huerta, Juan Crescenciano Cruz Victoria, Ángel Vergara Betancourt
- 41 Extractos vegetales para el control de plagas: aplicaciones y métodos de preparación
Aracely Martínez Bautista, Eduardo Osorio Hernández, Ma. Teresa de Jesús Segura Martínez, Laura Rosa Margarita Sánchez Castillo, Mario Rocandio Rodríguez
- 49 La pesca de sierra del Pacífico “una tradición en Mazatlán, Sinaloa”
Nurenkaya Vélez-Arellano, Rebeca Sánchez-Cárdenas, Luis Antonio Salcido-Guevara

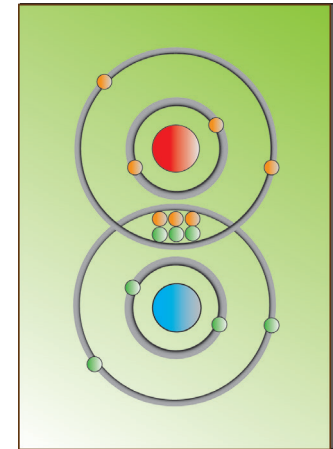


Figura 3. Fotografía del Señor Olegario Cristerno Tirado; pescador desde hace 44 años en Playa Norte Mazatlán, Sinaloa, muestra un par de Sierras capturadas con el uso de curricanes que se muestran en la parte inferior de la imagen, al fondo se observan los Cayucos, embarcaciones tradicionales de esa pesquería.

Página 51

PORTADA:

Alberto Antonio García



TEMAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA, Año 29, No. 87 Septiembre - Diciembre 2025, es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Tecnológica de la Mixteca. Av. Doctor Modesto Seara Vázquez No. 1 Acatlilma, C.P. 69000. Huajuapán de León, Oaxaca. Tel. 01(953) 53 203 99 ext. 782. Página electrónica de la revista: <https://temascyt.utm.mx/index.php/temas/issue/archive>, Correo electrónico: temas@mixteco.utm.mx. Editor responsable: Dr. Alberto Antonio García. Certificado de Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2025-111909115500-102, ISSN: (en trámite) ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de éste número: Dr. Alberto Antonio García. Universidad Tecnológica de la Mixteca. Av. Doctor Modesto Seara Vázquez No. 1 Acatlilma, C.P. 69000, Huajuapán de León, Oaxaca, fecha de última modificación: 17 de diciembre de 2025. Tamaño de archivo: 18.2 MB.

Notas

- 57 El costo oculto: la importancia de la valorización y reúso de las colillas de cigarro
Blanca Paloma Escalera Velasco
Hilda Elizabeth Reynel Ávila

Vida académica

- 67 Oferta Educativa de Estudios de Doctorado
Universidad Tecnológica de la Mixteca

Fronteras de la ciencia

- 63 •Investigadores proponen que el espacio tiene viscosidad •El falso mito del agujero de gusano de Einstein revela un secreto sobre el tiempo cuántico •Científicos encuentran sorprendente vínculo entre la lactancia y la inmunidad contra el cáncer de mama •La vacuna del VPH reduce hasta un 80 % el riesgo de cáncer de cuello uterino •¿Homo erectus hablaba? Una nueva investigación sostiene que tenía el cerebro, los genes y la cultura necesarios para desarrollar el lenguaje •¿Por qué la ansiedad y el estrés pueden interrumpir el sueño? •¿Por qué viven más las mujeres que los hombres? Un estudio de 1176 especies apunta a una respuesta

Reseña de Libro

- 71 El comercio exterior como generador de productividad y competitividad: de lo glocal a lo global

Maximiliano Gracia Hernández
Luz Arriaga

Ensayo de Investigación

Evaluación de la actividad antioxidante de la harina de hojas de chaya (*Cnidoscolus aconitifolius* Mill.) en hamburguesas de carne de pavo

Evaluation of the antioxidant activity of chaya leaves meal (*Cnidoscolus aconitifolius* Mill.) in turkey meat burgers

Rodrigo Portillo Salgado¹, Nidia I. Dzib Chin¹, Dany A. Dzib Cauich¹,
Emmanuel de Jesús Chi Gutiérrez¹, Julio E. Oney Montalvo^{1*}

¹Instituto Tecnológico Superior de Calkiní.

Autor de correspondencia:

*jeoney@itescam.edu.mx

Recibido: 23-09-2024 Aceptado: 05-01-2026 (Artículo Arbitrado)

Resumen

Los antioxidantes sintéticos se utilizan comúnmente para minimizar los cambios oxidativos en los productos cárnicos; sin embargo, debido a la creciente preocupación sobre sus efectos negativos a la salud humana se busca sustituirlos por fuentes de antioxidantes de origen natural. El presente ensayo tuvo como objetivo evaluar tres concentraciones (0.5, 1.0 y 1.5 %) de harina de hojas de chaya sobre los cambios del pH, color y la actividad antioxidante en hamburguesas de carne de pavo durante un periodo de almacenamiento de 12 días. Las hamburguesas (100 g) se prepararon de acuerdo a una formulación estándar que incluía carne de pavo, sal común y harina de hojas de chaya. El pH y el color (CIEL*a*b*) se midieron cada tercer día durante el periodo de almacenamiento (días 0, 3, 6, 9 y 12). La actividad antioxidante se determinó por los métodos DPPH y ABTS+, así como por la cuantificación de polifenoles totales. Se observó un efecto significativo ($P \leq 0.05$; $P \leq 0.001$) tanto de la concentración de harina de hojas de chaya como del periodo de almacenamiento sobre el pH, el cual incrementó durante el periodo de almacenamiento. Asimismo, todos los parámetros de color se vieron afectados significativamente por los factores evaluados, excepto chroma°. Las hamburguesas adicionadas con 1.0 y 1.5 % de harina de hojas de chaya presentaron la mayor actividad antioxidante y contenido de polifenoles totales, en comparación con las hamburguesas no tratadas. En general, la adición de harina de hojas de chaya ralentizó el deterioro de la carne hamburguesa de pavo, lo que sugiere su potencial para prolongar la vida de anaquel en productos cárnicos.

Palabras clave: Antioxidante natural, capacidad antioxidante, oxidación lipídica, polifenoles totales.

Abstract

Synthetic antioxidants are commonly used to minimize oxidative changes in meat products; however, due to growing concerns about their negative effects on human health there is a growing need to replace them with natural sources of antioxidants. The present essay aimed to evaluate three concentrations (0.5, 1.0 and 1.5 %) of chaya leaves meal on the changes in pH, color and antioxidant activity in turkey meat burgers during a 12-day storage period. The burgers (100 g) were prepared according to a standard formulation that included turkey meat, common salt and chaya leaves meal. pH and colour (CIEL*a*b*) were measured every third day during the storage period (days 0, 3, 6, 9 and 12). The antioxidant activity was determined by the DPPH and ABTS+ methods, as well as by the quantification of total polyphenols. A significant effect ($P \leq 0.05$; $P \leq 0.001$) was observed for both the concentration of chaya leaves meal and the storage period on the pH, which increased during the storage. Likewise, all the color parameters were significantly affected by the evaluated factors, except chroma°. The burgers added with 1.0 and 1.5 % chaya leaves meal presented the highest antioxidant activity and total polyphenol content, compared to the untreated burgers. Overall, the addition of chaya leaves meal slowed the spoilage of turkey burger meat, suggesting its potential to prolong the shelf life in meat products.

Keywords: Natural antioxidant, antioxidant capacity, lipid oxidation, total polyphenols.

Introducción

Uno de los mayores desafíos en la industria cárnica es extender la vida útil de la carne y subproductos sin comprometer sus características fisicoquímicas, nutricionales y organolépticas (Petcu et al., 2023). La carne contiene agentes que provocan la oxidación *in situ* de lípidos y proteínas, lo que conduce a la formación de sabores, olores y compuestos tóxicos indeseables. Un ejemplo de estos son las especies reactivas de oxígeno (ROS, por sus siglas en inglés), las cuales representan un riesgo para la salud de los consumidores (Olvera-Aguirre et al., 2023). Este proceso es más común en los productos cárnicos precocidos, congelados y recalentados, como las hamburguesas, debido a que el calor, la sal agregada y el procesamiento y/o manipulación de los mismos, pueden iniciar la oxidación lipídica (Al-Rimawi et al., 2017). Además, la presencia y crecimiento de microorganismos patógenos, como bacterias y hongos, puede provocar su deterioro, lo que altera su calidad microbiológica (Hajlaoui et al., 2019).

En general, la carne es un alimento esencial en la dieta de los mexicanos. Actualmente, los tres tipos de carne más consumidas son el pollo (35 kg/persona/año), cerdo (20 kg/persona/año) y bovino (15 kg/persona/año). Las hamburguesas de carne de cerdo son un producto cárnico popular entre los mexicanos debido a su disponibilidad y rápida preparación (Estévez-Moreno y Miranda-de la Lama, 2022). No obstante, existe cada vez más preocupación sobre los efectos perjudiciales de la carne roja hacia la salud, por lo que la carne de ave está teniendo mayor atención como sustituto de la carne roja en la elaboración de productos cárnicos (El-Din-Ibrahim et al., 2022). La carne de pavo se consume principalmente en festividades navideñas y familiares; sin embargo, en los últimos años se ha popularizado su consumo por ser considerada una carne saludable, con mayor contenido de proteínas, vitaminas, minerales, aminoácidos, y menos en grasas y colesterol. Sin embargo, la carne de pavo es más susceptible a la oxidación en comparación con la carne de pollo, debido a su menor capacidad para unir moléculas antioxidantes como la vitamina E en los tejidos musculares (Gong et al., 2010).

Los antioxidantes sintéticos son la práctica más común para minimizar los cambios oxidativos en los

productos cárnicos y, como consecuencia directa, prevenir la oxidación de lípidos, retardar el desarrollo de sabores desagradables, mejorar la estabilidad del color y prolongar su vida útil (Petcu et al., 2023). Sin embargo, debido a la creciente preocupación sobre la toxicidad y efectos adversos de los antioxidantes sintéticos, como el cáncer o las enfermedades cardiovasculares, actualmente se busca sustituirlos por antioxidantes naturales (Fruet et al., 2019; Ripke-Ferreira et al., 2022). En consecuencia, existe alta demanda por fuentes naturales con actividad antioxidante para ser incorporadas en la carne y productos cárnicos, debido en gran medida a su naturaleza no tóxica (Al-Rimawi et al., 2017). Adicionalmente, pueden ser una opción viable para enriquecer los productos cárnicos con compuestos bioactivos que promueven la salud del consumidor (Graciano-Cristóbal et al., 2022).

El uso de compuestos bioactivos, particularmente antioxidantes de origen vegetal como los polifenoles, flavonoides, taninos, terpenos, alcaloides, saponinas y cumarinas son una alternativa importante para reducir la tasa de autooxidación y crecimiento microbiano en la carne (El-Din-Ibrahim et al., 2022). De esta manera se pueden mejorar las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de los productos cárnicos cuando se agregan en concentraciones adecuadas (Olvera-Aguirre et al., 2023; Hamami et al., 2024). Se ha reportado que algunas frutas, verduras y diversas plantas son ricas en compuestos antioxidantes, principalmente polifenoles, que pueden aislarse y usarse como ingrediente para formular productos cárnicos (Fruet et al., 2019). En particular, las hojas de plantas nativas destacan como potenciales alternativas antioxidantes y antimicrobianas naturales a los aditivos sintéticos en la industria cárnica (Velázquez et al., 2021).

La chaya (*Cnidoscolus aconitifolius* Mill.) es una planta endémica de la región Maya que comprende la Península de Yucatán en México, Guatemala, Belice y parte de Honduras. En la Península de Yucatán, esta planta es cultivada en los solares familiares mayas, en donde también suelen encontrarse plantas silvestres de *C. aconitifolius* ("Tzin-tzin chay" en maya) (Chin-Chan et al., 2021). En la actualidad, las hojas de esta planta se consumen en platillos típicos, siendo una especie representativa de la gastronomía Maya. Asimismo, se utiliza como planta medicinal tradicio-

nal para tratar diabetes, reumatismo, trastornos gastrointestinales, así como diurético y antihipertensivo (Pérez-González et al., 2016; Us-Medina et al., 2020). Las hojas de chaya son una fuente rica de proteínas, vitaminas, minerales, aminoácidos, ácidos grasos, compuestos bioactivos y antioxidantes naturales. En un estudio, Godínez-Santillán et al. (2019) identificaron y cuantificaron 11 compuestos fenólicos en las hojas de *C. aconitifolius* (ácido gálico, ácido vanílico, vainillina, ácido clorogénico, ácido cafeico, ácido ferúlico, ácido rosmarínico, ácido p-cumárico, resveratrol, luteolina y apigenina). Sin embargo, a pesar de conocer sus propiedades nutricionales y antioxidantes, existe escasa evidencia del aprovechamiento de las hojas de la Chaya en la formulación de alimentos funcionales (Avila-Nava et al., 2022).

Por lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la adición de tres concentraciones de harina de hojas de chaya (0.5, 1.0 y 1.5 %) sobre los cambios del pH, color y la actividad antioxidante en hamburguesas de carne de pavo durante un periodo de almacenamiento de 12 días.

Metodología

Elaboración de la harina de hojas de Chaya

Las hojas de Chaya se recolectaron manualmente en plantas adultas en floración en la localidad de Santa Cruz Pueblo (20° 22' 16" N y 90° 03' 03" O), ubicada al Noroeste del municipio de Calkiní, Campeche, a una altitud de 10 m.s.n.m. Las hojas se enjuagaron con agua destilada inmediatamente después de la

cosecha para eliminar el polvo y contaminantes extraños; posteriormente, se colocaron en bandejas y se secaron al aire libre bajo sombra en un ambiente estéril durante 20 minutos (Mashau et al., 2021). Posteriormente, las hojas se secaron nuevamente en un horno de secado (modelo TE-H80DM, TERLAB®, México) a 50 °C durante 48 h. Las hojas secas se molieron usando una licuadora eléctrica (Oster®) y la harina resultante se tamizó en un tamiz #40 con un tamaño de partícula de 0.45 mm hasta obtener un polvo más fino. La harina se colocó en bolsas de polietileno y se almacenó a temperatura ambiente en un lugar fresco y seco hasta su uso.

Preparación de las hamburguesas de carne de pavo

Las hamburguesas se prepararon usando carne de la pechuga (*Pectoralis major*) de pavo de línea comercial. Previamente, la carne se fileteó y picó, y posteriormente se molió usando un molino para carne con criba de 1/8" (M-22RSS, Torrey®, México). Las hamburguesas (100 g) se prepararon usando un molde de plástico (8 cm de diámetro y 1.5 cm de espesor) de acuerdo a la formulación estándar sugerida por Ripke-Ferreira et al. (2022) que incluía carne de pavo (según la formulación), 2 % de sal común y harina de hojas de chaya (0.5, 1.0 y 1.5 %). También se prepararon hamburguesas sin la adición de harina de hojas de chaya que se consideraron como tratamiento control (Figura 1). Todas las hamburguesas se envolvieron individualmente en plástico de polietileno y se almacenaron a $\pm 4^{\circ}\text{C}$ hasta su análisis. En total se prepararon tres réplicas por tratamiento.

Medición del pH y color

Las mediciones del pH y color en las muestras de hamburguesas se realizaron durante un periodo de almacenamiento de 12 días, considerando los días 0, 3, 6, 9 y 12. El pH se midió usando un potenciómetro digital (Modelo HI 99161, Hanna Instruments®, USA) previamente calibrado (buffers de calibración de 4.0 y 7.0), equipado con un electrodo de vidrio, el cual se introdujo a un cm de profundidad en la sección transversal de la muestra (Al-Rimawi et al., 2017). El color se determinó usando un colorímetro digital (Modelo NR60CP, 3NH®, China) expresando los valores de L^* (luminosidad), a^* (variación de rojo a verde), b^* (va-

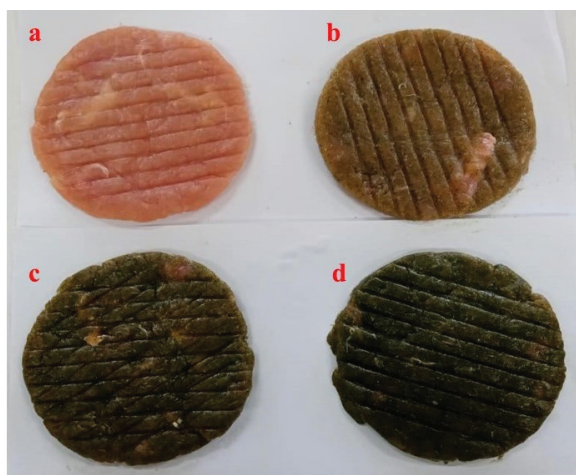


Figura 1. Presentación de las diferentes formulaciones de hamburguesas de carne de pavo usadas en el estudio. a) Control, b) hamburguesa con 0.5 % de HHC, c) hamburguesa con 1.0 % de HHC y d) hamburguesa con 1.5 % de HHC.

Fuente: Elaboración propia.

riación de amarillo a azul), C^* (croma), y Hue° (ángulo de tonalidad). Tanto para el pH como para el color se realizaron tres mediciones en posiciones aleatorias a lo largo de la superficie de cada hamburguesa por cada día de almacenamiento, y se promediaron los resultados.

Determinación de la actividad antioxidante y polifenoles totales

Obtención del extracto acuoso a partir de las hamburguesas adicionadas con harina de hojas de chaya

Se pesó 1 g de cada muestra de carne y se colocó en tubos Falcon de 15 mL. Posteriormente, se agregaron 5 mL de agua destilada y se sonicaron a 42 KHz durante 15 minutos. Después, el extracto obtenido se centrifugó (3500 rpm) a 4 °C durante 5 minutos para finalmente tomar el sobrenadante y realizar el análisis correspondiente. La obtención del extracto se realizó por triplicado los días 0, 3, 6, 9 y 12 posteriores a la preparación de las muestras de hamburguesas. Los extractos obtenidos se analizaron por actividad antioxidante (DPPH y ABTS+) y polifenoles totales como se describe a continuación.

Método del radical libre 2,2-difenil-1-picrihidrazil (DPPH)

La actividad antioxidante por el método DPPH se realizó siguiendo la metodología descrita por Brand-Williams et al. (1995) con algunas modificaciones. Inicialmente, la solución de DPPH se preparó usando metanol y se diluyó a una concentración con una absorbancia de 0.7 ± 0.002 a una longitud de onda de 515 nm. Luego, se añadieron 100 μ L del extracto acuoso a 3.9 mL de la solución DPPH con absorbancia ajustada (0.7 Abs); la mezcla se agitó y se dejó reposar 30 min para su posterior lectura usando un espectrofotómetro (PerkinElmer®) a 515 nm. El porcentaje de inhibición se determinó mediante la fórmula (1).

$$\% \text{ de inhibición de DPPH} = \frac{A_{i0} - A_{i30}}{A_{i0}} \times 100 \quad (1)$$

Donde: A_{i0} es la absorbancia inicial y A_{i30} es la absorbancia a los 30 minutos. Se trabajó con una curva de calibración que se realizó mediante las diluciones de trolox a diferentes concentraciones (100, 150, 200,

300, 400, 500, 600, 700 y 800 μ M). El porcentaje de inhibición de DPPH (%) es proporcional y lineal al aumentar la adición de solución de Trolox.

Método de captación del radical ácido 2,2'-azinobis(3-etilbezotiazolin)-6-sulfónico (ABTS+)

Inicialmente, la solución de ABTS+ se preparó pesando 19.2 mg de ABTS y se disolvió en 5 mL de agua destilada. Posteriormente se agregaron 88 μ L de $K_2S_2O_8$ (0.0378 g/mL) y la mezcla se dejó incubar a temperatura ambiente durante 16 horas en un sitio con oscuridad total. Después, la mezcla se diluyó con etanol hasta obtener una absorbancia de 0.7 ± 0.002 a una longitud de onda de 734 nm. La actividad antioxidante se determinó agregando 2970 μ L de la solución de ABTS en un tubo Falcon de 15 mL. Posteriormente, se añadieron 30 μ L del extracto antioxidante, se homogenizó usando un vortex y se dejó reposar por 6 minutos para finalmente leer la absorbancia usando un espectrofotómetro (PerkinElmer®) a 734 nm. El porcentaje de inhibición se determinó mediante la fórmula (2).

$$\% \text{ de inhibición de ABTS} = \frac{A_{i0} - A_{i6}}{A_{i6}} \times 100 \quad (2)$$

Donde: A_{i0} es la absorbancia inicial y A_{i6} es la absorbancia a los 6 minutos. Se trabajó con una curva de calibración que se realizó usando diferentes concentraciones de Trolox (100, 150, 200, 300, 400, 500, 600, 700 y 800 μ M). Los resultados de la actividad antioxidante de las muestras se expresan como equivalentes de μ M Trolox/100 g de muestra.

Análisis de polifenoles totales

Los polifenoles totales se cuantificaron por el método colorimétrico de Folin-Ciocalteu descrito por Singleton et al. (1999) con algunas modificaciones. Inicialmente, se mezclaron 25 μ L de extracto con 25 μ L de agua, seguido de una adición de 3 mL de agua desionizada y 250 μ L de compuesto de Folin-Ciocalteu, que se dejó reposar durante 5 minutos. Luego, se agregaron 750 μ L de 20 % de Na_2CO_3 y 950 μ L de agua desionizada. Se agitó y se dejó reposar durante 30 minutos a temperatura ambiente. Después, la absorbancia se midió a 765 nm en un espectrofotómetro (PerkinElmer®). Se utilizó ácido gálico a diferentes concentraciones (5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 60, 80 y 100 mg/L) como patrón para determinar los polifenoles totales en los extractos.

Análisis estadístico

El análisis de los datos se realizó utilizando el paquete estadístico SAS ver. 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, 2016). Se realizó una prueba de Shapiro–Wilk para evaluar la normalidad de los datos. Los resultados del pH, color y la actividad antioxidante se analizaron mediante un análisis de varianza de dos vías con el procedimiento PROC GLM considerando a la concentración de harina de hojas de chaya (0, 0.5, 1.0 y 1.5 %) y los días de almacenamiento (0, 3, 6, 9 y 12 días) como efectos fijos. También se analizó el efecto de la interacción entre ambos factores. La fórmula (3) se utilizó para el diseño experimental del modelo lineal general.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (A \times B)_{ij} + e_{ijk} \quad (3)$$

Donde: Y_{ijk} es la variable respuesta; μ es la media general común a todas las observaciones; A_i es el efecto del i^{th} concentración de harina de hojas de chaya (0, 0.5, 1.0 y 1.5 %); B_j es el efecto del j^{th} día de almacenamiento (0, 3, 6, 9 y 12 d); $(A \times B)_{ij}$ es el efecto de la interacción entre la concentración de harina de hojas de chaya y los días de almacenamiento; e_{ijk} , es el error aleatorio con media 0 y varianza σ^2 .

Las diferencias significativas entre las medias se evaluaron mediante la prueba de Bonferroni considerando un nivel de significancia del 95 %.

Resultados y discusión

Se observó un efecto significativo tanto de la concentración de harina de hojas de chaya ($P \leq 0.001$) como del periodo de almacenamiento ($P \leq 0.05$) sobre el pH y los parámetros de color (Tabla 1). El pH incrementó durante los días de almacenamiento con una diferencia significativa para la hamburguesa adicionada con 0.5 % de harina de hojas de chaya (pH = 5.94) (Figura 2). Al respecto, se sabe que el incremento del pH en los productos carnicos durante su almacenamiento podría atribuirse al grado de deterioro de los mismos debido al crecimiento de microorganismos proteolíticos y la consecuente liberación de compuestos nitrogenados (Hajlaoui et al., 2019). Por otra parte, la reducción del pH durante el almacenamiento se debe a la producción de ácido láctico por parte de las bacterias ácido lácticas. La evaluación del comportamiento del pH en el tiempo

es fundamental para comprender el daño que ocurre en las matrices de los alimentos (Ripke-Ferreira et al., 2022). Adicionalmente, este parámetro tiene una relación directa con los atributos de calidad de la carne y productos cárnicos, tales como la terneza, capacidad de retención de agua, color, jugosidad y la vida útil (Mir et al., 2017).

Los valores de pH registrados en las hamburguesas de carne de pavo son inferiores a los valores de pH reportados en carne de pavo de genotipos comerciales (Sarica et al., 2011). Sin embargo, se encuentran dentro del rango establecido por Ripke-Ferreira et al. (2022) para definir carne de buena calidad (entre 5.6 y 6.2); por lo tanto, las hamburguesas evaluadas en este estudio se pueden considerar aptas para el consumo. En su estudio, El-Din-Ibrahim et al. (2022) observaron una ligera disminución en los valores de pH en hamburguesas de pollo adicionadas con harina de hojas de *Moringa oleifera* y *Olea europaea* L. durante un período de almacenamiento de 20 d. Los autores atribuyeron sus resultados a los componentes fenólicos naturales de las plantas usadas, indicando que estos compuestos pueden reducir el pH y crear un ambiente inadecuado para el crecimiento microbiano en la carne.

Por otra parte, el parámetro L^* medido en las muestras de hamburguesas de carne de pavo se vio afectado significativamente ($P \leq 0.001$) por la concentración de harina de hojas de chaya y los días de almacenamiento; sin embargo, la interacción entre estos factores fue insignificante ($P = 0.3303$) (no se muestra graficamente). Como se esperaba, las hamburguesas no tratadas tuvieron valores más altos de este parámetro, indicando una carne más brillante, aunque disminuyó durante el periodo de almace-

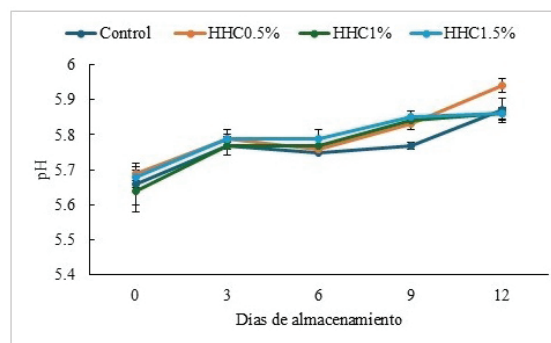


Figura 2. Valores de pH registrados en hamburguesas de carne de pavo según la interacción entre la concentración de harina de hojas de chaya (0, 0.5, 1.0 y 1.5%) y periodo de almacenamiento (0, 3, 6, 9 y 12 d). Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1. Efectos de la concentración de harina de hojas de Chaya y días de almacenamiento sobre el pH y parámetros de color en hamburguesas de carne de pavo.

HHC (%)	ALMAC (d)	pH	Color				
			<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *	<i>C</i> *	Hue°
0	0	5.66 ^b	40.85 ^a	7.93 ^a	7.39 ^c	10.88 ^{cb}	42.94 ^g
	3	5.77 ^{fedg}	35.16 ^{b^ac}	3.40 ^b	5.48 ^c	6.51 ^d	58.03 ^f
	6	5.75 ^{f^{eg}}	36.49 ^{ba}	2.58 ^b	7.74 ^{cb}	8.18 ^{cbd}	71.23 ^e
	9	5.77 ^{fedg}	36.49 ^{ba}	2.58 ^b	7.74 ^{cb}	8.18 ^{cbd}	71.23 ^e
	12	5.87 ^{ba}	25.23 ^{ebdc}	2.24 ^b	8.11 ^{cb}	8.43 ^{cbd}	74.39 ^e
0.5	0	5.69 ^{h^g}	32.04 ^{bdac}	-0.07 ^c	11.72 ^b	11.72 ^b	90.49 ^d
	3	5.79 ^{bedc}	25.36 ^{ebdc}	-0.98 ^{dc}	7.56 ^{cb}	7.62 ^{cbd}	97.43 ^{dc}
	6	5.76 ^{fedg}	24.38 ^{ebdc}	-1.02 ^{dce}	7.14 ^c	7.21 ^{cd}	98.09 ^{dc}
	9	5.83 ^{bedc}	28.69 ^{ebdac}	-1.33 ^{dce}	7.95 ^{cb}	7.97 ^{cbd}	99.62 ^{bdac}
	12	5.94 ^a	20.68 ^{ed}	-1.06 ^{dce}	5.79 ^c	5.89 ^d	100.28 ^{bdac}
1.0	0	5.64 ^h	25.62 ^{ebdc}	-2.45 ^{fe}	16.80 ^a	16.98 ^a	98.28 ^{dc}
	3	5.77 ^{fedc}	26.12 ^{ebdc}	-2.42 ^{dfe}	7.62 ^{cb}	8.01 ^{cbd}	107.79 ^{bac}
	6	5.77 ^{fedc}	23.65 ^{ebdc}	-1.40 ^{dce}	6.94 ^c	7.09 ^{cd}	101.39 ^{bdac}
	9	5.84 ^{bedc}	20.93 ^{ed}	-1.19 ^{dce}	6.62 ^c	6.77 ^{cd}	101.22 ^{bdac}
	12	5.86 ^{ba}	21.82 ^{edc}	-1.75 ^{dfe}	5.90 ^c	6.17 ^d	103.5 ^{bac}
1.5	0	5.68 ^{h^g}	25.14 ^{ebdc}	-3.10 ^f	16.52 ^a	17.02 ^a	100.77 ^{bdac}
	3	5.79 ^{bedc}	23.90 ^{ebdc}	-2.48 ^{fe}	6.90 ^c	7.30 ^{cd}	109.82 ^{ba}
	6	5.79 ^{bedc}	19.91 ^{ed}	-1.25 ^{dce}	5.76 ^c	6.37 ^d	102.12 ^{bac}
	9	5.85 ^{bdc}	20.02 ^{ed}	-1.53 ^{dce}	7.14 ^c	7.30 ^{cd}	102.02 ^{bac}
	12	5.86 ^{bac}	18.12 ^e	-2.23 ^{dfe}	5.71 ^c	6.11 ^d	111.33 ^a
RMSE		0.026	4.104	0.448	1.310	1.296	3.491
Efectos							
HHC		0.0020	<.0001	<.0001	0.0237	0.2316	<.0001
ALMAC		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
HHC * ALMAC		0.0183	0.3303	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001

HHC: concentración (%) de harina de hojas de Chaya; ALMAC: días de almacenamiento; RMSE= error cuadrático medio. abcdef Medias dentro de la misma columna sin una letra en superíndice común difieren significativamente ($P \leq 0.05$).

Fuente: Elaboración propia.

miento. Por el contrario, las hamburguesas adicionales con 1.5 % presentaron una carne menos brillante; en consecuencia, más oscura. Estas observaciones podrían justificarse por el aumento de la concentración de harina de hojas de chaya debido a que los pigmentos de la chaya son liberados y distribuidos uniformemente en la carne de la hamburguesa (ver Figura 1).

La apariencia y el color son características importantes y perceptibles que influyen en el juicio de calidad de la carne por parte de los consumidores antes y después de comprar un producto cárnico (Mir et al., 2017). Por otra parte, las variaciones en el color de la carne de pechuga de ave debido a los efectos del pH, afectan la vida útil, el desarrollo de olores, la pérdida por goteo, la capacidad de retención de agua y la pérdida por cocción (Mir et al., 2017). Normalmente,

en el caso de las carnes blancas, como la del pavo, el color depende en gran medida de las reservas de glucógeno muscular en el momento del sacrificio y de la evolución *postmortem* del pH, que afecta las propiedades de dispersión de la luz de la carne resultante (Baéza et al., 2022). Sin embargo, los cambios de color en las muestras de carne crudas son comunes cuando se agregan componentes no cárnicos, como harinas de origen vegetal, los cuales pueden variar según la concentración agregada debido a que contienen pigmentos naturales, incluidos los polifenoles, que pueden afectar el color incluso en los casos en que la actividad antioxidante es baja, siendo posiblemente los responsables de la apariencia de las hamburguesas (Hamami et al., 2024). En línea con lo anterior, Ripke-Ferreira et al. (2022) observaron que las muestras de hamburguesas de salmón tuvieron

una reducción en el valor L^* proporcionalmente con el aumento de la concentración de harina de *Salvia officinalis*.

Asimismo, el parámetro a^* fue afectado significativamente ($P \leq 0.001$) por los factores evaluados, así como por su interacción (Tabla 1, Figura 3). Se observó una disminución en los valores a^* en las hamburguesas con la adición de harina de hojas de чая, más aún en aquellas tratadas al 1.5 %. Asimismo, los valores a^* disminuyeron ligeramente con el aumento del período de almacenamiento para todas las muestras. Esta reducción puede deberse a la mayor liberación de pigmentos durante el almacenamiento (Ripke-Ferreira et al., 2022). Además, debido a que las hojas de чая tienen una gran concentración de antioxidantes bioactivos y actividad antioxidante, es posible que haya estabilizado el color de las hamburguesas (Hamami et al., 2024). En particular, el parámetro a^* es el más importante para evaluar la oxidación de la carne, que se debe a la transformación de oximioglobina (rojo brillante) en metmioglobina (marrón). En este sentido, las disminuciones en los valores a^* , tornándose de color marrón podrían hacer que la carne sea menos aceptable para los consumidores (Hajlaoui et al., 2019). No obstante, como los valores observados están cerca de cero, hay intermediación entre el rojo y el verde, evidenciando

la coloración verdosa característica de los pigmentos de las hojas de чая.

Para el caso del parámetro b^* , el cual también fue afectado por la interacción entre los factores evaluados ($P \leq 0.001$) (Figura 3), se observó que en el día 0, el amarillamiento de las muestras de hamburguesas fue proporcional con respecto a la adición de harina de hojas de чая; sin embargo, disminuyó significativamente al día 3, y se mantuvo estable durante el período de almacenamiento, en comparación con las muestras de hamburguesa no tratadas. Similarmente, Hajlaoui et al. (2019) observaron que las muestras de hamburguesas de carne de res adicionadas con extractos de hojas de *Oudneya Africana* L. tuvieron una disminución del amarilleo con el aumento del período de almacenamiento. De acuerdo con Ripke-Ferreira et al. (2022), la decoloración de los productos cárnicos durante el almacenamiento en frío es común, causada por las reacciones oxidativas en el producto.

El parámetro C^* no se vio afectado por la concentración de harina de hojas de чая ($P = 0.2316$); sin embargo, se observó una disminución significativa ($P \leq 0.001$) los primeros tres días de almacenamiento; posteriormente, se mantuvo estable hasta el día 9, después decayó en todas las hamburguesas tratadas (Figura 3). También se obtuvieron diferencias signifi-

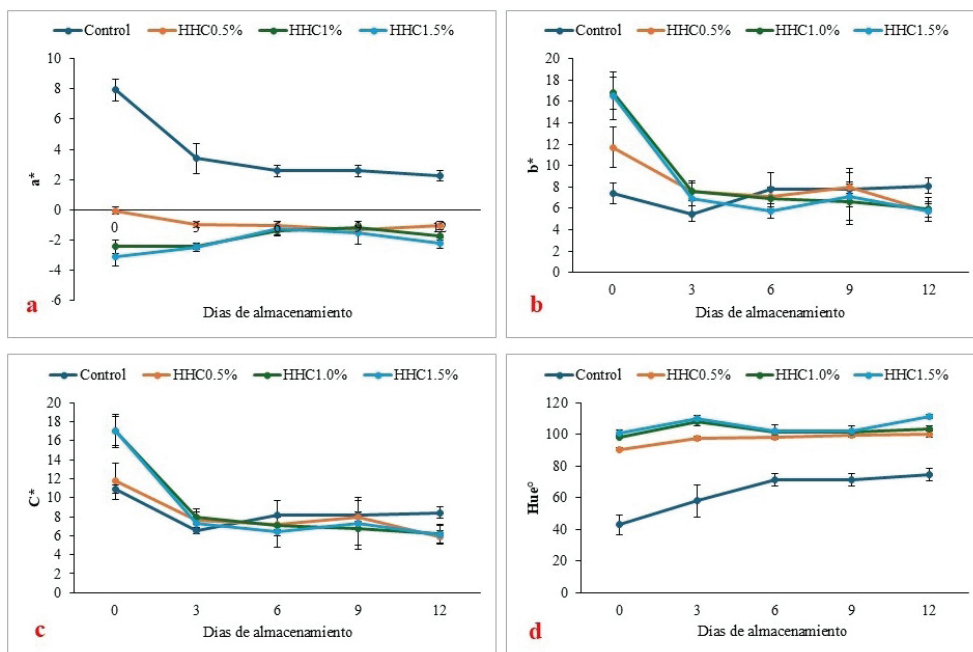


Figura 3. Parámetros de color registrados en hamburguesas de carne de pavo según la interacción entre la concentración de harina de hojas de чая (0, 0.5, 1.0 y 1.5%) y período de almacenamiento (0, 3, 6, 9 y 12 d). a) a^* ; variación de rojo a verde, b) b^* ; variación de amarillo a azul, c) C^* ; croma, y d) Hue°; ángulo de tonalidad. **Fuente:** Elaboración propia.

cativas debido a la interacción entre los factores evaluados en el presente estudio ($P \leq 0.001$). El parámetro C^* es un indicador de la saturación y, por tanto, se refiere al grado de viveza de un color, por lo que no se utiliza con tanta frecuencia en la investigación científica de la carne y productos cárnicos (Ruedt et al., 2023). Como lo describen Quintero-Rodríguez et al. (2023), la carne blanca comúnmente presenta valores C^* menores a 14, la carne con apariencia rosada entre 14 y 22, la carne de color rojo tiene entre 18 y 24, y la carne muy roja entre 23 y 30. Nuestras observaciones son consistentes con los resultados obtenidos por Hamami et al. (2024) quienes informaron que los valores C^* y b^* registrados en hamburguesas de carne de res formuladas con fruto seco molido de *Grewia tenax* disminuyeron durante el almacenamiento, asociando tales hallazgos con la liberación de colorantes naturales del material vegetal.

Los valores Hue° aumentaron los primeros tres días de almacenamiento a medida que la concentración de harina de hojas de chaya incrementó ($P \leq 0.001$), en comparación con las muestras de hamburguesas control; a partir del día 6 se observó una estabilización de este parámetro. Se sabe que Hue° indica el tono de un color y se expresa en grados: 0° sería rojo, 90° amarillo, 180° verde y 270° azul. Por lo tanto, este parámetro es muy útil para indicar cambios de color a lo largo del tiempo, siendo adecuado para seguir decoloraciones (Ruedt et al., 2023). Nuestros resultados sugieren que las hamburguesas adicionales con 1.5 % de harina de hojas de chaya presentaron una mayor tonalidad amarillo-verdosa, lo que podrían justificarse con los pigmentos de la chaya que se transfirieron a las hamburguesas, provocando la modificación de su color. En cambio, las hamburguesas control mantuvieron una tonalidad considerada

Tabla 2. Efectos de la concentración de harina de hojas de chaya y días de almacenamiento sobre la actividad antioxidante (DPPH y ABTS+) y la concentración de polifenoles totales en hamburguesas de carne de pavo.

HHC (%)	ALMAC (d)	DPPH (Trolox (mg/100g))	ABTS (Trolox mg/100g)	Polifenoles totales (mg de Ac. Gálico/100g)
0	0	49.77 ^{ab}	106.33 ^{def}	93.93 ^{bcde}
	3	34.54 ^{cde}	97.50 ^{efg}	91.94 ^{de}
	6	11.83 ^{hi}	88.27 ^{gh}	112.94 ^{abcd}
	9	23.18 ^{fg}	57.26 ^{ikd}	109.53 ^{abcd}
	12	11.11 ⁱ	39.14 ^l	82.85 ^e
0.5	0	52.61 ^{ab}	116.65 ^{de}	121.10 ^a
	3	44.46 ^{bc}	101.78 ^{ef}	111.56 ^{abcd}
	6	23.54 ^{efg}	70.52 ^{hi}	110.67 ^{abcd}
	9	28.11 ^{defg}	59.93 ^{jk}	108.74 ^{abcd}
	12	26.20 ^{defg}	42.69 ^{kl}	92.21 ^{cde}
1.0	0	47.49 ^b	239.20 ^a	115.93 ^{ab}
	3	34.89 ^{cd}	122.94 ^d	123.18 ^a
	6	27.89 ^{defg}	101.56 ^{ef}	115.95 ^{ab}
	9	18.75 ^{ghi}	79.33 ^{hi}	108.98 ^{abcd}
	12	19.14 ^{ghi}	55.17 ^{efg}	94.47 ^{bcde}
1.5	0	59.23 ^a	200.34 ^b	129.40 ^a
	3	32.92 ^{def}	152.60 ^c	125.90 ^a
	6	32.87 ^{def}	114.97 ^{de}	123.18 ^a
	9	22.68 ^{gh}	97.25 ^{efg}	115.83 ^{ab}
	12	19.15 ^{ghi}	61.48 ^{jk}	115.14 ^{abc}
Efectos				
HHC		0.0045	<0.0001	0.0005
ALMAC		<0.0001	<0.0001	0.0081
HHC * ALMAC		0.0966	<0.0001	0.5999

HHC: concentración (%) de harina de hojas de Chaya; ALMAC: días de almacenamiento; RMSE= error cuadrático medio. ^{abcde} Medias dentro de la misma columna sin una letra en superíndice común difieren significativamente ($P \leq 0.05$).

Fuente: Elaboración propia.

como rojiza. Por su parte, Graciano-Cristóbal et al. (2022) reportaron que la adición de extractos naturales elaborados a base de especias culinarias (cebolla, cilantro, orégano, laurel, pimienta negra, entre otras) tuvo un efecto significativo sobre los valores Hue° tomados en hamburguesas de carne de cerdo almacenadas en frío, ocasionando así una coloración café con ligeros toques dorados (tonalidad tostada).

Por otra parte, se observó un efecto significativo ($P \leq 0.05$; $P \leq 0.001$) tanto de la concentración de harina de hoja de чая como de los días de almacenamiento sobre la actividad antioxidante y la concentración de polifenoles totales en las muestras de hamburguesas de carne de pavo (Tabla 2). En tanto, la interacción de estos dos factores solo tuvo un efecto significativo ($P \leq 0.05$) en la actividad antioxidante evaluada por el método de ABTS+. Las hamburguesas adicionadas con 1.5 % de harina de hojas de чай presentaron la mayor actividad antioxidante mediante la técnica de DPPH (59.23 mg/100g de Trolox), en comparación con las hamburguesas no tratadas (11.11 mg/100g de Trolox). Asimismo, los resultados evidenciaron una disminución de la actividad antioxidante evaluada por el método DPPH durante el periodo de almacenamiento (Figura 4) ocasionada por la posible degradación de las moléculas antioxidantes que se encuentran presentes en la carne, por

ejemplo, péptidos bioactivos (Sánchez-Mendoza et al., 2016). Este fenómeno se presenta también en los compuestos antioxidantes característicos de la hoja de чай (por ejemplo: diferentes tipos de polifenoles), por eso las formulaciones que tienen mayor porcentaje de esta harina también tuvieron el mismo comportamiento que la muestra control.

Se presentó un comportamiento similar al determinar la actividad antioxidante mediante la técnica de ABTS+, debido a que las hamburguesas adicionadas con 1.0 y 1.5 % de harina de чай presentaron los valores más altos de actividad antioxidante (239.20 y 200.34 mg/100g de Trolox, respectivamente) (Figura 4). Estos resultados indican un posible efecto por parte de los componentes bioactivos presentes en las hojas de чай, tales como ácidos fenólicos, flavonoides, ácido ascórbico y carotenoides (Carrillo et al., 2013). Este comportamiento se debe a que ambos métodos son adecuados para la determinación de los compuestos antioxidantes totales presentes en muestras alimenticias, aunque la metodología de ABTS+ se ha caracterizado por presentar una mayor repetibilidad, detectabilidad y sensibilidad a comparación de la metodología de DPPH, debido a que puede ser interferida por los compuestos que presentan absorbancia a 515 nm (Martysiak-Zurowska y Went, 2012).

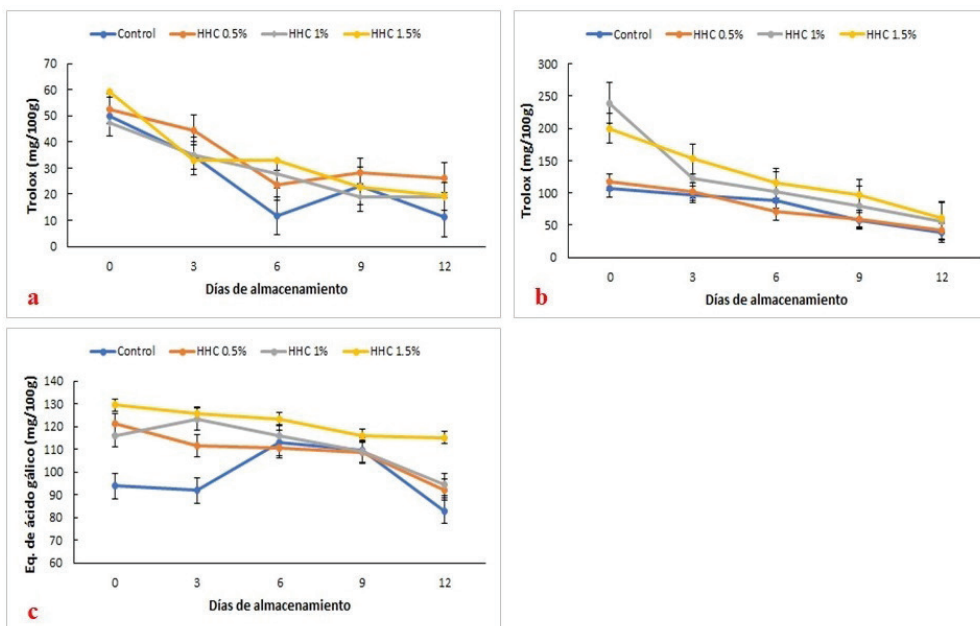


Figura 4. Actividad antioxidante y polifenoles totales en hamburguesas de carne de pavo según la interacción entre la concentración de harina de hojas de чай (0, 0.5, 1.0 y 1.5 %) y periodo de almacenamiento (0, 3, 6, 9 y 12 d). a) DPPH, b) ABTS+ y c) Polifenoles totales. **Fuente:** Elaboración propia.

Finalmente, la mayor concentración de polifenoles totales se obtuvo en las hamburguesas adicionales con 1.5 % de harina de hojas de chaya (125.90 mg de Ac. Gálico/100g), mientras que la menor concentración (82.85 mg de Ac. Gálico/100g) se observó en las hamburguesas no tratadas. La relación entre la concentración de polifenoles totales con el porcentaje de chaya utilizado para la formulación se debe a los diferentes grupos fenólicos que han sido identificados como cumarinas, flavonoides, taninos, antraquinonas y flobotaninas. De estos compuestos fenólicos uno de los que más destacan son los flavonoides, de los cuales se ha identificado la hesperidina, el kaempferol, el ácido protocatéuico, la quercetina y la rutina (Kuri-García et al., 2017).

La importancia de estos compuestos se debe a que se han asociado a características antioxidantes que impiden el estrés oxidativo generado por los radicales libres formados en el cuerpo. Además de efectos farmacológicos como hipoglucémicos mediante la disminución de la absorción de glucosa, y la reducción de la hiperlipidemia (Ramos-Gomez et al., 2017). Estos resultados corroboran el potencial de la adición de harina de chaya a la carne de pavo. Debido a que la presencia de estos antioxidantes, permitiría aumentar la vida de anaquel, pero además le daría características funcionales a este producto, abriendo la posibilidad de adicionar esta harina a otro tipo de productos cárnicos.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados observados, la adición de harina de hojas de chaya en hamburguesas de carne de pavo modificó el pH y los parámetros de color durante el periodo de almacenamiento. Los compuestos fenólicos presentes en las hojas de chaya permitieron retrasar la oxidación lipídica en la carne, lo que correspondió con el aumento de la actividad antioxidante conforme se incrementó el porcentaje de harina de chaya en la formulación. Se sugiere la adición del 1.0 a 1.5 % de harina de chaya a hamburguesas elaboradas con este tipo de carne. Esto demuestra una estrategia eficiente para el aumento de la vida de anaquel de algunos productos cárnicos; adicionalmente, pueden ser considerados como alimentos más saludables, porque podría reemplazar a los antioxidantes sintéticos. Se requiere un estudio sensorial para evaluar la aceptación general del producto.

Referencias

- Al-Rimawi, F., Tarawa, M.S., Elama, C. (2017). Olive leaf extract as natural antioxidant additive of fresh hamburger stored at 4°C running title: Antioxidants from olive leaves in hamburger. *American Journal of Food Science and Technology*, 5(4): 162–166.
- Avila-Nava, A., Alarcón-Telésforo, S.L., Talamantes-Gómez, J.M., Corona, L., Gutiérrez-Solis, A.L., Lugo, R., Márquez-Mota, C.C. (2022). Development of a functional cookie formulated with Chaya (*Cnidioscolus aconitifolius* (Mill.) I.M. Johnst) and amaranth (*Amaranthus cruentus*). *Molecules*, 27(21): 7397.
- Baéza, E., Guillier, L., Petracchi, M. (2022). Review: Production factors affecting poultry carcass and meat quality attributes. *Animal*, 16: 100331.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., Berset, C. L. W. T. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*, 28(1), 25-30.
- Carrillo, L. de la R., Wál-Medrano, A., Díaz, J. A. L., Álvarez-Parrilla, E. (2013). Compuestos polifenólicos y capacidad antioxidante de especias típicas consumidas en México. *In Nutricion Hospitalaria*, 28(1): 36–46.
- Chin-Chan, T., Ortiz-García, M.M., Ruíz-Gil, P.J., Martínez-Castillo, J. (2021). Diversidad genética de la chaya (*Cnidioscolus aconitifolius* Mill.) I. M. Johnst. *ssp. aconitifolius*) en Yucatán, México, su posible centro de domesticación. *Polibotanica*, 51: 185–201.
- El-Din-Ibrahim, M.E., Alqurashi, R.M., Alfaraj, F.Y. (2022). Antioxidant activity of *Moringa oleifera* and *Olive Olea europaea* L. leaf powders and extracts on quality and oxidation stability of chicken burgers. *Antioxidants*, 11: 496.
- Estévez-Moreno, L.X., Miranda-de la Lama, G.C. (2022). Meat consumption and consumer attitudes in México: Can persistence lead to change? *Meat Science*, 193: 10894.
- Fruet, A.P.B., Nörnberg, J.L., Calkins, C.R., De Mello, A. (2019). Effects of different antioxidants on quality of beef patties from steers fed low-moisture distillers grains. *Meat Science*, 154: 119–125.
- Godínez-Santillán, R.I., Chávez-Servín, J.L., García-Gasca, T., Guzmán-Maldonado, S.H. (2019). Phenolic characterization and antioxidant capacity of alcoholic extracts from raw and boiled leaves of *Cnidioscolus aconitifolius* (Euphorbiaceae). *Acta Botanica Mexicana*, 126: e1493.
- Gong, Y., Parker, R.S., Richards, M.P. (2010). Factors affecting lipid oxidation in breast and thigh muscle from chicken, turkey and duck. *Journal of Food Biochemistry*, 34: 869–885.
- Graciano-Cristóbal, M.J., Rodríguez-Carpena, J.G., Balois-Morales, R., Jiménez-Ruiz, E.I., Bautista-Rosales, P.U. (2022). Efecto de extractos naturales sobre la estabilidad oxidativa de hamburguesas de carne de cerdo durante el almacenamiento refrigerado. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 13(2): 323–339.
- Hajlaoui, H., Arraouadi, S., Mighri, H., Chaaibia, M., Gharsallah, N., Ros, G., Nieto, G., Kadri, A. (2019). Phytochemical constituents and antioxidant activity of *Oudneya africana* L. leaves extracts: evaluation Effects on fatty acids and proteins oxidation of beef burger during refrigerated storage. *Antioxidants*, 8: 442.
- Hamami, M.A.H., Ahmed, I.A.M., Al-Juhaimi, F.Y., Shoqairan, Y.I., AbuDujayn, A.A., Babiker, E.E. (2024). Utilization of *Grewia tenax* fruit dried-ground as a preservative and antioxidant in beef burgers. *CYTA – Journal of Food*, 22(1): 2341794.

- Kuri-García, A., Chávez-Servín, J.L., Guzmán-Maldonado, S.H. (2017). Phenolic profile and antioxidant capacity of *Cnidoscopus chayamansa* and *Cnidoscopus aconitifolius*: A review. *Journal of Medicinal Plants Research*, 11(45): 713–727.
- Martysiak-Żurowska, D., Wenta, W. (2012). A comparison of ABTS and DPPH methods for assessing the total antioxidant capacity of human milk. *Acta scientiarum polonorum technologia alimentaria*, 11(1): 83–89.
- Mashau, M.E., Ramatsetse, K.E., Ramashia, S.E. (2021). Effects of adding *Moringa oleifera* leaves powder on the nutritional properties, lipid oxidation and microbial growth in ground beef during cold storage. *Applied Sciences*, 11: 2944.
- Mir, N.A., Rafiq, A., Kumar, F., Singh, V., Shukla, V. (2017). Determinants of broiler chicken meat quality and factors affecting them: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 54(10): 2997–3009.
- Olvera-Aguirre, G., Piñeiro-Vázquez, Á.T., Sanginés-García, J., Sánchez-Zárate, A., Ochoa-Flores, A.A., Segura-Campos, M.R., Vargas-Bello-Pérez, E., Chay-Canul, A.J. (2023). Using plant-based compounds as preservatives for meat products: A review. *Helvion*, 9: e17071.
- Petcu, C.D., Mihai, O.D., Tăpăloagă, D., Gheorghe-Irîmia, R.-A., Pogurschi, E.N., Militaru, M., Borda, C., Ghimpeteanu, O.-M. (2023). Effects of plant-based antioxidants in animal diets and meat products: A review. *Foods*, 12: 1334.
- Pérez-González, M.Z., Gutiérrez-Rebolledo, G.A., Jiménez-Arellanes, M.E. (2016). Importancia nutricional, farmacológica y química de la chaya (*Cnidoscopus chayamansa*). Revisión bibliográfica. *Temas de Ciencia y Tecnología*, 20(60): 43–56.
- Quiñones, M., Miguel, A., Alexandre, A. (2012). Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutrición Hospitalaria*, 17(1): 76–89.
- Quintero-Rodríguez, B.J., Romo-Valdez, A.M., Cervantes-Noriega, A., Portillo-Loera, J.J., Rios-Rincón, F.G. (2023). Efecto del nivel de marinado y del tiempo de almacenamiento en la estabilidad del color de carne fresca de bovino. *Nacameh*, 17(1): 28–41.
- Ramos-Gomez, M., Figueroa-Pérez, M. G., Guzman-Maldonado, H., Loarca-Piña, G., Mendoza, S., Quezada-Tristán, T., Reynoso-Camacho, R. (2017). Phytochemical profile, antioxidant properties and hypoglycemic effect of chaya (*Cnidoscopus chayamansa*) in Stz-induced diabetic rats. *Journal of Food Biochemistry*, 41(1): e12281.
- Ripke-Ferreira, C.S., Figueiredo-Saqueti, B.H., Silva dos Santos, P.D., Martins da Silva, J., Matiucci, M.A., Feihrmann, A.C., Graton-Mikcha, J.M., Oliveira-Santos, O. (2022). Effect of *Salvia officinalis* on the oxidative stability of salmon hamburgers. *LWT - Food Science and Technology*, 154: 112867.
- Ross-Ibarra, J., Molina-Cruz, A. (2002). The ethnobotany of Chaya (*Cnidoscopus aconitifolius* ssp. *aconitifolius* Breckon): A nutritious Maya Vegetable. *Economic Botany*, 56: 350–365.
- Ruedt, C., Gibis, M., Weiss, J. (2023). Meat color and iridescence: Origin, analysis, and approach to modulation. *Comprehensive Review in Food Science and Food Safety*, 22(4): 3366–3394.
- Sánchez-Mendoza, N.A., Dávila-Ortiz, G., Jiménez-Martínez, C. (2016). Péptidos con actividad antioxidante provenientes de fuentes animales y vegetales. En M.E. Ramírez-Ortiz (Ed.). *Alimentos Funcionales de Hoy*. Barcelona, España: OmniaScience. Pp. 117-142
- SAS. 2016. SAS/STAT® 14.2 User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Sarica, M., Ocak, N., Turhan, S., Kop, C., Yamak, U.S. (2011). Evaluation of meat quality from 3 turkey genotypes reared with or without outdoor access. *Poultry Science*, 90: 1313–1323.
- Singleton, V.L., Orthofer, R., Lamuela-Raventos, R.M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299: 152–178.
- Us-Medina, U., Millán-Linares, M.C., Arana-Argaes, V.E., Segura-Campos, M.R. (2020). Actividad antioxidante y antiinflamatoria in vitro de extractos de chaya (*Cnidoscopus aconitifolius* (Mill.) I.M. Johnston). *Nutrición Hospitalaria*, 37(1): 46–55.
- Velázquez, L., Quiñones, J., Díaz, R., Pateiro, M., Lorenzo, J.M., Sepúlveda, N. (2021). Natural antioxidants from endemic leaves in the elaboration of processed meat products: Current status. *Antioxidants*, 10: 1396.

Red de Universidades Estatales para la Transformación (UNIRT)

**7 Universidades
y 12 Campus**

**Universidad Tecnológica
de la Mixteca
(UTM)**
Huajuapán

**Universidad del Mar
(UMAR)**

Campus Puerto Escondido,
Puerto Ángel, Huatulco
y Oaxaca

**Universidad del Istmo
(UNISTMO)**

Campus Tehuantepec,
Ixtepec y Juchitán

**Universidad del
Papaloapan
(UNPA)**

Campus Loma Bonita
y Tuxtepec

**Universidad de la
Sierra Sur
(UNSI)**

Miahuatlán

**Universidad de la Sierra
Juárez (UNSIJ)**

Ixtlán de Juárez

**Universidad de la
Cañada
(UNCA)**

Teotitlán de Flores Magón

257
edificios

31 Institutos
de
Investigación



202 Laboratorios
24 Talleres

Universidades ecológicas:
Los campus universitarios
son bosques con
la flora y fauna endémicas

82 carreras,
de las cuales la mayoría
son **de áreas STEM**

46 posgrados:
12 Doctorados
y 34 Maestrías



Más de
11,000 alumnos
Más de
1,000 profesores
de tiempo completo

Ensayo de Investigación

Identificación de principales fallas en la instalación de calentadores solares de tubos al vacío por gravedad a baja presión Identification of main failures in the installation of low-pressure gravity vacuum tube solar heaters

Brandon L. Lazo-Cervantes¹, Jesús I. Toledo-Díaz¹, Estefanía López-Gómez¹, Dunia Ruiz-Villalobos¹, Gerardo Alameda-Alonso¹, Mildred Camacho-Carlock¹, J.A. Rojas-Escobar¹, Efraín Dueñas-Reyes¹, Isaac Montoya De Los Santos^{1*}

¹Instituto de Estudios de la Energía
Universidad del Istmo

*Autor de correspondencia:
isaacms88@gmail.com

Recibido:02-05-2024 Aceptado: 26-12-2025 (Artículo Arbitrado)

Resumen

La energía solar, una fuente limpia y renovable, ha adquirido una importancia creciente en la búsqueda de alternativas sostenibles para satisfacer nuestras necesidades energéticas. Dentro de esta categoría, los calentadores solares de tubo de vacío destacan como tecnologías eficientes para elevar la temperatura del agua en los hogares. Sin embargo, su rendimiento óptimo está intrínsecamente ligado a una correcta instalación. En este ensayo, se explora la relevancia crucial de una instalación adecuada en la reducción de fallas en este tipo de tecnología. Desde la ubicación hasta la alineación precisa, desempeñan un papel fundamental para maximizar la captación de radiación solar, optimizar la transferencia térmica y, en última instancia, asegurar la fiabilidad a largo plazo de estos sistemas. Tras llevar a cabo una inspección a 30 instalaciones en diversas localidades de los Valles Centrales de Oaxaca y un análisis estadístico detallado, se ha confirmado que el 100% presentó una falla en la instalación, el 40% dos fallas y el 10 % tres fallas. La atención a estos detalles no solo impulsaría la eficiencia energética, sino que también contribuiría a la durabilidad y sostenibilidad de la tecnología, marcando un paso significativo hacia un futuro energético más limpio y respetuoso con el medio ambiente.

Palabras clave: Estándar de competencia EC0325, Inspección de instalaciones, Normas NOM-027ENER/SCFI- 2018.

Abstract

Solar energy, a clean and renewable source, has acquired increasing importance in the search for sustainable alternatives to satisfy our energy needs. Within this category, vacuum tube solar heaters are efficient technologies to raise home water temperature. However, its optimal performance is intrinsically linked to correct installation. This essay explores the crucial relevance of proper installation in reducing failures in this type of technology. From location to precise alignment, they play a critical role in maximizing solar radiation harvesting, optimizing heat transfer, and ultimately ensuring the long-term reliability of these systems. After inspecting 30 facilities in various locations in the Central Valleys of Oaxaca and a detailed statistical analysis, it has been confirmed that 100% had one installation failure, 40% had two failures, and 10% had three failures. Attention to these details would not only boost energy efficiency but also contribute to the durability and sustainability of the technology, marking a significant step towards a cleaner, more environmentally friendly energy future.

Keywords: Competition standard EC0325, Inspection of facilities, NOM-027ENER/SCFI-2018 Standards

Introducción

El aprovechamiento de la radiación solar ha experimentado avances constantes en la actualidad. La humanidad ha reconocido su potencial como una fuente de energía prácticamente inagotable, asequible y no contaminante (Zhang et al., 2021). A lo largo de la historia, se ha empleado para una amplia gama de propósitos tecnológicos. Entre estos usos, la con-

versión de la radiación solar en calor, conocida como efecto foto-térmico. El calor se transfiere y transforma de diversas maneras, lo que ha dado lugar a la creación de varias tecnologías solares térmicas que utilizamos en la actualidad (John Calle M.Sc, Jorge Fajardo, 2010). De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2018), el 43.5 % de los

hogares en el país utilizan algún tipo de calentador de agua, lo que representa un total de 14.6 millones de unidades. De esta cifra, once millones corresponden a calentadores de agua a gas, mientras que dos millones son calentadores solares. No obstante, la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE, 2018) señala que en México existen diversas barreras que han restringido la adopción de la energía solar para el calentamiento de agua. Entre estas barreras se encuentra la desconfianza por parte de potenciales usuarios y compradores, motivada por la escasa difusión de información precisa y las deficientes prácticas de instalación. Estos factores incluyen la omisión de componentes mínimos obligatorios, la incorrecta orientación de los equipos, la selección inadecuada de la ubicación para evitar sombras y la falta de mantenimiento básico, como el reemplazo de la barra de sacrificio, entre otros.

El propósito central de este trabajo es analizar las principales fallas en la instalación de calentadores solares de tubos al vacío, así como recopilar evidencia fotográfica de las distintas fallas encontradas en los Valles Centrales de Oaxaca. También información crucial para llevar a cabo una instalación precisa en línea por el estándar de competencia E0325 (Conocer, 2016). Así mismo, se seguirán las normativas relacionadas con los calentadores solares (SEGOB, 2008) y los calentadores a gas (SEGOB, 2018). Además, se prevé que el equipo sea capaz de alcanzar una temperatura de agua caliente entre 65°C y 70°C, aprovechando el promedio anual de irradiación solar estimado en 5 kWh/m² por día (Mundo-hernández et al., 2014). Estas acciones se traducirán en beneficios notables para el rendimiento óptimo del equipo.

¿Qué es un calentador solar?

Un calentador solar es un sistema que emplea los cambios de densidad del fluido de transferencia de calor para obtener la circulación entre el colector y el dispositivo de almacenamiento (Tian & Zhao, 2013). Este sistema (colector solar de tubos al vacío) también llamado termosifón es de los más sencillos porque son de circulación natural. Además, son de bajo costo al no necesitar un equipo de bombeo y estos son mayormente utilizados en climas cálidos debido a que el depósito se encuentra en el exterior. El funcionamiento de este sistema ocurre por convección

natural. Para que empiece a circular el fluido interior debe existir una variación en la temperatura mínima entre los tubos de vacío y el depósito (Suman et al., 2015). Si no se logra tener una diferencia de temperatura suficiente, el calor no se aprovecha y se libera al medio ambiente debido a que el fluido no está en movimiento.

Tipos de colectores

El uso de los colectores solares domésticos es cada vez más común, debido a esto es de gran importancia conocer las diferentes tecnologías existentes. Para uso residencial, una clasificación puede ser mediante el criterio de presión del trabajo de fluido. Por lo cual se clasifican en colectores de baja y alta presión (Figura 1).

Componentes de un calentador solar

Los calentadores solares representan una solución innovadora y ecológica para la generación de agua caliente, aprovechando eficientemente la energía solar para su funcionamiento. Como se muestra en la Figura 2, estos sistemas se componen de varios elementos esenciales, como el tanque interior, el aislamiento entre tanques, el tanque exterior, los anillos de silicona, los tubos de vidrio al vacío y la base. Cada uno de estos componentes desempeña un papel

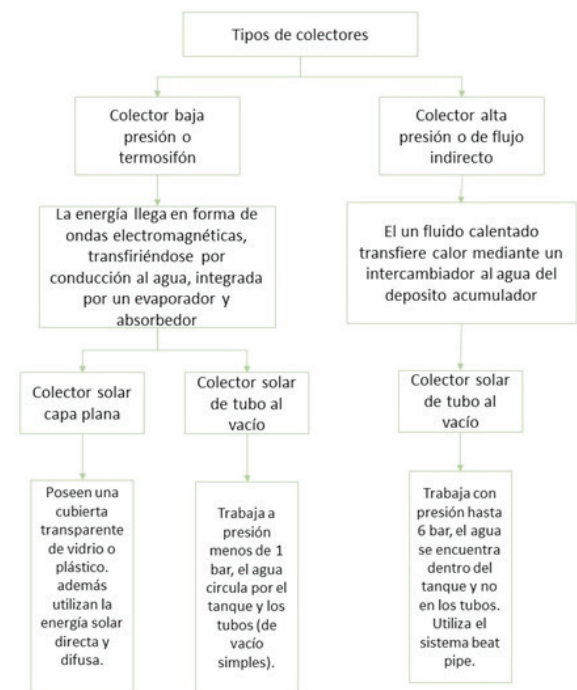


Figura 1. Tipos de calentadores. Fuente: Elaboración propia.

crucial en el proceso de captación, transferencia y retención de la energía solar, contribuyendo a la generación de agua caliente de manera sostenible y eficaz (Kumar et al., 2020). En Figura 3, se muestran los tipos de estructuras empleadas en los tubos de vacío.

Metodología

Se realizó una revisión del estándar de competencia E032, para comparar y determinar los requerimientos mínimos para la instalación de colectores solares de acuerdo a las normas NOM- 027-ENER/SCFI-2018 y NMX-ES-003-NORMEX-2008. Además, se consideró información pertinente de manuales de usuario de los calentadores solares de tubos al vacío a baja presión independientes y con respaldo de un calentador de agua que utiliza gas L.P.

Con base a los requerimientos mínimos determinados en la revisión anterior, se realizaron 30 inspecciones visuales en localidades de los Valles Centrales de Oaxaca, como son: San Antonio de la Cal, Santa

Cruz Xoxocotlán, Villa de Zaachila, Santa Lucía del Camino, Tlacolula de Matamoros y el municipio de Oaxaca de Juárez.

Análisis de resultados

Durante las visitas a los lugares mencionados en la metodología, se pudieron observar distintas fallas en la instalación, las cuales se presentan en este apartado. Como primer punto, al analizar las fallas se tiene que tener en cuenta que para tener un desempeño óptimo del calentador tiene que haber una correcta ubicación del calentador solar, dentro de este ámbito con base a lo establecido por la bibliografía mencionada en la metodología, la correcta instalación de un calentador solar debe considerar ciertas características como son la orientación, inclinación, sombras, así como contener los componentes mínimos obligatorios. Los efectos de las fallas encontradas son detallados a continuación:

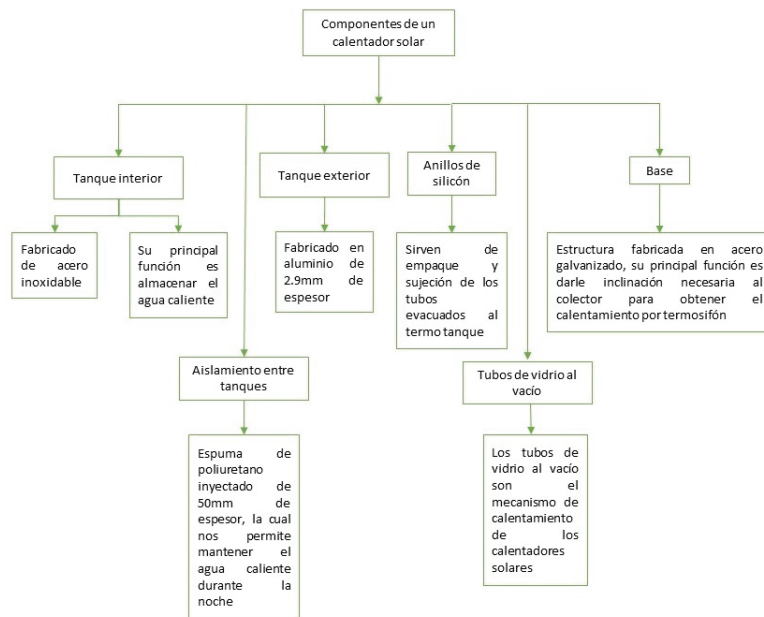


Figura 2. Componentes de un calentador solar.

Fuente: Elaboración propia.

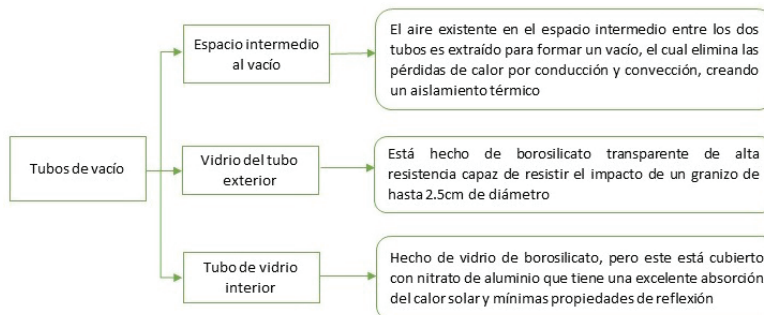


Figura 3. Estructura de tubos al vacío.

Fuente: Elaboración propia.

Orientación del calentador solar

La orientación adecuada tiene como objetivo maximizar la exposición del calentador solar a la radiación solar directa, optimizando así la captación de energía (Bari, 2001).

En el hemisferio norte, el sol se desplaza principalmente en el cielo desde el este hacia el oeste y alcanza su punto más alto en el sur del cielo. Orientar un calentador solar hacia el sur en el hemisferio norte permite que reciba la máxima cantidad de luz solar directa durante el día. Por lo tanto, un calentador solar ubicado en México debe tener una orientación hacia el sur geográfico, sin embargo, es común ver equipos orientados hacia otras direcciones como en el municipio de Santa Lucía del camino (Figura 4a), que tiene una orientación noroeste, en donde se observa un sombreado parcial en la parte superior derecha causado por el termotanque, en cambio en la Cd. De Oaxaca de Juárez (Figura 4b), el colector solar está orientado hacia el oeste en donde se observó un sombreado total en las mañanas (7-11 am). Estas malas orientaciones provocaron que no se aprovechara de manera correcta las horas solares.

Sombras

La eficiencia de un calentador solar se ve comprometida por la presencia de sombras. Estas pueden variar la captación de radiación solar según el nivel del porcentaje de sombreado (sombras parciales) (J. Bany, 1987). Oaxaca de Juárez presenta condiciones climáticas favorables debido a su ubicación geográfica (altitud y la latitud), que contribuyen a un clima soleado y cálido. Sin embargo, la eficiencia de estos sistemas térmicos puede ser significativamente afectada por sombras generadas por edificaciones, árboles u otros obstáculos. Estas fallas fueron observadas en diferentes localidades, como fue en el caso de Santa Lucía del Camino (Figura 5a), en donde se observó por la tarde un sombreado total debido a una edificación que está instalada en la parte de atrás del colector, a diferencia de las regiones de Santa Lucía del Camino y San Antonio de la Cal (Figura 5b, 5c), respectivamente. En estas últimas se observó un sombreado parcial causado por muros que están frente al colector. Por tanto, el sistema debe instalarse en áreas sin obstrucciones para garantizar un rendimiento óptimo. La ubicación estratégica, desempeña un papel fundamental al maximizar la exposición solar que es vital para generar el efecto fototérmico necesario.



Figura 4. Efecto de la mala orientación de los calentadores solares: a) Santa Lucía del Camino, b) Cd. De Oaxaca de Juárez.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 5. Evidencia fotográfica de instalación con sombras: a) Santa Lucía del Camino, b) Cd. De Oaxaca de Juárez y c) San Antonio de la Cal.

Fuente: Elaboración propia.

Omisión de válvula check

Una válvula check es un dispositivo mecánico diseñado para permitir el flujo unidireccional de agua, y al mismo tiempo bloquea el flujo en dirección contraria (Kim & Jeong, 2021). Por normatividad se debe instalar esta válvula en la entrada de agua fría entre el tinaco y el calentador solar. Esto, para evitar retornos de agua caliente del termotanque hacia el tinaco para así disminuir significativamente la capacidad de agua caliente generada por el equipo.

Por otro lado, otro efecto negativo de su omisión surge cuando existe una demanda de agua fría en la vivienda y al no haber en el tinaco, esta se drena del termotanque, quedando con una mínima porción de agua. Este efecto (falla) se pudo observar en las localidades de estudio en el caso de San Antonio de la Cal, Villa de Zaachila, Tlacolula de Matamoros, Santa Lucía del Camino (Figura 6a, 6b, 6c y 6d), respectivamente. Además, este tipo de falla puede generar un choque térmico en los tubos dañando completamente el desempeño del equipo debido a que se genera vapor de agua dentro del calentador solar y al momento de llenarse de agua fría el termotanque se comprime generando un cambio abrupto de temperaturas.

Elevación del tinaco

La elevación del tinaco es un punto muy importante para los calentadores solares ya que el equipo funciona por gravedad y este debe estar por encima de la altura del termotanque (Assari et al., 2018). Según los datos del fabricante STI, los calentadores de tubos al vacío trabajan por gravedad en óptimas condiciones cuando tiene una diferencia de elevación entre el tinaco y el termotanque entre 1 y 1.5 metros. Con esto, se puede asegurar el óptimo funcionamiento del equipo, el cual está diseñado a trabajar a presiones de entre 0.2 y 0.5 kg/cm² (Conocer, 2016), debido a que es abierto a la atmósfera y con conexión directa de la red hidráulica del tinaco. De lo contrario, al instalarse por debajo de un metro de elevación, el sistema no tendría la presión suficiente para el transporte del fluido, como fue en el caso de Tlacolula de Matamoros y Santa Cruz Xoxocotlán (Figura 7a, 7b). Por otro lado, si la altura es mayor a 1.5 metros la presión aumentaría y podría dañar el termotanque del sistema, esto se observó en la Ciudad de Oaxaca de Juárez (Figura 7c), en donde el colector solar tenía una elevación de 2.1 m.



Figura 6. Calentador solar sin válvula check: a) San Antonio de la Cal, b) Villa de Zaachila, c) Tlacolula de Matamoros y d) Santa Lucía del Camino.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 7. Calentador solar instalado sin elevar el tinaco en una altura óptima: a) Tlacolula de Matamoros, b) Santa Cruz Xoxocotlán y c) Cd. de Oaxaca de Juárez.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 8. Calentador solar instalado sin válvulas anti-quemaduras: a) Tlacolula de Matamoros, b) San Antonio de la Cal y c) Cd. de Oaxaca de Juárez.

Fuente: Elaboración propia.

Omisión válvulas anti-quemaduras

La válvula anti-quemadura (A.Q.) desempeña un papel fundamental que es regular la temperatura del agua caliente proveniente del calentador solar, impidiendo que alcance niveles peligrosos susceptibles de causar quemaduras o lesiones. Este dispositivo es esencial para cumplir con los estándares de seguridad establecidos por la normativa vigente y se rige como un componente indispensable que contribuye significativamente a la prevención de accidentes, salvaguardando así la integridad de los usuarios. Según Sabiha et. al. (Sabiha et al., 2015), la salida de agua caliente alcanza temperaturas entre 50 a 200 °C. Por lo tanto, resulta imperativo incorporar dicha válvula para restringir la temperatura de extracción a $55\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$, conforme a lo estipulado por la NOM-027-ENER/SCFI-2018. Cabe destacar que, durante la exhaustiva revisión de las diferentes fallas, no se detectó la presencia de ninguna válvula instalada. (Véase Figura 8a, 8b, 8c).

Falla en la instalación de by pass




El bypass es un arreglo hidráulico que sirve para derivar el agua a diferentes circuitos. Por normatividad se debe hacer una correcta instalación de válvulas corte cuando existe un calentador solar con respaldo de un calentador de agua que utiliza combustible de gas L.P., o gas natural. El sistema debe contar con una válvula de desviación que le permita operar en 3 diferentes modalidades: de manera independiente, conjunta con el calentador a gas e independiente al calentador a gas (véase Tabla 1). Como

se observa en la Figura 9a, 9b, la entrada de agua fría tanto del calentador solar como el calentador a gas no cuenta con la válvula de corte. La falla radica en que el boiler al detectar agua fría tiende a calentar, sin embargo, no solo eleva la temperatura de la red hidráulica del agua caliente, sino también se dirige y almacena en el termostanque del calentador solar y viceversa. Cuando el calentador solar calienta el agua sanitaria y no cuenta con una válvula de corte en la salida (agua caliente) se dirige y se almacena en el boiler. Esto produce una reducción de agua caliente que se suministra al usuario. Además, en caso de algún fallo en los equipos no es posible independizar su red hidráulica, así como también no se pueden realizar los mantenimientos requeridos.



Figura 9. Instalación incorrecta de by pass. a) y b) Villa de Zachila. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1. Funcionamiento de válvulas en sus tres modalidades.

FUNCIÓN	ESPECIFICACIONES	RUTA
El calentador solar funcionara sin respaldo del calentador de gas.	1. Abierta 2. Abierta 3. Cerrada 4. Cerrada	
El calentador solar funcionara con el apoyo de respaldo del calentador de gas.	1. Abierta 2. Abierta 3. Abierta 4. Abierta	
Calentador solar anulado, solo funcionará el respaldo de gas.	1. Cerrada 2. Cerrada 3. Abierta 4. Abierta	

Fuente: Elaboración propia.

Estadística

Se realizaron un total de 30 inspecciones en diferentes lugares de la Cd. de Oaxaca de Juárez, en donde están instalados calentadores solares de tubos al vacío por gravedad a baja presión, de los cuales, se encontraron y agruparon en 3 diferentes rubros (véase Figura 10):

El primero, es un punto a resaltar pues el 100 % de los calentadores solares inspeccionados no presentaba en la instalación la válvula anti-quemaduras, componente que es obligatorio resaltado en la normatividad NOM-027-ENER/SCFI- 2018; al igual que el estándar de competencia EC0325. Un calentador solar oscila en un rango de temperatura de entre los 50 a 200 °C logrando ocasionar alguna quemadura (Sabiha et al., 2015). Sin embargo, el 50 % de los equipos inspeccionados solo presentan esta única falla en la instalación, a este rubro se le identificó como equipos con una falla.

El segundo, es que un 40 % de las inspecciones realizadas además de la falta de la válvula anti-quema-

das presentan alguna subvertiente, esta se identificó como equipos con 2 fallas en la instalación (Figura 11). Las cuales son que el 6.66 % están bajo sombras, otro 6.66 % mal orientados, un 16.6 % sin válvula check, un 3.3 % con elevación del tinaco inadecuada y un 6.6 % de los equipos sin las válvulas pertinentes para la desviación by pass.

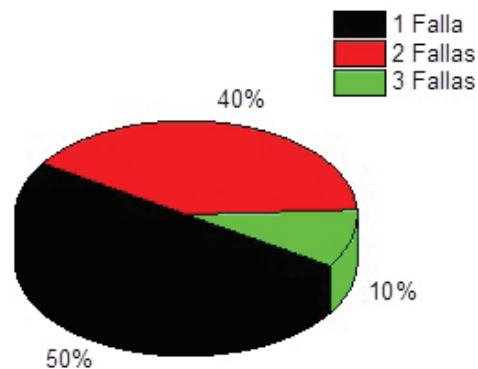


Figura 10. Porcentaje de fallas encontradas durante las inspecciones. Fuente: Elaboración propia.

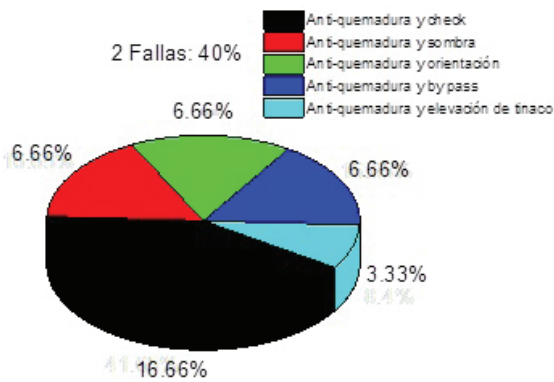


Figura 11. Porcentaje de equipos con 2 fallas encontrados durante las inspecciones. **Fuente:** Elaboración propia.

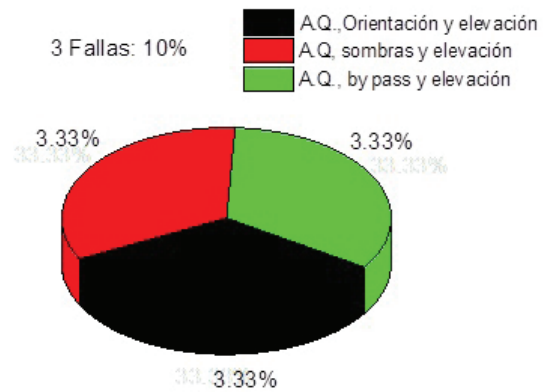


Figura 12. Porcentaje de equipos con 3 fallas encontrados durante las inspecciones. **Fuente:** Elaboración propia.

El tercero, es que en un 10 % de los equipos inspeccionados además de la falta de válvula anti-que-maduras presentan alguna subvariante, esta se identificó como equipos con 3 fallas en la instalación (Figura 12). Siendo un 3.33 % una orientación diferente al sur geográfico y elevación del tinaco inferior a la adecuada, un 3.33 % un equipo bajo sombras y una elevación superior a la adecuada. Por último, un 3.33 % con una elevación del tinaco superior a la adecuada y sin las válvulas pertinentes para la desviación by pass.

Diseño en 3d de una correcta instalación

En respuesta a las deficiencias identificadas en diversas localidades inspeccionadas, se diseñó un esquema tridimensional que asegura una instalación óptima. Este esquema incorpora los componentes mínimos obligatorios en conformidad con los estándares de competencia establecidos (Figura 13 y 14). No obstante, es fundamental proporcionar información adecuada a los usuarios finales sobre el correcto uso y mantenimiento del sistema. Conocer las me-

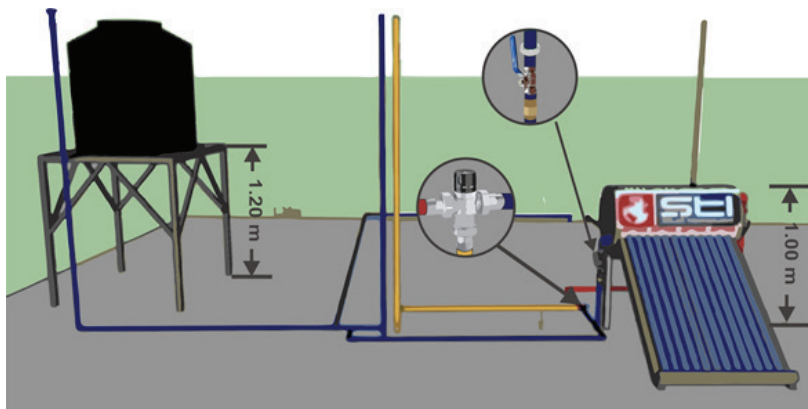


Figura 13. Diseño en 3D (Delantera). **Fuente:** Elaboración propia.

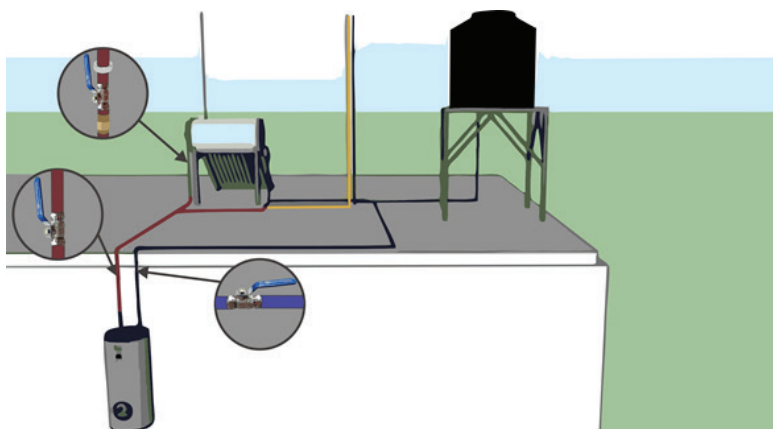


Figura 14. Diseño en 3D (Trasera). **Fuente:** Elaboración propia.

jores prácticas y comprender el funcionamiento del calentador solar de tubos de vacío permitiría aprovechar al máximo sus beneficios y prevenir posibles problemas.

Conclusiones

El uso adecuado de un calentador solar de tubos de vacío es esencial para maximizar su eficiencia y aprovechar al máximo sus beneficios. Su correcta instalación es un factor determinante para su eficiencia y durabilidad. Es crucial seguir las especificaciones y recomendaciones del fabricante durante la instalación, prestando especial atención a la orientación y la inclinación adecuadas para maximizar la captación solar. Tras analizar diversos aspectos relacionados con su funcionamiento e instalación, se pueden extraer las siguientes conclusiones sobre su correcta instalación para la omisión de fallas. Cada instalador debe informarse y aplicar lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-027-ENER/SCFI-2018 y NMX-ES-003-NORMEX-2008, al igual que el manual de instalación del fabricante sin omitir algún componente o indicación. Además, se debe considerar el estándar de competencia EC0325 con título “Instalación de sistema de calentamiento solar de agua termosifónico en vivienda sustentable”. Finalmente, la instalación correcta (libre de fallas) de un calentador solar de tubos de vacío implica no solo la elección de un sistema eficiente, sino también la atención meticulosa a la instalación y al mantenimiento continuo.

Referencias

Assari, M. R., Basirat Tabrizi, H., & Savadkoohy, M. (2018). Numerical and experimental study of inlet-outlet locations effect in horizontal storage tank of solar water heater. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 25(August 2017), 181–190. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2017.12.009>

Bari, S. (2001). Optimum orientation of domestic solar water heaters for the low latitude countries. *Energy Conversion and Management*, 42(10), 1205–1214. [https://doi.org/10.1016/S0196-8904\(00\)00135-7](https://doi.org/10.1016/S0196-8904(00)00135-7)

Conocer. (2016). *Instalación de sistema de calentamiento solar de agua termosifónico en vivienda sustentable*. 01, 1–23.

CONUEE. (2018). *Calentamiento solar de agua Normatividad. gob. mx*. <https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/calentamiento-solar-de-agua-normatividad>

INEGI. (2018). *Encuesta Nacional sobre Consumo de Energéticos en Viviendas Particulares*.

J. Bany, J. A. (1987). *The EFFECT of Shading on the Design of a Field of Solar Collectors*. 20, 201–228. [https://doi.org/10.1016/0379-6787\(87\)90029-9](https://doi.org/10.1016/0379-6787(87)90029-9)

John Calle M.Sc, Jorge Fajardo, L. S. (2010). Agua caliente sanitaria de uso doméstico con Energía Solar, una alternativa para la ciudad de Cuenca. *Revista de Ciencia y Tecnología*, 10.

Kim, N. S., & Jeong, Y. H. (2021). An investigation of pressure build-up effects due to check valve's closing characteristics using dynamic mesh techniques of CFD. *Annals of Nuclear Energy*, 152(xxxx), 107996. <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2020.107996>

Kumar, A., Said, Z., & Bellos, E. (2020). An up - to - date review on evacuated tube solar collectors. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, January*. <https://doi.org/10.1007/s10973-020-09953-9>

Mundo-hernández, J., Celis, B. De, Hernández-álvarez, J., & Celis-carrillo, B. De. (2014). An overview of solar photovoltaic energy in Mexico and Germany. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, 639–649. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.12.029>

Papaefthimiou, M. S. R. S. S., & Andriosopoulos, I. J. L. K. (2015). *Integrated collector storage solar water heaters : survey and recent developments*. <https://doi.org/10.1007/s12667-014-0139-z>

Sabiha, M. A., Saidur, R., Mekhilef, S., & Mahian, O. (2015). Progress and latest developments of evacuated tube solar collectors. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 51, 1038–1054. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.016>

SEGOB. (2008). *NMX-ES-003-NORMEX-2008: ENERGIA SOLAR-REQUERIMIENTOS MINIMOS PARA LA INSTALACION DE SISTEMAS SOLARES TERMICOS, PARA CALENTAMIENTO DE AGUA*. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5054251&fecha=24/07/2008#gsc.tab=0

SEGOB. (2018). *NOM-027-ENER/SCFI-2018: Rendimiento térmico, ahorro de gas y requisitos de seguridad de los calentadores de agua solares y de los calentadores de agua solares con respaldo de un calentador de agua que utiliza como combustible gas L.P. o gas natural*. Espec. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5536063&fecha=28/08/2018#gsc.tab=0

Suman, S., Kaleem, M., & Pathak, M. (2015). Performance enhancement of solar collectors — A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 192–210. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.087>

Tian, Y., & Zhao, C. Y. (2013). A review of solar collectors and thermal energy storage in solar thermal applications. *Applied Energy*, 104, 538–553. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.11.051>

Zhang, Z., Ding, T., Zhou, Q., Sun, Y., Qu, M., Zeng, Z., Ju, Y., & Li, L. (2021). *A review of technologies and applications on versatile energy storage systems*. 148(January). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021>.

Universidad Tecnológica de la Mixteca (UTM)



Infraestructura
104 Ha. de dimensión
118 Edificios
55 Laboratorios
9 Talleres
Parque Tecnológico
Parque Solar Fotovoltaico
Planta de Tratamiento de Agua
Planta Potabilizadora de Agua
Agavetum



9 Institutos de Investigación
Centro de Modelación Matemática, Vinculación y Consultoría
Instituto de Agroindustrias
Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades
Instituto de Computación
Instituto de Diseño
Instituto de Física y Matemáticas
Instituto de Electrónica y Mecatrónica
Instituto de Ingeniería Industrial y Automotriz
Instituto de Hidrología
Instituto de Minería
División de Estudios de Posgrado

Oferta Educativa



Licenciaturas
Ingeniería Civil
Ingeniería Industrial
Ingeniería en Diseño
Ingeniería en Alimentos
Ingeniería en Electrónica
Ingeniería en Mecatrónica
Ingeniería en Computación
Ingeniería en Física Aplicada
Ingeniería en Mecánica Automotriz
Ingeniería Química en Procesos Sostenibles
Licenciatura en Ciencias Empresariales
Licenciatura en Matemáticas Aplicadas
Licenciatura en Estudios Mexicanos (modalidad virtual)



Posgrado
Maestría en Robótica
Maestría en Ciencia de Datos
Maestría en Diseño de Muebles
Maestría en Medios Interactivos
Maestría en Inteligencia Artificial
Maestría en Ciencia de Materiales
Maestría en Ingeniería de Software
Maestría en Modelación Matemática
Maestría en Administración de Negocios
Maestría en Tecnología Avanzada de Manufactura
Maestría en Ciencias: Productos Naturales y Alimentos
Maestría en Electrónica, opción: Sistemas Inteligentes Aplicados
Doctorado en Robótica
Doctorado en Inteligencia Artificial
Doctorado en Modelación matemática
Doctorado en Ciencias: Productos Naturales y Alimentos
Doctorado en Electrónica, opción sistemas Inteligentes Aplicados

INFORMES
Consulta las bases y requisitos en www.utm.mx



Ensayo expositivo

Presencia de micotoxinas en el maíz: contaminación, riesgos y estrategias de prevención

Presence of mycotoxins in maize: contamination, risks, and prevention strategies

Martín Lorenzo Sánchez¹, Rocio Albino Garduño^{1*}, Alma Lili Cárdenas Marcelo²

¹Universidad Intercultural del Estado de México

²Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación, Investigadora por México

*Autor de correspondencia:

rocio.albino@uiem.edu.mx

Recibido:07-10-2024 Aceptado: 05-01-2026 (Artículo Arbitrado)

Resumen

El maíz es un alimento básico a nivel mundial y es susceptible de contaminación por micotoxinas o compuestos tóxicos producidos por hongos. El objetivo de este ensayo es presentar información actualizada sobre los factores que contribuyen a la contaminación del grano de maíz por micotoxinas y algunas estrategias de manejo. La literatura existente indica que las temperaturas elevadas, entre 25 y 30 °C, y una humedad relativa variable de entre el 60 y el 90 % favorecen el crecimiento de hongos productores de micotoxinas, condiciones que aumentan los riesgos para la salud humana y animal. El artículo propone estrategias preventivas, como la selección de variedades resistentes, un manejo adecuado del cultivo y el almacenamiento para reducir estos riesgos. Por último, se hace hincapié en la necesidad de colaboración entre agricultores, investigadores y gobierno para garantizar la seguridad alimentaria, se destaca la importancia de investigar y conservar las razas nativas de maíz, que podrían ofrecer soluciones frente a la amenaza de las micotoxinas.

Palabras clave: Enfermedades, hongos, maíz nativo, manejo poscosecha y salud.

Abstract

Maize is a globally significant staple crop vulnerable to contamination by mycotoxins, toxic compounds produced by fungi. This review aims to present current information regarding the factors contributing to mycotoxin contamination in maize grain and to outline potential management strategies. Existing literature indicates that elevated temperatures (25-30 °C) and fluctuating relative humidity (60-90%) promote the growth of mycotoxin-producing fungi, thereby increasing health risks for both humans and animals. This article proposes preventative strategies, including the selection of resistant varieties, appropriate crop management practices, and optimized storage conditions, to mitigate these risks. Finally, this work emphasizes the need for collaboration among farmers, researchers, and government entities to ensure food safety and highlights the importance of researching and conserving native maize varieties, which may offer solutions to combat the threat of mycotoxins.

Keywords: Diseases, fungi, native maize, post-harvest management and health.

Introducción

Las micotoxinas son sustancias tóxicas producidas por hongos y representan una amenaza significativa para la seguridad alimentaria global. Se estima que más del 75% de las muestras de maíz almacenado en el mundo pueden estar contaminadas con estas toxinas, las cuales son invisibles a simple vista, pero son potencialmente letales para la salud humana y animal (Raj et al., 2022). En las áreas donde el maíz es fundamental en la dieta, la contaminación por micotoxinas puede generar efectos devastadores

tanto para la salud pública como para la economía regional. Ante esta situación es fundamental conocer sobre las micotoxinas: su origen, los riesgos que suponen para la salud, algunas estrategias existentes para prevenirlas y proteger la seguridad alimentaria.

El cambio climático altera las condiciones de cultivo a nivel global, y el maíz no es una excepción. Las temperaturas más cálidas y los patrones de lluvia irregulares crean un entorno más propicio para el crecimiento de los hongos que producen micotoxinas.

Como resultado, la incidencia de estas toxinas en el maíz está aumentando (Arsenac, 2023), lo que plantea nuevos desafíos para agricultores, consumidores y gobierno. Este fenómeno no solo amenaza la producción agrícola, sino que también pone en riesgo la salud pública a través de la cadena alimentaria.

Este ensayo tiene como objetivo hacer una revisión bibliográfica actual sobre los riesgos que representan las micotoxinas en el maíz, destacando cómo estas sustancias pueden contaminarlo. A través de la recopilación de información se busca informar sobre los efectos adversos de las micotoxinas en la salud humana y animal, así como los factores que contribuyen a su contaminación. Además, se presentan algunas estrategias para prevenir esta contaminación, incluyendo la selección de variedades resistentes y prácticas agrícolas adecuadas. Finalmente, se abordará la importancia de investigar y preservar las razas nativas de maíz, y se destaca la necesidad de una amplia colaboración para enfrentar los desafíos futuros relacionados con las micotoxinas y la seguridad alimentaria.

Desarrollo

¿Qué son las micotoxinas?

Las micotoxinas son sustancias tóxicas producidas por hongos que pueden crecer en el maíz y otros alimentos. Los hongos más comunes que producen micotoxinas son *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Alternaria* spp. y *Fusarium* spp. (Ruiz y Romani, 2022). Se han identificado más de 400 micotoxinas, entre las que destacan las aflatoxinas, fumonisinas, ocratoxinas, tricotecenos, zearalenona, alcaloides del cornezuelo del centeno, deoxinivalenol y patulina, cada una con distintos riesgos para la salud humana y animal (Vargas et al., 2024). Estas toxinas pueden encontrarse en los cultivos durante su crecimiento, cosecha, almacenamiento o procesamiento (Moschini et al., 2020; Mazzani, 2023).

¿Cómo se contamina el maíz con micotoxinas?

La contaminación del maíz con micotoxinas está influenciada por varios factores, como las condiciones climáticas, las prácticas agrícolas, la elección de variedades de maíz y el control de plagas. Cada uno de estos factores desempeñan un papel importante en el desarrollo de toxinas, por lo que comprender su interacción es esencial para desarrollar estrategias de prevención y control.

Condiciones climáticas

Las condiciones climáticas determinan la aparición de micotoxinas, ya que influyen en el crecimiento de los hongos productores de toxinas. Por ejemplo, en climas cálidos (20-30 °C), hongos como *Aspergillus* spp. encuentran un ambiente favorable para su desarrollo, lo que incrementa el riesgo de contaminación (Obradovic et al., 2018). La alta humedad también es crítica, ya que los hongos necesitan agua para crecer. En épocas de lluvias intensas (más de 100 mm en 24 hrs.) o alta humedad relativa (60-90 %), se crea un entorno ideal para su proliferación (Acuña y Poo, 2021; Muga et al., 2019). Un riesgo adicional ocurre cuando una sequía prolongada es seguida por lluvias, lo que debilita las plantas y favorece el desarrollo rápido de hongos en el maíz (Obradovic et al., 2018). Además, el cambio climático modifica las condiciones climáticas de manera significativa, lo que crea entornos propicios para la proliferación de hongos. Como resultado, se espera que la incidencia de micotoxinas en los cultivos de maíz aumente en el futuro, representando un riesgo mayor tanto para la salud humana como para la producción agrícola (Yu et al., 2022).

Prácticas agrícolas

Las prácticas agrícolas desempeñan un papel importante en la aparición de micotoxinas en el maíz. Por ejemplo, la labranza intensiva puede generar costras en el suelo que permiten la formación de charcos de alta humedad en el aire que favorecen el desarrollo de mohos productores de deoxinivalenol. La labranza excesiva también causa la disminución de población de *Lumbricus terrestris*, una lombriz de tierra que indirectamente minimiza la infección por hongos como *Fusarium* spp. y la producción de micotoxinas como el deoxinivalenol en los granos de maíz (Borràs-Vallverdú et al., 2022). Una alta densidad de plantación de maíz (113,600 plantas ha⁻¹) en el campo puede generar la acumulación de micotoxinas debido a la competencia de recursos limitados como agua, nutrientes y luz. Esta competencia debilita las plantas, haciéndolas más susceptibles a enfermedades y ataques de hongos productores de micotoxinas (Eli et al., 2022). Además, el uso deficiente de fertilizantes nitrogenados (0-100 kg ha⁻¹) se ha asociado con la contaminación por fumonisinas. En contraste, el uso excesivo de fertilización nitrogenada (>300 kg ha⁻¹) incrementa la contaminación por deoxinivalenol.

nol y zearalenona en los granos de maíz, así como un mayor riesgo de otros metabolitos fúngicos producidos por *Fusarium* spp. (Scarpino et al., 2022). Retrasar la cosecha aumenta la probabilidad de acumulación de micotoxinas, como las fumonisinas B₁ y B₂, pues al exponer el cultivo a condiciones ambientales que favorecen el crecimiento de hongos patógenos se provocan daños mecánicos que permiten la descomposición y deterioro del grano (Carbas et al., 2020).

Otras prácticas que favorece el desarrollo de aflatoxinas es el almacenamiento inadecuado: con alta humedad en el grano (14-20 %), alta humedad relativa (60-80 %), temperatura elevada (25-30 °C), ventilación inadecuada, daño en el grano y almacenamiento prolongado (Muga et al., 2019; Niyibituronsa et al., 2020). Estas condiciones pueden agravarse si se carece de un control efectivo de plagas, ya que el daño causado por insectos y roedores permite que las plagas dañen los cultivos, creando condiciones favorables para el crecimiento de hongos y su propagación (Mutungi et al., 2019; Njoroge et al., 2019). Finalmente, el uso inadecuado de pesticidas genera resistencia a los hongos, causa daños a las plantas, altera el equilibrio ecológico, deja residuos tóxicos en el grano, y modifica las condiciones ambientales de almacenamiento, lo que favorece el crecimiento de estos organismos fúngicos, especialmente en variedades de maíz que no han sido mejoradas para resistir plagas y hongos (Ochieno et al., 2023).

Variedades de maíz

La elección de la variedad de maíz puede influir significativamente en la contaminación por micotoxinas. Los maíces con granos hundidos en la parte superior suelen mostrar mayores concentraciones de fumonisinas B₁ y B₂, mientras que las variedades con granos redondeados y parcialmente redondeados tienden a acumular más deoxinivalenol y zearalenona (Tonial et al., 2023). Algunos híbridos comerciales de maíz presentan diferentes niveles de susceptibilidad a la contaminación por hongos y micotoxinas, como la aflatoxina B₁, el deoxinivalenol y las fumonisinas B₁, B₂ y B₃ (Krnjaja et al., 2020). Por lo tanto, la elección de la variedad es clave para minimizar la presencia de micotoxinas y asegurar la calidad del maíz (Tonial et al., 2023).

¿Cuáles son los riesgos de las micotoxinas en la salud humana?

Las micotoxinas presentes en el maíz y otros productos alimenticios pueden causar diversos problemas de salud, tanto agudos como crónicos. La exposición a estos compuestos varía según el tipo y la concentración en los alimentos, por lo que es importante prevenir la contaminación para proteger nuestra salud. Uno de los problemas más comunes es el daño gastrointestinal, que puede provocar dolores de estómago, diarrea y vómitos tras el consumo de alimentos contaminados (Ruiz y Romani, 2022). Además, las aflatoxinas son especialmente peligrosas para el hígado, pues causan daños graves e incluso cáncer hepático con una exposición prolongada o en grandes cantidades ($>5 \mu\text{g kg}^{-1}$). Este límite puede variar según las regulaciones de diferentes países, pero generalmente, niveles superiores a $5 \mu\text{g kg}^{-1}$ en alimentos destinados al consumo humano son motivo de preocupación (García, 2020). Por ejemplo, si un kilo de tortillas contiene $6 \mu\text{g}$ de aflatoxinas su concentración está por encima del umbral de $5 \mu\text{g kg}^{-1}$. Esta cantidad ya es suficiente para ser considerada peligrosa, especialmente si el consumo es frecuente o en grandes cantidades.

La ocratoxina A, por su parte, puede afectar negativamente los riñones, aumentando el riesgo de enfermedades renales (Ruiz y Romani, 2022). Además, se ha observado que las micotoxinas pueden debilitar el sistema inmunológico al interferir con la función de células inmunitarias, alterar la producción de citoquinas, dañar órganos linfoides, inducir estrés oxidativo y afectar la síntesis de proteínas, haciendo a las personas más vulnerables a infecciones y enfermedades (Ruiz y Romani, 2022; Vargas et al., 2024).

¿Cuáles son los riesgos de las micotoxinas en la salud animal?

Las micotoxinas también representan una amenaza significativa para los animales que consumen maíz y otros alimentos contaminados. Uno de los efectos más notables en los animales es la reducción del apetito, especialmente por la acción del deoxinivalenol, que altera las hormonas intestinales que regulan el hambre; otro es el daño e inflamación en el tracto gastrointestinal que afecta la absorción de nutrientes y provoca anorexia acompañada por otros síntomas como vómitos, diarrea y malestar general (Malekinejad y Fink-Gremmels, 2020).

Las micotoxinas también pueden dañar órganos vitales como el hígado y los riñones que pone en riesgo la salud de los animales a largo plazo (Maz-zani, 2023; Vargas et al., 2024). Además, debilitan el sistema inmunológico y en consecuencia se afecta la función de células inmunitarias, se altera la producción de citoquinas y se dañan barreras fisiológicas, haciendo más susceptible al organismo a infecciones y enfermedades (Vargas et al., 2024). Algunas micotoxinas, como la zearalenona, también pueden interferir en alteraciones en el ciclo reproductivo, reducción de la fertilidad y desarrollo sexual anormal (Ramos y Ariño, 2021). Si bien los riesgos de las micotoxinas son evidentes, existen múltiples estrategias para reducir estos peligros. A continuación, se detallan las medidas preventivas más eficaces que se deben considerar en el manejo del maíz.

¿Qué estrategias se pueden emplear para la prevención de micotoxinas en maíz?

Detectar y medir micotoxinas en el maíz es crucial para prevenir problemas de salud en animales y humanos. Existen métodos especializados que son esenciales para llevar a cabo la detección de estas toxinas en los alimentos, como: 1) ELISA (acrónimo en inglés para enzimoimmunoanálisis de adsorción) que es una prueba que usa anticuerpos para identificar sustancias, y 2) cromatografía líquida-espectrometría de masas (una técnica avanzada para analizar compuestos químicos) (Chulli, 2023). Sin embargo, estos análisis deben llevarse a cabo en laboratorios especializados y no siempre están disponibles para todas las poblaciones debido a su costo elevado y la necesidad de equipos y personal altamente capacitado. Esta limitación puede dificultar el monitoreo y detección de micotoxinas en regiones rurales, de tal manera que existe la necesidad de soluciones más accesibles y prácticas locales que garanticen la salud pública y animal en áreas con condiciones de marginalidad.

Entre las alternativas para prevenir la contaminación por micotoxinas, al alcance de unidades de producción a pequeña escala, está la selección de variedades adecuadas de maíz como una de las primeras líneas de defensa. Se ha observado que las variedades resistentes a la sequía, insectos y enfermedades presentan menos probabilidades de ser contaminadas por micotoxinas (Kaur et al., 2023; Xu et al., 2022).

México, es reconocido por su rica diversidad genética, alberga más del 50 % de las razas nativas de maíz en América, con 59 variedades nativas distintas custodiadas por familias campesinas (González-Martínez et al., 2019). En México, se ha documentado que algunas razas nativas como tabloncillo, vandeño y blando de Sonora han mostrado mayor resistencia a la contaminación por aflatoxinas y a la pudrición del grano causada por *Aspergillus flavus* (Ortega-Beltrán et al., 2022). Aunque hay pocos estudios de micotoxinas en maíces nativos se estima que las razas mexicanas pueden ofrecer un potencial práctico y accesible para prevenirlas.

Otra estrategia para reducir la presencia de micotoxinas es la rotación de cultivos. Esta técnica interrumpe el ciclo de vida de los hongos productores de micotoxinas; además reduce la acumulación de patógenos específicos, lo que mejora la salud del suelo. En la rotación de cultivos, se recomienda incluir especies como frijol, chícharo y haba, que son leguminosas y no favorecen el crecimiento de hongos. Otra práctica de prevención es el control de plagas especialmente de aquellas que causan daño al grano con trampas, insecticidas orgánicos, biológicos o químicos durante el crecimiento y almacenamiento del maíz. Cosechar en el momento adecuado es fundamental para disminuir las infecciones fúngicas. Se recomienda secar el maíz durante 5 a 7 días al aire libre para lograr reducir el contenido de humedad hasta un 13 % pues los hongos prosperan en ambientes húmedos (Oni et al., 2022; Xu et al., 2022; Kaur et al., 2023).

El proceso de limpieza y clasificación de granos tras la cosecha también es importante para prevenir micotoxinas; con esta práctica se eliminan granos dañados o en mal estado que son más susceptibles a la infección (Pascale, 2022; Da Silva et al., 2023). Un almacenamiento adecuado es clave para mantener los niveles de micotoxinas bajo control. Se sugiere utilizar silos, bolsas de almacenamiento o contenedores que protejan contra la humedad para que el maíz esté completamente seco (-14 % de humedad) antes de almacenarlo, en ambientes con la humedad relativa (40 %) y temperatura (10° C) correctas (Kumari et al., 2021; Xu et al., 2022; Capilheira et al., 2024).

La nixtamalización es otra táctica de prevención que ha demostrado ser eficaz para disminuir algunas

micotoxinas como las fumonisinas y aflatoxinas en la masa de nixtamal. Este método puede reducir las micotoxinas mediante la eliminación, modificación química a formas menos tóxicas, o degradación de estos compuestos. Sin embargo, la eficacia del proceso depende de varios factores, incluyendo el tiempo de cocción, la temperatura, el pH y los ingredientes utilizados (Mendoza y Bianchini, 2021). Finalmente, el proceso de molienda del maíz destinado para la alimentación animal reduce significativamente la presencia de micotoxinas como aflatoxinas (B₁, B₂, G₁ y G₂), zearalenona, ocratoxina A y deoxivalenol (Khosrokhavar et al., 2022).

Aunque los estudios sobre micotoxinas en maíces han avanzado, la mayoría se ha centrado en la respuesta de híbridos comerciales a la contaminación y en grandes superficies agrícolas, desatendiendo las razas nativas y las prácticas de manejo campesino en comunidades indígenas. Estas razas, de suma importancia para la biodiversidad agrícola, han demostrado en algunos casos resistencia a la contaminación por micotoxinas, pero aún existe una gran diversidad no estudiada. Es necesario que investigadores, agricultores, campesinos y responsables de políticas públicas colaboren para expandir el conocimiento sobre las micotoxinas en estos cultivos, integrando prácticas tradicionales y avances científicos. Solo así se podrá asegurar la sostenibilidad y seguridad alimentaria frente a los retos actuales y futuros sin generar desigualdades sociales, incluyendo desigualdades de conocimientos.

Conclusiones

Las micotoxinas en el maíz representan un riesgo significativo tanto para la salud humana como para la salud animal. Estos compuestos, producidos por hongos, pueden contaminar el maíz durante su crecimiento, cosecha y almacenamiento, lo que subraya la importancia de comprender los factores que contribuyen a su aparición. Las condiciones climáticas, las prácticas agrícolas, la elección de variedades de maíz y el control de plagas son aspectos clave que influyen en la contaminación por micotoxinas. Es esencial que se implementen estrategias preventivas, como el uso de variedades de maíz resistentes, prácticas agrícolas adecuadas y un almacenamiento óptimo, para minimizar estos riesgos. A medida que el cambio climático altera las condiciones de cultivo, es

probable que la incidencia de micotoxinas aumente, lo que requiere una mayor colaboración entre agricultores, investigadores y gobierno para garantizar la seguridad alimentaria. Además, es importante seguir investigando sobre las razas nativas de maíz, que han mostrado potencial en la resistencia a estas toxinas, para preservar la biodiversidad agrícola y proteger la salud pública.

Referencias

- Acuña, Y., y Poo, J. I. (2021). ¿Qué efecto pueden producir las micotoxinas en el ganado lechero? *Estación Experimental Agropecuaria Balcarce, INTA*. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/10816>.
- Arsenac, N. (2023). The influence of climate changes on the significance of mycotoxins. *Biljni lekar*, 51(3), 503-516. <https://doi.org/10.5937/BiljLek2303503A>.
- Borràs-Vallverdú, B., Ramos, A. J., Cantero-Martínez, C., Marín, S., Sanchis, V., y Fernández-Ortega, J. (2022). Influence of agronomic factors on mycotoxin contamination in maize and changes during a 10-day harvest-till-drying simulation period: A different perspective. *Toxins*, 14(9), 620. <https://doi.org/10.3390/toxins14090620>.
- Capilheira, A. F., Silva, J. G. D., Pinto, K. V. A., Gadotti, G. I., y Carvalho, I. R. D. (2024). Corn seeds stored under varying storage conditions. *Engenharia Agrícola*, 44, e20220136. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v44e20220136/2024>.
- Carbas, B., Soares, A., Freitas, A., Silva, A. S., Pinto, T., Andrade, E., y Brites, C. (2020). Mycotoxin incidence in pre-harvest maize grains. *Proceedings*, 70(1): 2-5. https://doi.org/10.3390/foods_2020-07667.
- Chulli, Y. E. S. (2023). *Contaminación de micotoxinas en alimentos balanceados*. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <http://dspace.esepoch.edu.ec/handle/123456789/19081>.
- Da Silva Timm, N., Coradi, P. C., Cañizares, L. D. C. C., Jappe, S. N., Ferreira, C. D., y Lutz, É. (2023). Effects of the storage temperature and time of corn from the center and extremities of corncob on quality parameters. *Journal of Cereal Science*, 110, 103645. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2023.103645>.
- Eli, K., Schaafsma, A. W., y Hooker, D. C. (2022). Impact of agronomic practices on Fusarium mycotoxin accumulation in maize grain. *World Mycotoxin Journal*, 15(4): 343-360. <https://doi.org/10.3920/WMJ2021.2734>.
- García Gavilánez, M. S. (2020). *Evaluación de la incidencia de aflatoxinas en maíces de la sierra ecuatoriana*. Tesis de maestría. Universidad de las Américas, Quito. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/12788>.
- González-Martínez, J., Vanoye-Eligio, V., Chacón-Hernández, J. C., y Rocandio-Rodríguez, M. (2019). Diversidad y caracterización de maíces nativos de la Reserva de la Biósfera "El Cielo", Tamaulipas, México. *CienciaUAT*, 14(1): 6-17. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v14i1.1246>.
- Kaur, H., DiFonzo, C., Chilvers, M., Cassida, K., y Singh, M. P. (2023). Hybrid insect protection and fungicide application for managing ear rots and mycotoxins in silage corn. *Agronomy Journal*, 115: 1957-1971. <https://doi.org/10.1002/agj2.21342>.

- Khosrokhavar, R., Ershadi, A., Jafari-Asl, M., Gholami, R., Aliabadi, S., Yazdi, F., Taheriane, M., Shoeibi, S., y Mousavi Khaneghah, A. (2022). Mycotoxin mitigation by combined dry grinding before corn wet milling and steeping procedures. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. 1(1): 1–18. <https://doi.org/10.1080/03067319.2022.2087518>.
- Krnjaja, V., Mandić, V., Bijelić, Z., Lukić, M., Petrović, T., Stanković, S., y Nikolić, M. (2020). Natural toxigenic fungal and mycotoxin occurrence in maize hybrids. *Biotechnology in Animal Husbandry*. 36(1): 75-85. <https://doi.org/10.2298/BAH2001075K>.
- Kumari, A., Joshua, R., Kumar, R., Ahlawat, P., y Sheoran, R. (2021). Preventive measures and control of mycotoxins. In: Yadav, A.N. (eds) Recent Trends in Mycological Research. Fungal Biology. Springer. *Agricultural and Medical Perspective*. 1: 395-409. https://doi.org/10.1007/978-3-030-60659-6_17.
- Malekinejad, H., y Fink-Gremmels, J. (2020). Mycotoxicoses in veterinary medicine: Aspergillosis and penicilliosis. *Veterinary Research Forum: An International Quarterly Journal*, 11(2): 97–103. <https://doi.org/10.30466/vrf.2020.112820.2686>.
- Mazzani, C. B. (2023). Mohos toxigénicos y micotoxinas en maíz y otros cultivos en Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía*. 1(76): 224-245. http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_agro/article/view/25610.
- Mendoza, J. R., y Bianchini, A. (2021). Efecto de la Nixtamalización en Maíz Contaminado con Micotoxinas. University of Nebraska-Lincoln Extension. *NebGuide*. [https://extensionpubs.unl.edu/publication/g2329s/na/html/view#:~:text=Adem%C3%A1s%20de%20los%20cambios%20sensoriales,f%C3%ADtico%20\(2%2C%2027\)](https://extensionpubs.unl.edu/publication/g2329s/na/html/view#:~:text=Adem%C3%A1s%20de%20los%20cambios%20sensoriales,f%C3%ADtico%20(2%2C%2027)).
- Moschini, R. C., Sancho, A. M., Pantuso, F., Ricca, A. P., y Rojas, D. (2020). Muestras de granos de maíz: análisis de micotoxinas. *Repositorio UMaza*. <http://repositorio.umaza.edu.ar/handle/00261/1591>.
- Muga, F. C., Marenya, M. O., y Workneh, T. S. (2019). Effect of temperature, relative humidity and moisture on aflatoxin contamination of stored maize kernels. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 25(2): 271-277.
- Mutungi, C., Muthoni, F., Bekunda, M., Gaspar, A., Kabula, E., y Abass, A. (2019). Physical quality of maize grain harvested and stored by smallholder farmers in the Northern Highlands of Tanzania: Effects of harvesting and pre-storage handling practices in two marginally contrasting agro-locations. *Journal of Stored Products Research*. 84, 101517. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2019.101517>.
- Niyibituronsa, M., Mukantwali, C., Nzamwita, M., Hagenimana, G., Niyoyita, S., Niyonshima, A., Hakizimana, C., Ndilu, L., Nyirahanganyamunsi, G., Nkurunziza, E., Sendegeya, P., Niyonteze, G., Muhutu, J. C., Shingiro, J. B., Umuhire, J., Nyirahorana, C., Ingabire, A. C., Nyiranshuti, A., Sibomana, E., Uwihoreye, C., y Bucagu, C. (2020). Assessment of aflatoxin and fumonisin contamination levels in maize and mycotoxins awareness and risk factors in Rwanda. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*. 20(5): 16420-16446. <https://www.ajol.info/index.php/ajfand/article/view/206469>.
- Njoroge, A. W., Baoua, I., y Baributsa, D. (2019). Postharvest management practices of grains in the Eastern region of Kenya. *Journal of Agricultural Science*. 11(3):179-191. <https://doi.org/10.5539/jas.v11n3p33>.
- Obradovic, A., Krnjaja, V., Nikolic, M., Delibasic, G., Filipovic, M., Stankovic, G., y Stojanovic, S. (2018). Impacts of climate conditions on aflatoxin B1 and fumonisins contamination of maize kernels and their co-occurrence. *Biotechnology in Animal Husbandry*. 34(4): 469–480. <https://doi.org/10.2298/BAH1804469O>.
- Ochieno, D. M., Nekesa, G., Naluyange, V., Otondi, E., Obonyo, M., Atwebembeire, J., y Rugunda, G. K. (2023). Insecticides influence colonization and toxin accumulation by *Aspergillus* and *Fusarium* in orange and white maize flour varying in susceptibility to mycotoxigenic fungal pathogens. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2543106/v1>.
- Oni, E. O., Komolafe, C. A., Badmos, A. O., Kareem, S. O., Waheed, M. A., y Oluwafemi, F. (2022). Reduction of aflatoxin in freshly harvested maize using solar dryers. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 102(11): 4791-4801. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11842>.
- Ortega-Beltran, A., Jaime, R., y Cotty, P. J. (2022). Resistance of maize landraces from Mexico to aflatoxin contamination: Influence of aflatoxin-producing fungi genotype and length of incubation. *European Journal of Plant Pathology*. 162:237-246. <https://doi.org/10.1007/s10658-021-02385-7>.
- Pascale, M., Logrieco, A. F., Lippolis, V., De Girolamo, A., Cervellieri, S., Lattanzio, V. M. T., Ciasca, B., Vega, A., Reichel, M., Graeber, M., Slettengren, K. (2022). Industrial-scale cleaning solutions for the reduction of *Fusarium* toxins in maize. *Toxins*. 14(11): 728. <https://doi.org/10.3390/toxins14110728>.
- Raj, J., Farkaš, H., Jakovčević, Z., Medina, A., Magan, N., Čepela, R., y Vasiljević, M. (2022). Comparison of multiple mycotoxins in harvested maize samples in three years (2018–2020) in four continents. *Food Additives & Contaminants: Part A*. 39(3): 599-608. <https://doi.org/10.1080/19440049.2021.2012600>.
- Ramos, P., y Gianella Ariño Moneva, A. (2021). *Micotoxinas en alimentación animal*. Tesis de maestría. Universidad Zaragoza. <https://zaguan.unizar.es/record/107873>.
- Ruiz, S. C., y Romani, M. R. (2022). Detección de micotoxinas en maíz. *EEA Santiago del Estero, INTA*. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/18180>.
- Scarpino, V., Sulyok, M., Krska, R., Reyneri, A., y Blandino, M. (2022). The role of nitrogen fertilization on the occurrence of regulated, modified and emerging mycotoxins and fungal metabolites in maize kernels. *Toxins*. 14(7): 448. <https://doi.org/10.3390/toxins14070448>.
- Tonial Simões, C., Kobs Vidal, J., da Rosa da Silva, C., Alves Sarturi, J., Fabris Laber, I., Madalosso, T., y Mallmann, C. A. (2023). A two-year study on the occurrence and concentration of mycotoxins in corn varieties with different endosperm textures. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 103(14): 7199-7206. <https://doi.org/10.1002/jsfa.12801>.
- Vargas Peralvo, E. A., Moreano Terán, N. F., Cárdenas, M. J., y Montoya Vizuete, S. N. (2024). Presencia de micotoxinas y sus metabolitos, efecto del consumo en cereales. *RECIENA*. 4(1): 87-98. <https://doi.org/10.47187/nxfsq753>.
- Xu, F., Baker, R. C., Whitaker, T. B., Luo, H., Zhao, Y., Stevenson, A., Boesch, C. J., y Zhang, G. (2022). Review of good agricultural practices for smallholder maize farmers to minimize aflatoxin contamination. *World Mycotoxin Journal*. 15(2):171-186. <https://doi.org/10.3920/WMJ2021.2685>.
- Yu, J., Hennessy, D. A., Tack, J., y Wu, F. (2022). Climate change will increase aflatoxin presence in US corn. *Environmental Research Letters*. 17(5):054017. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac6435>.

Ensayo de investigación

Plataforma de industria alimentaria 4.0 usando aplicación web y modelos de ML/DL para clasificación de calidad de dulces Food industry platform 4.0 using Web application and ML/DL models for candy quality classification

Ignacio Algreto Badillo¹, Daniel Pacheco Bautista^{2*}, Francisco López Huerta³
Juan Crescenciano Cruz Victoria⁴, Ángel Vergara Betancourt⁵

¹CONAHCyT-INAOE

²Universidad del Istmo, Campus Tehuantepec

³Universidad Veracruzana

⁴Universidad Politécnica de Tlaxcala

⁵TecNM / ITS Zacapoaxtla

*Autor de correspondencia:

dpachecob@hotmail.com

Recibido:03-03-2024 Aceptado: 18-12-2025 (Artículo Arbitrado)

Resumen

En la actualidad, hay un importante incremento de plataformas que proporcionan funciones de Industria 4.0, como consecuencia de la digitalización, conectividad, automatización avanzada, inteligencia artificial, fabricación aditiva, ciberseguridad industrial y búsqueda de sostenibilidad, impulsando una transformación integral en la fabricación y la cadena de suministro. Uno de los grandes problemas que se presentan es al momento del diseño e integración de estas funciones, especialmente cuando se agregan operaciones de modelos generados por el aprendizaje máquina (ML, Machine Learning) y el aprendizaje profundo (DL, Deep Learning). En este trabajo se presenta una plataforma de Industria 4.0 usando una aplicación web y modelos de ML/DL para la evaluación y clasificación de la calidad de dulces, basado en el análisis del vector de características. Esta plataforma tiene el conocimiento de las recetas de los dulces mediante el modelado, lo que le permite predecir/clasificar la calidad de éstos a través del ingreso de las variables actuales del proceso de producción.

Palabras clave: Aprendizaje profundo, Aprendizaje máquina, Industria 4.0, Calidad de dulces.

Abstract

Currently, there is a significant increase in platforms that provide Industry 4.0 functions, as a result of digitalization, connectivity, advanced automation, artificial intelligence, additive manufacturing, industrial cybersecurity and the pursuit of sustainability, driving a comprehensive transformation in manufacturing and the supply chain. One of the major challenges arises during the design and integration of these functions, especially when incorporating operations from machine learning (ML) and deep learning (DL) models. This paper presents an Industry 4.0 platform using a web application and ML/DL models for the evaluation and classification of candy quality, based on feature vector analysis. This platform has knowledge of candy recipes through modeling, which allows it to predict/classify the quality of these by inputting the current variables of the production process.

Keywords: Deep learning, Machine learning, Industry 4.0, Candy quality.

Introducción

El diseño e implementación de plataformas utilizadas en la Industria 4.0, son un reto en la actualidad por la gran cantidad de conceptos y tecnologías que pueden integrarse, entre los más importantes se encuentran: a) sofisticados modelos de Inteligencia Artificial (IA) usando principalmente Machine Learning (ML) y Deep Learning (DL), b) Internet de las cosas

(IoT), una tecnología que permite la recopilación y análisis de datos masivos en forma muy eficiente, c) Tecnología 5G, para el despliegue de conexiones con velocidades más rápidas y mayor capacidad para respaldar aplicaciones como el IoT y la realidad aumentada, d) *Blockchain* y Criptomonedas, que ofrecen servicios de contratos inteligentes y seguimiento de

la cadena de suministro, e) Computación Cuántica, una tecnología que promete proporcionar una capacidad potencial para resolver problemas complejos de manera más eficiente que las computadoras clásicas y f) Ciberseguridad, cuya importancia se debe al aumento constante de las amenazas cibernéticas, lo que exige actualizar u ofrecer nuevos servicios para proteger sistemas y datos.

En particular, la IA ha evolucionado en forma apresurada en los últimos años, teniendo una serie de ramificaciones como la Visión Artificial, Sistemas Expertos, Procesamiento del Lenguaje Natural, Aprendizaje Máquina, Robótica, entre otras. Los modelos de ML son parte de la IA, mientras que los modelos de DL son un subconjunto de ML donde las redes neuronales profundas se utilizan para tareas como el reconocimiento de imágenes, procesamiento de lenguaje natural y juegos. Recientemente, éstas han ganado amplia popularidad, impulsando el desarrollo de distintos modelos con arquitecturas y configuraciones representativas. El ML tiene una clasificación de técnicas en función de la forma en que sus modelos son entrenados, como puede ser: el Aprendizaje Supervisado, Aprendizaje no Supervisado, Aprendizaje por Reforzamiento, Aprendizaje Semi-Supervisado y Aprendizaje Profundo. Debido a la naturaleza de este trabajo, enfocado a la clasificación de la calidad de un producto, el aprendizaje supervisado es de gran interés ya que permite dos estrategias fundamentales: la Regresión, en la que el modelo predice un valor continuo como la temperatura o el precio de una acción, y la Clasificación, donde el modelo responde a una etiqueta, clase, grupo o categoría, como puede ser “alta calidad”, “mediana calidad” o “baja calidad”.

Hay una gran cantidad de técnicas para desarrollar modelos de ML/DL, entre las más representativas se pueden listar las siguientes: Regresión Lineal, Regresión Logística (RL), Máquinas de Soporte Vectorial (SVM), Árboles de Decisión, Random Forest, K Vecinos Más Cercanos (K-NN), Redes Neuronales Artificiales y Naive Bayes. También existen diversas tecnologías web que pueden utilizarse en el desarrollo de plataformas para la Industria 4.0, cuyo auge ha hecho que constantemente haya nuevos desarrollos y otros sean obsoletos. Las principales tecnologías web abarcan un conjunto diverso de herramientas, entre las más importantes se encuentran: HTML (Hypertext

Markup Language), CSS (Cascading Style Sheets), JavaScript, React, Angular, Vue.js, Node.js, Express.js, Django, RESTful APIGraphQ, MySQL y MongoDB.

Las plataformas de Industria 4.0 se han implementado en diversas áreas de trabajo, creando una interacción entre dispositivos conectados al internet e incluyendo diversos modelos de IA con ML y DL (ver la Figura 1). Por ejemplo, Sánchez-Torres et al. (2022), utilizaron ML para la toma de decisiones, generando grupos y sugiriendo productos candidatos que pueden ser sustituidos por otros con mejor costo-beneficio. Candanedo et al. (2018), usaron los sistemas de acondicionamiento para controlar el clima interior de un proceso: temperatura del aire, humedad y presión, etc. Por su parte, Balfaiah (2023) analizó las necesidades del mercado para la implementación de sistemas de gran escala para logística inteligente y su impacto en empresas, industrias y compañías. Mientras que Soumyashree et al. (2023) emplearon modelos de árboles de decisión para monitorear el uso de energía de máquinas y electrodomésticos, prediciendo de este modo su eficiencia.

En particular, en el control de la calidad de productos del sector alimentario también pueden encontrarse una diversidad de aportaciones: Verma et al. (2021) presentaron una plataforma que utiliza diferentes tecnologías web como *React Js*, el framework *Django*, *Scikit-learn* y bases de datos, los autores utilizaron mo-



Figura 1. Interacción figurada en la Industria 4.0, considerando IA, robótica, IoT, aplicaciones, entre otros componentes.

Fuente: Generada en www.fotor.com.

delos de PLN (Procesamiento de Lenguaje Natural) para hacer órdenes de comida de manera automática sin contactar con otro ser humano. Otra plataforma de la industria alimentaria muestra a una aplicación web enfocada a la nutrición y asistencia para dietas usando DL (modelos VGG y ResNet) para identificar y recomendar la dieta y valorizar su valor nutricional (Buvaneswari et al., 2023). Los autores trabajaron con herramientas como Javascript, Tensorflow, Keras y MySQL. Sahoo et al. (2019), presentaron una plataforma para el reconocimiento de imágenes de alimentos mediante DL (redes convolucionales) para el registro inteligente de alimentos e identificaron 752 tipos de éstos, usando tecnologías como Caffe, Flask, MongoDB, Javascript, entre otras. Ferrini et al. (2023), describieron una plataforma para predecir la probabilidad de un trastorno del SNC (Sistema Nervioso Central) de origen infeccioso o inflamatorio en ganado con discapacidad neurológica, utilizando varias técnicas de ML como LR, SVM, KNN, MLP (*Multi-layer Perceptron*), GB (*Gradient Boosting*) y RF, junto con tecnologías como Streamlit y Python para la creación de la plataforma web. Kruthika et al. (2023), reportaron una plataforma web para optimizar inventarios, proporcionar predicción de ventas y permitir la donación de alimentos por parte de restaurantes, realizando una predicción de las exigencias de alimentos utilizando el ML (*XGBoost*, *Gradient Boosting Regressor* y RF) y análisis mundial del desecho de alimentos, operando con tecnologías web como Javascript, PHP y MySQL. Fracarolli et al. (2020) presentan una recopilación de trabajos donde se combina el DL con visión artificial para la industria alimentaria y la calidad de sus productos, en ésta se describen aplicaciones como la inspección, monitoreo de procesamiento, detección de objetos extraños, calificación de la calidad del alimento, detección de ubicaciones de puntos defectuosos, etc. Hassoun et al. (2023) informaron de la creciente digitalización y automatización del análisis de alimentos utilizando tecnologías avanzadas en la industria alimentaria, tales como técnicas no destructivas de dactiloscopia, herramientas bioinformáticas, IA y Big Data, para revolucionar la calidad de los alimentos. El trabajo de Cubillas et al. (2022), describió un enfoque de calidad para la predicción temprana del rendimiento de los cultivos utilizando ML (Modelos Generalizados y SVM con Kernel lineal y Gaussiano), y una plataforma

web en la nube aplicado a un caso de estudio de un olivar y un conjunto de datos recopilados durante 8 años. En Nordin et al. (2019), los autores presentaron el reconocimiento de imágenes de alimentos para el cálculo de precios justos mediante una Red Neuronal Convolucional (CNN). Por su parte, Calle et al. (2023) generaron un modelo para detectar y cuantificar adulteraciones en miel de alta calidad utilizando Vis-NIR (espectroscopia visible del infrarrojo cercano) en combinación con aprendizaje automático (SVM y RF). Finalmente, entre muchos otros trabajos, Jagadeesh et al. (2022) definieron una clasificación de frutas para identificar adulteración usando forma y complejidad, empleando enfoques de DL como CNN.

En este mismo sentido, el presente trabajo se enfoca en la resolución de un problema real dentro de una empresa reconocida en México dedicada a la producción de dulces, donde actualmente se realizan pruebas para el desarrollo de un nuevo producto. Durante este proceso, se han registrado las variables de entrada (vector de características) junto con la calificación correspondiente de la salida. A partir de esta información, la plataforma propuesta se orienta al almacenamiento y gestión de los datos de entrada, así como al desarrollo de un modelo de clasificación basado en técnicas de ML y DL, con el objetivo de determinar la calidad del dulce producido. Dicho modelo permite la clasificación del producto y el ajuste de parámetros en función de sus salidas, abstrayendo el conocimiento obtenido y facilitando una toma de decisiones adecuada.

Materiales y método

La plataforma propuesta de Industria 4.0 usando una aplicación web y modelos de ML y DL para la evaluación de la calidad de los dulces, combina las tecnologías HTML, CSS, Javascript, PHP, MySQL y bibliotecas de Python para crear, almacenar y utilizar los modelos de ML y DL.

El diseño del sistema se fundamenta en dos servicios en la nube: para el almacenamiento de la base de datos y para el hospedaje de la aplicación web que da soporte a la plataforma de Industria 4.0. Estos elementos permiten subir y almacenar los datos de las diferentes fuentes en la base de datos. Adicionalmente, la aplicación web en el servidor permite funciones corporativas para actividades específicas para

cada tipo de usuario. Los datos almacenados son filtrados y procesados por este grupo específico interno del corporativo, además, se pueden visualizar tablas, monitorear el uso de la aplicación y generar reportes con diversos filtros. El dashboard y el sistema de reportes incluidos permiten una presentación visual y analítica de los datos almacenados.

Asimismo, se implementa un esquema de seguridad para proporcionar: i) confidencialidad, para que los datos almacenados en la base de datos no sean guardados de manera plana, sino cifrados, ii) integridad, para asegurar que los datos en la base de datos sean exactamente los que se almacenaron, iii) control de accesos, para permitir acceder solo a quienes deben ingresar al sistema, iv) perfiles, para proporcionar diferentes alcances de los recursos en el sistema, v) sesiones, para conocer los ingresos y la navegación de los usuarios dentro del sistema, vi) trazabilidad, para analizar cómo han sido capturados los datos y dar seguimiento a los reportes, y vii) inmutabilidad, para que a través de hash lineal se pueda conocer el almacenamiento de los datos con respecto a estampas de tiempo y encadenamiento de bloques de los diferentes grupos de registro.

De manera general, la metodología utilizada considera los siguientes pasos:

- a. Análisis de requerimientos específicos y adquisición de los datos.
- b. Diseño e implementación de los diferentes contextos de pruebas, tanto unitarias como integrales.

- c. Evaluación, investigación, implementación y validación de los modelos de ciencia de datos usando ML/DL.
- d. Aiseño, desarrollo, implementación y pruebas de la base de datos del sistema.
- e. Diseño y validación de las interfaces de usuario y pruebas y análisis conforme a la experiencia de usuario.
- f. Diseño, desarrollo, implementación, pruebas unitarias y pruebas integrales del sistema integral de calidad mediante dashboard para el mapeo y visualización.
- f. Documentación de manuales, pruebas y reporte del sistema, así como la capacitación en el uso de éste.

De manera específica, el inciso c requiere de una serie de pasos: i) obtención de los datos, ii) selección de características, iii) pre-procesamiento de los datos, iv) selección de un representante de cada una de las familias de ML/DL, v) ejecución de los modelos en un proceso de validación cruzada 10 por 1, vi) selección del mejor de acuerdo con un conjunto de métricas: precisión y exactitud, vii) entrenamiento del modelo seleccionado, variando hiper-parámetros y viii) validación del modelo final.

La plataforma está diseñada para cuatro tipos de usuarios: administradores, cocineros, ingenieros de calidad y supervisores (ver Figura 2); todos ellos consumen los recursos computacionales de los servicios en la nube para la aplicación web y la base de datos. Los administradores tienen el control de todos

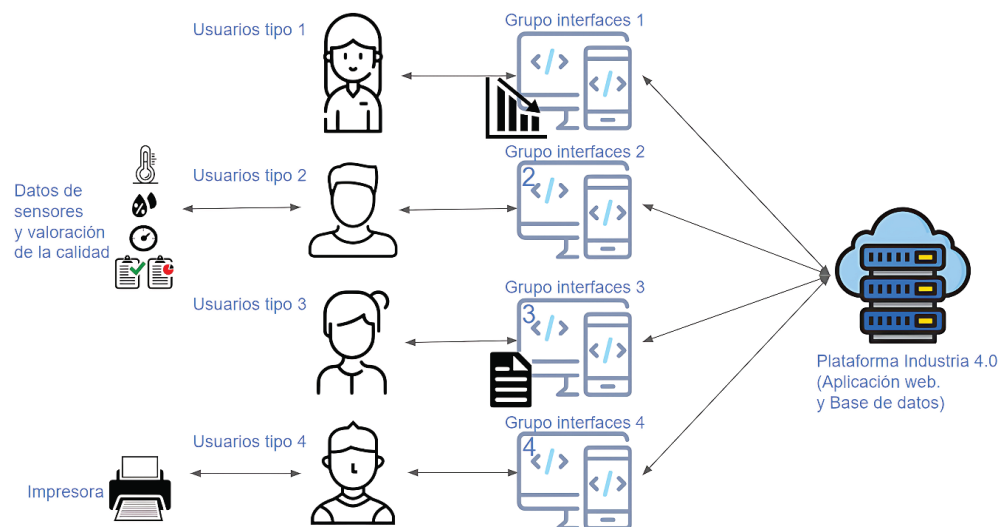


Figura 2. Actores y actividades con interfaces y la plataforma de Industria 4.0.
Fuente: Elaboración propia.

los procesos, aunque su actividad está limitada a conocer los estados de los procesos de registros, dashboard, gráficas y reportes. Los cocineros serán los encargados de ingresar los registros con los datos de entrada (vectores de características) y dar la calificación del dulce producido, así como también ellos podrán utilizar el modelo de ciencia de datos para hacer pronósticos para la clasificación del producto. Los ingenieros de calidad serán los encargados de revisar los reportes y rendimientos de lo producido, mientras que los supervisores dan el visto bueno y confirman los procesos capturados.

Aunque se tienen una gran cantidad de interfaces que incluyen varios catálogos (usuarios, personal, clientes, máquinas, productos, etc.), destacan siete: a) dashboard, b) registro de control procesos, c) control diario de temperatura y humedad, d) eventos, e) pronóstico de calidad, f) central de control procesos y g) central de control diario. En la Figura 3 se muestran dos de estas interfaces: (a) el dashboard que reporta la producción registrada por día y por turno, así como la temperatura y humedad en un lapso de tiempo y (b) una interfaz para el registro de los eventos, donde se presenta el registro de Control Procesos indicando un conjunto de métricas para almacenarlos en la

base de datos. El registro de Control Diario de temperatura y humedad es muy similar a los mostrados en la Figura 3.

Cada registro se almacena y puede ser consultado para conocer su estatus dentro de una interfaz que concentra y agrupa esos registros. En la Figura 4(a) se muestra la central de reportes para el Control Procesos, y en la 4(b) se muestra el registro de eventos del sistema, donde se conoce qué procesos, interacciones o registros se han hecho con estampa de tiempo y usuario.

Por otro lado, cada uno de los registros debe ser manejado y presentado de manera visual y digital mediante archivos PDF. En la Figura 5 se presentan las vistas de estos documentos para (a) el reporte de Control Procesos y (b) el reporte de Control Diario.

Finalmente, se tiene el modelo de IA, el cual se ha generado usando bibliotecas en Python para encapsularlo y pueda ser ejecutado en la plataforma web, de tal manera que se solicitan datos en una interfaz y basado en el vector de características que se forma a partir de 24 variables de entrada, se produzca la clasificación, además de un código de colores y una imagen representativa.

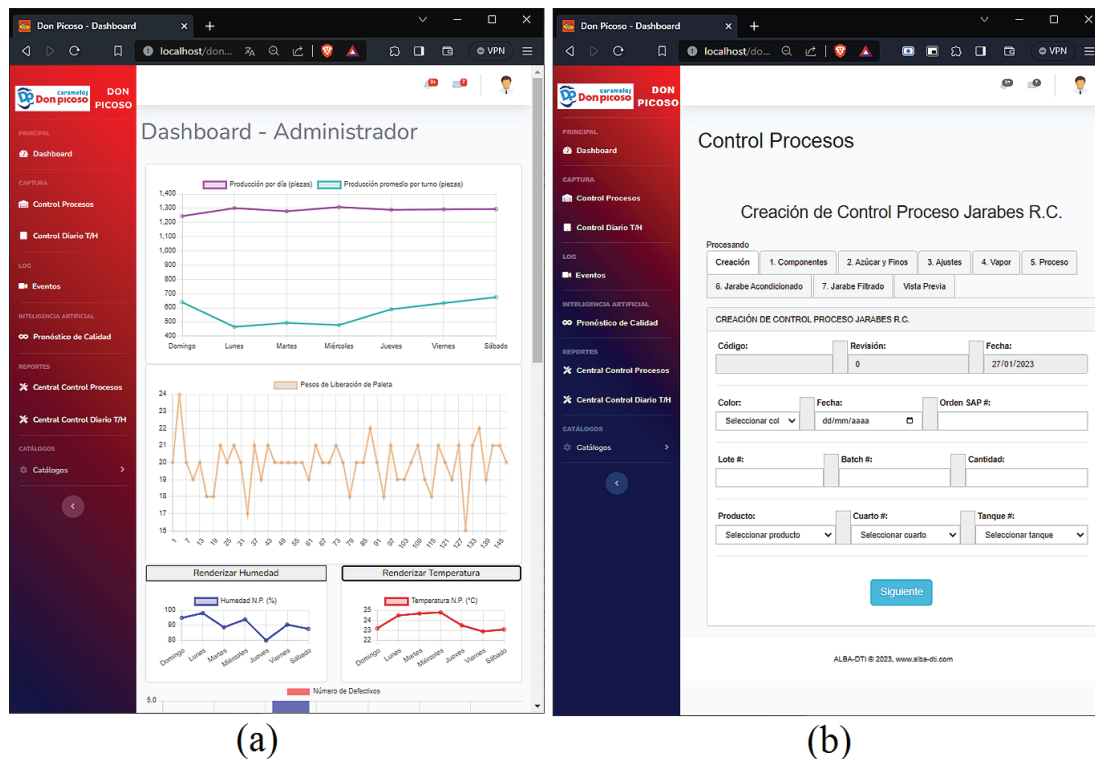


Figura 3. Interfaces: (a) dashboard y (b) registro de Control Procesos. Fuente: Elaboración propia.

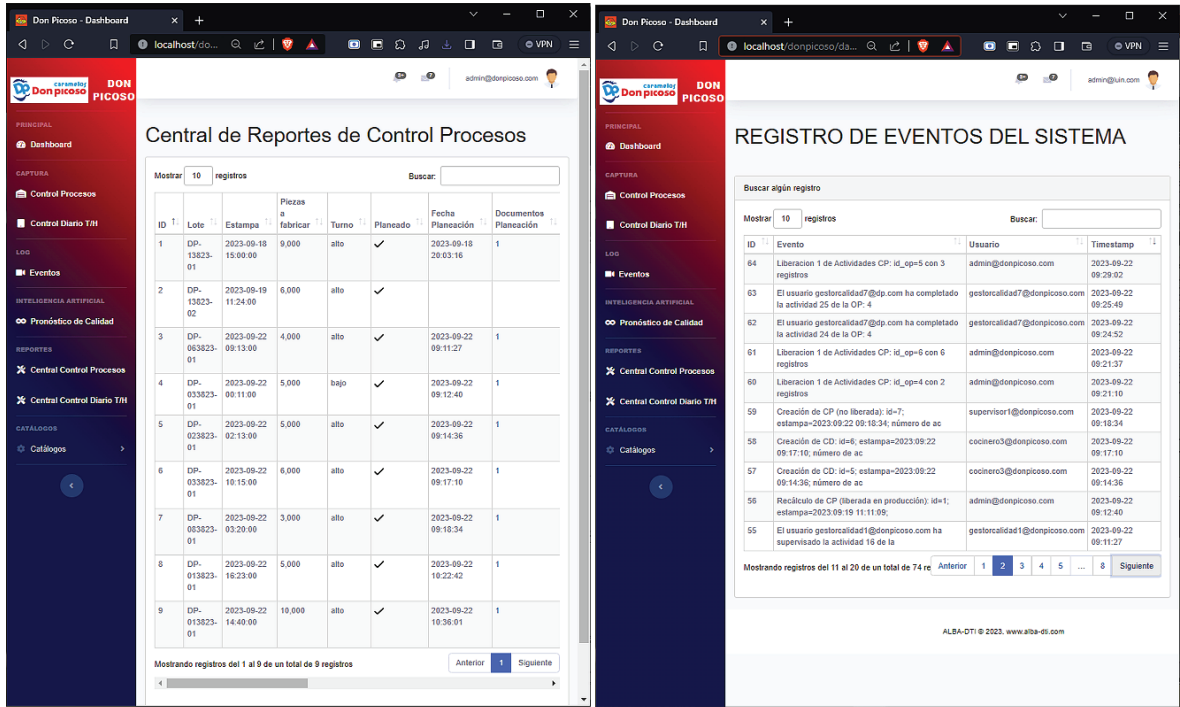


Figura 4. Interfaces: (a) central de registro de Control Procesos y (b) registro de eventos del sistema.
Fuente: Elaboración propia.

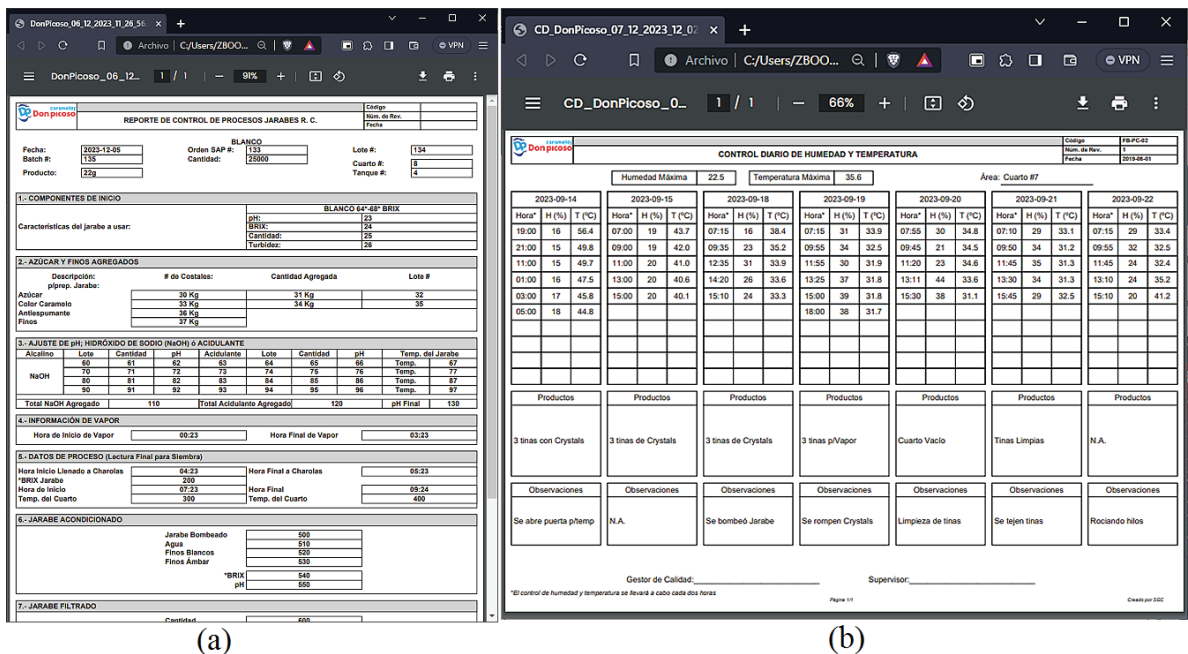


Figura 5. Documentos PDFs generados por los registros de los reportes: (a) Control Procesos y (b) Control Diario de Temperatura/Humedad.
Fuente: Elaboración propia.

Las 24 variables son: *fecha, hora, temperatura_real, humedad_tiempo_real, temperatura_promedio, humedad_promedio, número_tanque, producto, brix_jarabe_acondicionado, brix_final, humedad_jarabe_acondicionado, finos, pH_inicial, pH_final, naoh_para_ajustar_pH, hora_inicio_vapor, hora_final_vapor, tiempo_cocción_vapor, número_cuarto, temperatura_cuarto, tiempo_inicial_chr, tiempo_final_chr, tiempo_ sembrado, y resultado_paleta*. Para el modelo, se utilizan sólo 19 de éstas, eliminando *fecha, hora, hora_inicio_vapor, hora_final_vapor y producto*, por considerarse irrelevantes.

El conjunto de datos está conformado por 1000 registros de 24 variables, clasificado en cuatro grupos: Paleta OK, No crece paleta, Paleta se engrana y Paleta se pega a moldes.

Resultados

Como evidencia de los resultados arrojados por el sistema, en la Figura 6(a) se muestra una clasificación de un producto de máxima calidad, representado por el texto “La Paleta está OK”, la imagen de una paleta de alta calidad y el color verde como parte del semáforo visual, mientras que en la Figura 6(b)

se muestra una clasificación de un producto donde se tiene que la paleta no creció, representado por el texto “La Paleta No Crece”, la imagen de una paleta que no se formó correctamente y el color rojo como parte del semáforo visual. Es importante notar que la Figura 6 no indica el nombre de todas las métricas o parámetros, porque la empresa solicitó no presentarlas. No obstante, en la plataforma configurada para la empresa dentro del servidor, se muestra cómo es el proceso de pronóstico de calidad, el nombre de cada variable (Temperatura, Humedad, Tiempo, etc.) y el *placeholder* de cada campo de entrada indicando las unidades como deben ingresarse (kg, %, °C, etc.).

Se evaluaron dos grupos de modelos: (a) ML y (b) DL, que están basados en redes neuronales artificiales. En el primer grupo, se evaluaron cuatro modelos de ML para clasificar las 3 diferentes salidas de la paleta; en la Figura 7 se muestran los resultados con el conjunto de prueba.

La Tabla 1 enlista numéricamente la exactitud promedio y la desviación estándar de la exactitud para cada modelo de ML utilizado.

El conjunto de datos ha sido pre-procesado para eliminar valores nulos o características que no apor-

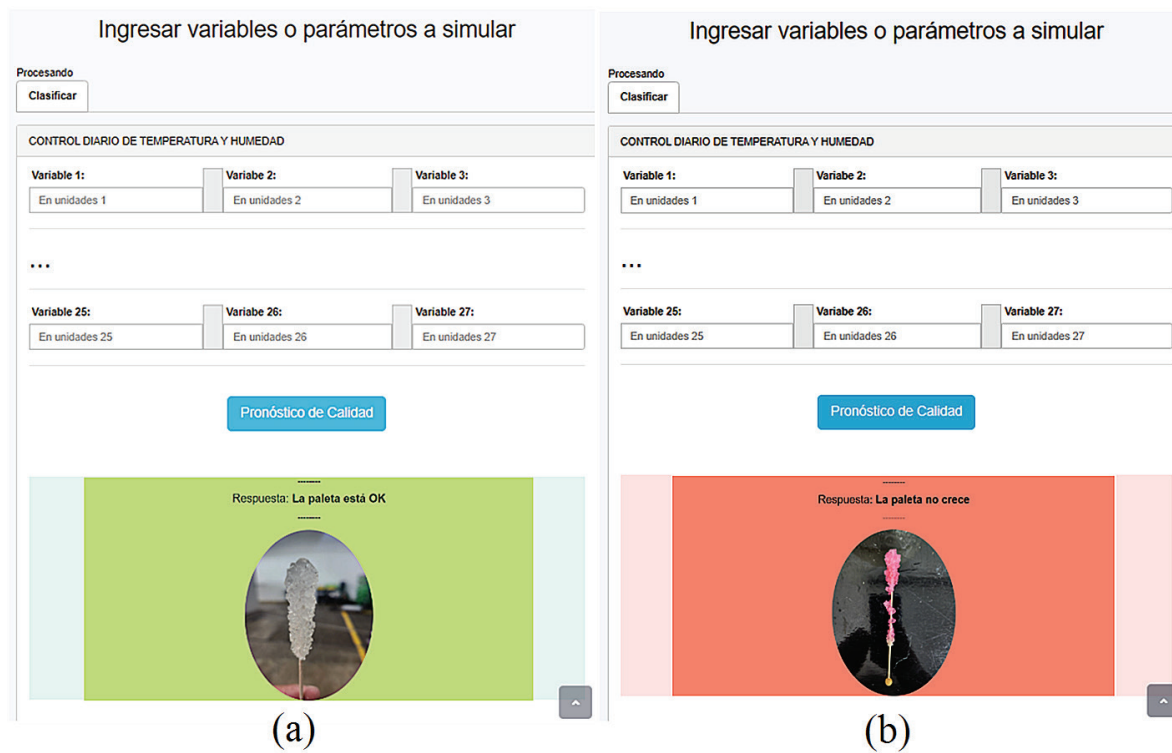


Figura 6. Salidas visuales en la plataforma de Industria 4.0 para la clasificación del modelo.
Fuente: Elaboración propia.

tan al conocimiento, además, se han evaluado varios modelos y se presentan los cuatro más interesantes, donde la metodología de selección se fundamentó en: a) dividir en conjuntos de entrenamiento y de pruebas, b) con el conjunto de entrenamiento se explora un espacio de análisis con siete modelos a través de una validación cruzada con diez divisiones, c) análisis estadístico para la selección de cuatro modelos, d) ajuste de hiper-parámetros para una mejor sintonización de estos modelos, y e) selección del modelo final mediante mejor exactitud y menor desviación estándar de la exactitud con el conjunto de pruebas. La métrica de exactitud fue elegida, porque se deseaba un modelo que clasificara de mejor manera a cada una de las salidas esperadas enfocadas en la calidad del producto, por lo que el mejor modelo fue utilizando Regresión Logística que, a través de distintas corridas de la metodología, fue el que mejor resultado presentó con una exactitud del 81.05 % ante vectores no vistos integrados en el conjunto de pruebas.

Siguiendo una metodología similar de selección, se evaluó el segundo grupo de modelos basados en

redes neuronales artificiales. Se tuvo una gran cantidad de configuraciones, y para la elección de los mejores modelos se utilizó el comportamiento a través de la exactitud promedio y su desviación estándar a nivel de exploración del tamaño del batch, así como, a través de la exactitud promedio y su desviación estándar a nivel de configuración; las más representativas se presentan en Tabla 2.

Para cada una de las seis configuraciones anteriores se exploró el espacio de diseño con los siguientes hiper-parámetros:

- Tamaño del batch = [5, 10, 25, 50]
- Épocas = [50, 100, 250, 500, 1000]

Las Tablas 1 y 2 permitieron hacer la selección final del mejor modelo entre los grupos ML y DL, siendo los últimos los que muestran mejor desempeño; resaltando que, para algunos autores, los modelos de DL son aquellos que además de las capas de entrada y salida, presentan más de una capa oculta, aunque en este trabajo se considera que los modelos DL son los basados en redes neuronales artificiales. Los resultados muestran que las redes neuronales artificia-

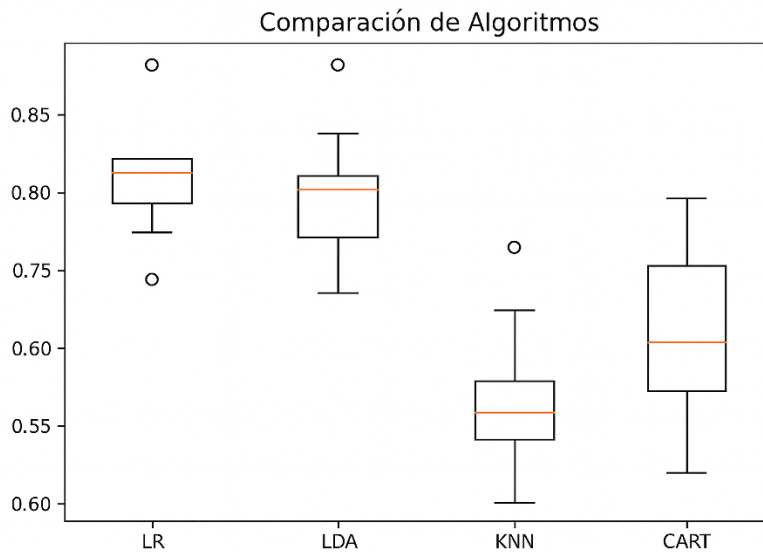


Figura 7. Modelos evaluados con el conjunto de pruebas.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1. Resultados de la exactitud de los diferentes modelos analizados.

Modelo	Exactitud (Acc) (%)	Desviación Estándar (Acc) (%)
LR (Regresión logística)	81.05	3.38
LDA (Análisis de Discriminantes Lineales)	79.42	4.36
KNN (K vecinos más cercanos)	66.12	4.72
CART (Árboles de clasificación y regresión)	70.40	5.65

Fuente: Elaboración propia.

les se comportan de mejor manera cuando se tienen configuraciones de 1 capa de entrada, 1 capa oculta y 1 capa de salida, a diferencia de cuando se configuran más capas ocultas. Adicionalmente, los modelos ML1, ML2 y ML3 reportan una mayor exactitud promedio con una menor desviación estándar, siendo entre éstas la configuración ML3 la que reporta los mejores resultados, es decir la configuración de 1 capa de entrada con 14 neuronas, 1 capa de salida con 3 neuronas (función de activación *sigmoid*) y 1 capa oculta con 15 neuronas (función de activación *relu*), abstrae el conocimiento y lo modela de mejor manera con el conjunto de datos proporcionado.

Conclusiones

Las plataformas de Industria 4.0 son herramientas importantes en el manejo de procesos actuales. Como tal, la plataforma descrita en este documento refleja el conocimiento de los cocineros, supervisores y auditores para obtener un modelo que permite la clasificación de la calidad de un producto (paletas con innovación en su estructura). Este modelo aporta en dos sentidos, por un lado, permite conocer la salida con las variables o características de entrada, por otro lado, ofrece ideas de nuevas variables para tener un mayor y mejor control de la calidad del producto.

La plataforma da ventajas en cómo se registran los reportes de los distintos usuarios de ésta, reduciendo el tiempo de registro, almacenamiento, procesamiento y análisis de los distintos datos capturados. Ade-

más, permite mantener seguro el almacenamiento de estos mediante contraseñas, sesiones, perfiles, privilegios y registro de eventos del uso de la plataforma. Un requerimiento que puede cambiar en el futuro es que el proceso se mantendrá de manera local, ya que se está modelando un producto de innovación a nivel mundial. Los directivos de la empresa consideraron que es adecuado mantener el proceso dentro de servidores locales, para evitar la fuga de información y lograr tener un mejor control de lo que se puede ver hacia dentro de la empresa.

Agradecimientos

Los autores agradecen al CONAHCYT (ahora SE-CIHTI), por el apoyo al proyecto de Estímulo Fiscal a la Investigación y Desarrollo de Tecnología de la Convocatoria EFIDT 2023 con número 1900477, así como el estímulo para llevar a cabo las investigaciones a través del programa SNII y al Proyecto Cátedras CONAHCYT número 882.

Referencias

- Balfaqih, H. (2023). Artificial Intelligence and Smart Logistics Systems in Industry 4.0, *En Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Manila, Philippines, March 7-9, 2023.
- Buvanewari, M., Aswath, S., Karthik, P y Mohammed M. R. (2023). Web based nutrition and diet assistance using machine learning. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 10(5), 983-987.
- Calle, J. L. P., Punta-Sánchez, I., González-de-Peredo, A. V., Ruiz-Rodríguez, A., Ferreiro-González, M. y Palma, M. (2023). Rapid and

Tabla 2. Exactitud promedio y la desviación estándar de los modelos DL ante el conjunto de pruebas.

Modelo	Capa de entrada	Capa de salida	Capa(s) ocultas	Exactitud promedio	Desviación estándar
ML1	14 neuronas	3 neuronas FA Sigmoid	1) 10 neuronas FA Relu	94.2%	9.2%
ML2	14 neuronas	3 neuronas FA Sigmoid	1) 20 neuronas FA Relu	97.2%	5.7%
ML3	14 neuronas	3 neuronas FA Sigmoid	1) 15 neuronas FA Relu	97.2%	4.4%
DL1	14 neuronas	3 neuronas FA Sigmoid	1) 10 neuronas FA Relu 2) 6 neuronas FA Relu	88.9%	18.6%
DL2	14 neuronas	3 neuronas FA Sigmoid	1) 20 neuronas FA Relu 2) 16 neuronas FA Relu	96.3%	8.3%
DL3	14 neuronas	3 neuronas FA Sigmoid	1) 10 neuronas FA Relu 2) 10 neuronas FA Relu 3) 10 neuronas FA Relu	85.9%	22.7%

Fuente: Elaboración propia.

- automated method for detecting and quantifying adulterations in high-quality honey using vis-NIRs in combination with machine learning. *Foods*, 12(13), 2491.
- Candanedo, I. S., Nieves, E. H., González, S. R., Martín, M. T. S. y Briones, A. G. (2018). Machine learning predictive model for industry 4.0. *En Knowledge Management in Organizations: 13th International Conference, KMO 2018, Žilina, Slovakia, August 6–10, 2018*.
- Cubillas, J. J., Ramos, M. I., Jurado, J. M. y Feito, F. R. (2022). A machine learning model for early prediction of crop yield, nested in a web application in the cloud: a case study in an olive grove in southern Spain. *Agriculture*, 12(9), 1345.
- Ferrini, S., Rollo, C., Bellino, C., Borriello, G., Cagnotti, G., Corona, C., Di Muro, G. Giacobini, M., Iulini, B. y D'Angelo, A. (2023). A novel machine learning-based web application for field identification of infectious and inflammatory disorders of the central nervous system in cattle. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 37(2), 766-773.
- Fracarolli, J. A., Pavarin, F. F. A., Castro, W. y Blasco, J. (2020). Computer vision applied to food and agricultural products. *Revista Ciência Agronômica*, 51(spe), e20207749.
- Hassoun, A., Jagtap, S., Garcia-Garcia, G., Trollman, H., Pateiro, M., Lorenzo, J. M., y Cámara, J. S. (2023). Food quality 4.0: From traditional approaches to digitalized automated analysis. *Journal of Food Engineering*, 337, 111216.
- Jagadeesh B N., Apoorva J. P., Chandana S., Kumar, K. y Girish, J. (2022). Web Based Application for Recognition of Deterioration in Fruits by Machine Learning. *International Journal of Creative Research Thoughts*, 10(7), 349-353.
- Kruthika, V., Lavanya H. R., Mahalakshmi E. H., Ranju P. S. R., Priyanka H.L y Sindhu, K. S. (2023). Integrated approach for food donation system, restaurant food demanding forecasting using machine learning, and global food waste analysis. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, 5(7), 11-18.
- Nordin, M. J., Xin, O. W. y Aziz, N. (2019). Food image recognition for price calculation using convolutional neural network. *In Proceedings of the 2019 3rd International Conference on Digital Signal Processing*. Jeju Island Republic of Korea, February 24-26, 2019.
- Sahoo, D., Hao, W., Ke, S., Xiongwei, W., Le, H., Achananuparp, P., Lim, E. y Hoi, S. C. (2019). FoodAI: Food image recognition via deep learning for smart food logging. *In Proceedings of the 25th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining*. Anchorage AK USA, August 4-8, 2019.
- Sánchez-Torres, F., González, I. y Dobrescu, C. C. (2022). Machine Learning in Business Intelligence 4.0: Cost Control in a Destination Hotel. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 7(3), 86-95.
- Soumyashree, S., Gupta, A. y Biswas, B. (2023). An Automation Designed for Industry 4.0 Using Robotics and Sensors that Based on IoT & Machine Learning. *E3S Web of Conferences*, 405, 02014.
- Verma, A., Kapoor, C., Sharma A. y Mishra B. (2021). Web Application Implementation with Machine Learning. *2nd International Conference on Intelligent Engineering and Management (ICIEM)*, London, United Kingdom, April 28-30, 2021.

Ensayo expositivo

Extractos vegetales para el control de plagas: aplicaciones y métodos de preparación

Plant extracts for pest control: applications and preparation methods

Aracely Martínez Bautista¹, Eduardo Osorio Hernández^{1*}, Ma. Teresa de Jesús Segura Martínez¹,
Laura Rosa Margarita Sánchez Castillo¹, Mario Rocandio Rodríguez¹

¹Facultad de Ingeniería y Ciencias
Universidad Autónoma de Tamaulipas

Autor de correspondencia:
*eosorio@docentes.uat.edu.mx

Recibido: 28-11-2024 Aceptado: 05-01-2026 (Artículo Arbitrado)

Resumen

Las plagas limitan la producción agrícola, por lo que, para disminuir los daños causados a los cultivos se emplea el control químico. Sin embargo, los plaguicidas químicos contienen sustancias tóxicas para la salud y el ambiente. Para disminuir el uso de químicos se ha implementado la aplicación de extractos vegetales, ya que presentan compuestos bioactivos con propiedades plaguicidas. Por lo anterior, el objetivo del artículo fue examinar la información sobre la aplicación de extractos vegetales para el control de plagas y los métodos de preparación. Se encontró que los extractos vegetales se aplican principalmente como insecticidas, larvicidas, acaricidas y fungicidas, debido a sus compuestos bioactivos, los cuales estimulan la resistencia de las plantas e interfieren con los procesos biológicos de las plagas. Dichos compuestos pueden ser extraídos mediante distintos métodos, siendo el más prometedor el uso simultáneo del ultrasonido/microondas, puesto que las ondas ultrasónicas y el calentamiento rápido de agua intracelular causan la ruptura celular, liberando los compuestos en menor tiempo y con menor cantidad de solvente. En este sentido, los extractos vegetales son una opción sustentable para el control de plagas así mismo, el método de extracción y las condiciones como temperatura, tiempo y solvente influyen en su eficacia.

Palabras clave: Control biológico, compuestos bioactivos, fungicida, insecticida, ultrasonido/microondas.

Abstract

Pests limit agricultural production, so chemical control is used to reduce the damage they cause to crops. However, chemical pesticides contain substances toxic to health and the environment. To decrease the use of chemicals, the application of plant extracts has been implemented, as they contain bioactive compounds with pesticidal properties. Therefore, the objective of this article was to examine information on the application of plant extracts for pest control and their preparation methods. It was found that plant extracts are mainly applied as insecticides, larvicides, acaricides, and fungicides, due to their bioactive compounds, which stimulate plant resistance and interfere with the biological processes of pests. These compounds can be extracted using different methods, the most promising being the simultaneous use of ultrasound/microwaves, since ultrasonic waves and the rapid heating of intracellular water cause cell rupture, releasing the compounds in less time and with less solvent. In this sense, plant extracts are a sustainable option for pest control; likewise, the extraction method and conditions such as temperature, time, and solvent influence their effectiveness.

Keywords: Biological control, bioactive compounds, fungicide, insecticide, ultrasound/microwave.

Introducción

Los cultivos agrícolas son afectados por plagas como insectos, ácaros y hongos fitopatógenos. Una plaga de importancia económica es la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) al ser vector de diversos virus eleva la incidencia y severidad de las enfermedades en las plantas (Aslam et al., 2023), de igual manera la araña roja (*Tetranychus evansi*) que ocasiona pérdidas en

los cultivos de hasta el 80 % (Azandeme-Hounmalon et al., 2022). Así como los hongos: *Botrytis cinerea* que causa lesiones de color negro en los tallos de las plantas (Lacrampe et al., 2023), *Rhizoctonia solani* y *Fusarium oxysporum* provocan pudrición en semillas, raíces, tallos y frutos (Aydin, 2022; Singh et al., 2017).

El control de estas plagas se lleva a cabo mediante la aplicación de plaguicidas, sin embargo, estos dañan el ambiente y la salud de las personas, por lo que el uso de extractos vegetales representa una alternativa para disminuir el uso del control químico (Velázquez et al., 2024). Para la preparación de los extractos se utilizan diversas especies vegetales, ya que contienen compuestos con propiedades antifúngicas (Hussein y Joo, 2018), plaguicidas o repelente (Flores et al., 2017).

Los extractos vegetales inhiben y/o estimulan diferentes procesos biológicos, lo que genera esterilidad y dificultad en la alimentación de las plagas (Flores-Villegas et al., 2019). El efecto insecticida de algunas especies vegetales se relaciona con la toxicidad de sus compuestos, los cuales inducen la inhibición, inanición o asfixia de las plagas (Flores et al., 2017).

Entre las especies vegetales que se utilizan para la elaboración de extractos se encuentran: *Tagetes erecta* (flor de muerto), *Azadirachta indica* (neem), *Ocimum basilicum* (albahaca), *Cordia boissieri* (anacahuita) entre otras. El extracto de la flor de *T. erecta* inhibe el crecimiento de hongos como *Candida albicans*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus* y *Penicillium crysogenum* (Vedam et al., 2019). Las hojas de *T. erecta* tienen efecto insecticida contra las larvas de *Zadiprion vallicola* (mosca sierra) (Toribio-Hernandez y Grande-Romero, 2020).

Por otra parte, los extractos de las semillas y hojas de *Azadirachta indica* reducen la población y la incidencia de *Bemisia tabaci* conocida como mosca blanca (Amour et al., 2023). Así mismo, extractos de *Ocimum basilicum* contienen propiedades antimicrobianas y antiparasitarias (Dhama et al., 2023). Mientras que, *C. boissieri* ha mostrado actividad microbiana (Molina-Salinas et al., 2007).

Con el fin de extraer la mayor cantidad de compuestos y en concentraciones elevadas se emplean distintos métodos de preparación, pueden usarse solos o combinados, entre los principales se encuentran: la maceración (Morocho-Coronel et al., 2024), maceración y destilación (Flores et al., 2017), maceración/agitación (Vilchez et al., 2023), ultrasonido (Muñiz-Márquez et al., 2013), microondas (Muñiz-Márquez et al., 2019) y ultrasonido/microondas (Franco-Aguirre et al., 2023). Además, se usan como solventes el hexano, cloroformo, etanol y metanol en

diferentes concentraciones (León-Fernández et al., 2021). Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue examinar la información sobre la aplicación de extractos vegetales para el control de plagas y los métodos de preparación.

Aplicaciones de los extractos vegetales contra plagas

La aplicación de los extractos vegetales con propiedades insecticidas y fungicidas es una alternativa para minimizar los efectos negativos de los pesticidas químicos (Santos et al., 2016), al ser de bajo costo, no afectar el ambiente ni la salud (Villa-Martínez et al., 2015). Por ejemplo: los extractos de *Cecropia peltata* (Trompetilla o Yarumo) y *Trema Micrantha* (Capulín cimarrón o Guacimilla) controlan la población de *Tetranychus urticae* (araña roja) con más del 60 % de mortalidad a las 24 h después de la aplicación (Velázquez et al., 2024); los extractos de *Azadirachta indica* (neem), *Ricinus communis* (tártago) y *Allium sativum* (ajo) se utilizan para el control de orugas y huevos de la plaga *Agraulis vanillae* (mariposa de espejos) (Riquelme, 2024). Para las enfermedades causadas por el hongo *Fusarium incarnatum* en el cultivo de plátano, se emplea el uso de extractos vegetales de *Cinnamomum verum* (canela) y *Syzygium aromaticum* (clavo de olor), que inhiben el crecimiento del hongo (Morocho-Coronel et al., 2024).

Los compuestos de *Tagetes erecta* (Figura 1A), presentan efecto inhibitorio sobre *Fusarium oxysporum*, además de proteger la estructura celular de las hojas e incrementar la resistencia general de la planta y la tasa de germinación de semillas infectadas por el hongo (Du et al., 2017). Otras investigaciones mencionan que los extractos de los pétalos de esta especie disminuyen el crecimiento de hongos como *Candida albicans*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus* y *Penicillium crysogenum* (Vedam et al., 2019), así como de *Monilinia laxa* y *Fusarium graminearum* (Perisoara et al., 2022). *Tagetes erecta* también tiene propiedades larvicida, nematocida e insecticida (Santos et al., 2016), es efectivo contra larvas de *Spodoptera frugiperda* (gusano cogollero) causando toxicidad por contacto, así como el 40 % de la mortalidad del insecto (Henagamage et al., 2023).

Por otra parte, los extractos de *Azadirachta indica* (Figura 1B) previenen y reducen el ataque de *Bemi-*

sia tabaci (mosca blanca), así como la incidencia y severidad de enfermedades fungosas (Akama et al., 2023). También se ha reportado una reducción de la oviposición, el número de ninfas y la emergencia del adulto de *Bemisia tabaci* en un 50 %, 70 % y 80 %, respectivamente (Amour et al., 2023) y la reducción de la población de ninfas del 47.55 % después de 120 h (Aslamet et al., 2023). El extracto también reduce el 7.11 % y 2.83 % de la infestación de *Phyllocnistis citrella* (minador de hojas de los cítricos) a los 10 y 20 días después de la aplicación, respectivamente (Valarezo et al., 2023).

Otra especie vegetal utilizada como extracto vegetal es *Ocimum basilicum* (Figura 1C), la cual tiene actividades fungicidas contra el crecimiento micelial y germinación de los conidios de *Pilidiella granati* (Thomidis y Filotheou, 2016). Así mismo, el extracto de hojas de *Ocimum basilicum* es efectivo contra *Cercospora apii* Fressen, causante de tizón temprano del apio, con un 100 % de reducción de inhibición del crecimiento micelial a los 14 días (Ramos de L et al., 2012). Se han reportado propiedades insecticidas de *Ocimum basilicum* al controlar a adultos y larvas de *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus* y *Culex quinquefasciatus*, los cuales son vectores de la transmisión de virus como los que causan dengue, zika, fiebre amarilla o chikungunya (Leyva et al., 2020).

El extracto de las hojas de *Cordia boissieri* (Figura 1D), poseen actividad antimicrobiana contra *Staphylococcus aureus* (Molina-Salinas et al., 2007) e inhiben el crecimiento de *Candida glabrata* (Salazar-Aranda et al., 2011). Por otra parte, los extractos de *Cordia boissieri* causan mortalidad de dos poblaciones de *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* (garrapata) del 37 a 71 % en adultos y de 10.33 a 33.04 % en larvas (García-Ponce et al., 2024).

Métodos de preparación de extractos vegetales

Existen diversos métodos para extraer compuestos de las especies vegetales, entre las más reportadas se encuentra las siguientes:

Maceración. Es uno de los métodos más utilizados por ser de bajo costo y su aplicación sencilla, consiste en poner en contacto durante un determinado tiempo el material vegetal con un solvente que puede ser agua, etanol, metanol, acetona entre otros, el proceso se realiza a temperatura ambiente, removiendo la mezcla con frecuencia (Hidayat y Wulandari, 2021). Este método conduce la difusión pasiva de compuestos bioactivos en el solvente (Chongo Y. (2025), sin embargo, mediante la maceración algunos compuestos no pueden ser extraídos llevando a una extracción incompleta (Shikov et al., 2022).

Se ha utilizado este método en diversas investigación como el de Riquelme, (2024), donde el extracto de neem se obtuvo al mezclar 1 L de agua con las hojas (150 g), las cuales en un mortero previamente fueron molidas hasta formar una pasta, la mezcla se dejó en maceración en un recipiente por 48 h (Figura 2) y con ayuda de un colador de tela de algodón se filtró para desechar los restos del material vegetal. Por otra parte, Velázquez et al. (2024), utilizaron hojas de *Cecropia peltata* (Trompetilla o Yarumo) y *Trema Micrantha* (Guacimilla) las cuales fueron secadas a la sombra por 20 días y después trituradas en un mortero de porcelana. El material vegetal se colocó dentro de un recipiente con agua por 24 h, transcurrido este tiempo el extracto se filtró. La concentración que se empleó fue de 30 g de polvo en 1 L de agua.

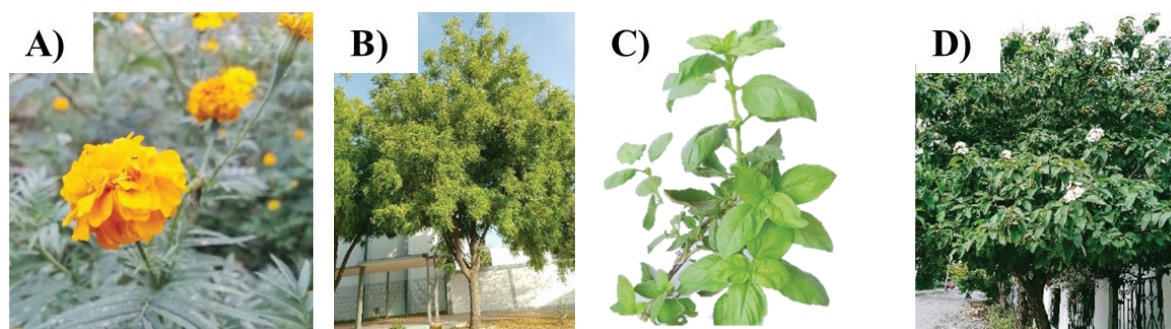


Figura 1. Especies vegetales para la aplicación de extractos vegetales contra plagas: *Tagetes erecta* (A), *Azadirachta indica* (B), *Ocimum basilicum* (C) y *Cordia boissieri* (D).

Fuente: Elaboración propia.

Así mismo, Morocho-Coronel et al. (2024), utilizaron este método donde pulverizaron 50 g de material vegetal y lo mezclaron con 120 mL de etanol al 96 %, la mezcla se dejó reposar durante 96 h. Posteriormente, el extracto se separó del material vegetal, mediante filtración con una tela de organza y se guardó en refrigeración hasta su uso.

Maceración/destilación. Para la preparación de los extractos vegetales se pueden emplear distintos procesos, con el fin de aumentar la concentración de los compuestos que se buscan extraer de las especies vegetales. Flores et al. (2017), colectaron hojas frescas de orégano silvestre y zacate limón (citronela), las cuales fueron secadas bajo sombra y molidas en una licuadora convencional (Figura 3A). El polvo obtenido de cada especie vegetal (Figura 3B) se maceró y se dejó reposar durante 24 h en frascos de vidrio con etanol al 96 % como solvente. Posteriormente se empleó la destilación que es la evaporación del solvente y su posterior condensación, consiste en separar el solvente del extracto, para ello se utilizó un instrumento llamado roto-vapor (Brinkmann), el cual permitió que el solvente se evaporara sin dañar los compuestos extraídos de la planta. Una vez terminado lo anterior, los extractos fueron envasados en recipientes color ámbar y refrigerados a 8 ± 2 °C hasta su uso.

Mientras que Vázquez et al. (2024), emplearon extractos de jengibre, en donde se inició con la limpieza de los rizomas del jengibre y se desinfectaron en hipoclorito de sodio por 3 min, luego se dejaron secar en un sitio ventilado a temperatura ambiente. Posteriormente, se cortaron rodajas de 3 mm de espesor

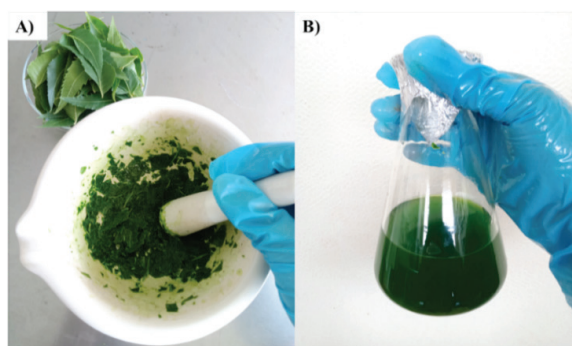


Figura 2. Método de maceración: Hojas de Neem molidas en un mortero de porcelana (A) y extracto acuoso de Neem después de 48 h (B).

Fuente: Elaboración propia.

y con ayuda de un deshidratador de alimentos las muestras fueron secadas a 70 °C durante 12 h. Para el extracto se usó una concentración de 50 g del rizoma y 700 mL de alcohol al 96 %, se dejó macerar por siete días y después el solvente se evaporó mediante un Rotovapor (ISSE LABS) a 60 °C, durante 40 min para obtener 20 mL de concentrado del extracto.

Maceración/agitación. La velocidad de agitación es un factor importante a considerar cuando se extraen compuestos de plantas. Zainol et al. (2023) emplearon la maceración y la agitación para extraer compuestos fitoquímicos de *Asystasia gangetica*, donde mezclaron 5 g de muestras de plantas en polvo con metanol y agua destilada a temperatura ambiente. Posteriormente, se colocó la mezcla en un agitador incubador a 80 °C durante 5 horas y se centrifugó a 5800 ppm durante 15 minutos antes de ser filtrada con un papel filtro Whatman. En este estudio se evaluaron diferentes velocidades de agitación (160 a 220 rpm) y porcentajes de metanol (65 a 80 %), teniendo como resultado que la velocidad de agitación de 204 rpm y el 72 % de porcentaje de disolvente mostraron mayor concentración de compuestos (Figura 4).

Muhammad et al. (2014) indicó que el aumento de la velocidad de agitación de 50 a 300 rpm incrementó la concentración de flavonoles totales extraídos de *Averrhoa bilimbi* en un 47 %. Elhag et al. (2018) reportaron mayor extracción de saponinas de raíces de *Eurycoma longifolia* al elevar la velocidad de agitación. Esto se debe a que una alta velocidad de agitación incrementa el coeficiente de transferencia de masa y potencia la transferencia de masa convectiva, lo que induce a un mayor rendimiento de extracción (Tagliacruzchi et al., 2010).

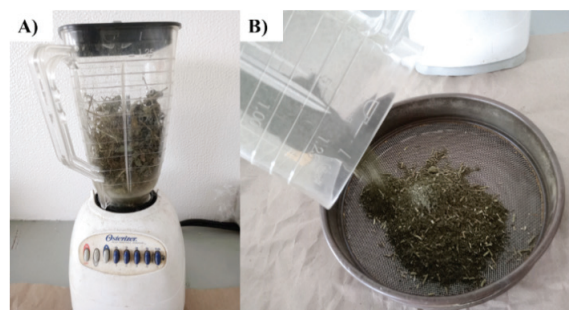


Figura 3. Manejo del material vegetal: hojas de orégano molidas en una licuadora convencional (A) y polvo obtenido de la especie vegetal (B).

Fuente: Elaboración propia.

Ultrasonido. Este método al aplicarse en un líquido genera burbujas que crecen y colapsan rápidamente, rompiendo las paredes de las células del material vegetal, causando la liberación de los compuestos que se encuentran en su interior, así mismo, permite que el disolvente penetre en el material vegetal y se extraigan las sustancias de interés, que finalmente pasan al líquido de extracción (Hidalgo-Sánchez et al., 2025). En comparación con la extracción convencional, la extracción mediante ultrasonido puede extraer componentes bioactivos en menor tiempo, a baja temperatura, con menor energía y disolvente (Kumar et al., 2021). Por lo que, es un método eficaz para la elaboración de extractos vegetales, al ser considerado un método fácil de manipular, fiable y factible (Muñiz-Márquez et al., 2013).

En un estudio realizado por Hidalgo-Sánchez et al. (2025) se comprobó la eficiencia de la extracción de polifenoles totales de *Piper aduncum* L. mediante la extracción asistida por ultrasonido. Donde los resultados mostraron mayor concentración de polifenoles totales al usar este método ($0,45 \pm 0,03$ y $2,10 \pm 0,09$ g EAG/100 g ms). De esta manera, se pueden extraer compuestos bioactivos vegetales como: fenólicos, flavonoides, timoles, saponinas y proteínas. Sin embargo, se debe considerar parámetros de extracción como la temperatura, el tiempo, la potencia, la frecuencia y el tipo de disolvente ya que estos influyen en el rendimiento de la extracción (Yusoff et al., 2022).

Microondas. El método funciona con el calentamiento rápido de agua intracelular con el fin de generar presión, causando la ruptura celular, lo que faci-

lita la liberación de los compuestos (Routray y Orsat, 2012). La extracción se realiza de manera eficiente al utilizar menos disolvente, con un mínimo de residuos y disminuyendo la exposición ambiental y humana a sustancias químicas dañinas (Bagade y Patil, 2021).

Muñiz-Márquez et al. (2019), indicaron que este método fue viable para la obtención de extractos vegetales al presentar ventajas como reducción del tiempo de preparación así como menor cantidad de solventes, en comparación con otros métodos de extracción convencionales. Las condiciones de extracción para plantas de *Coriandrum sativum* (cilantro) fueron 3 min de irradiación con etanol al 25 % y para *Amaranthus hybridus* (Quelite) fue de 9 min de irradiación con etanol al 50 %.

Ultrasonido/microondas. En la búsqueda de alternativas para la elaboración de extractos vegetales han surgido investigaciones donde emplean los métodos de ultrasonido y microondas simultáneamente para optimizar los rendimientos sin afectar la efectividad de los compuestos extraídos (Renovato-Núñez et al., 2023). La combinación del efecto del ultrasonido (ruptura de la pared celular) y microondas (calentamiento y debilitamiento de la estructura celular) mejoran la recuperación fenólica y el potencial antioxidante de los compuestos extraídos (Laina et al., 2024).

Franco-Aguirre et al. (2023), utilizaron estos métodos para la elaboración del extracto de hojas de *Mentha piperita* (menta negra), las cuales fueron secadas a temperatura ambiente durante 14 días, trituradas en un molino multiusos (TCNAL, TE-631/4) durante 5 min, 500 w de potencia y a 2000 revolucio-

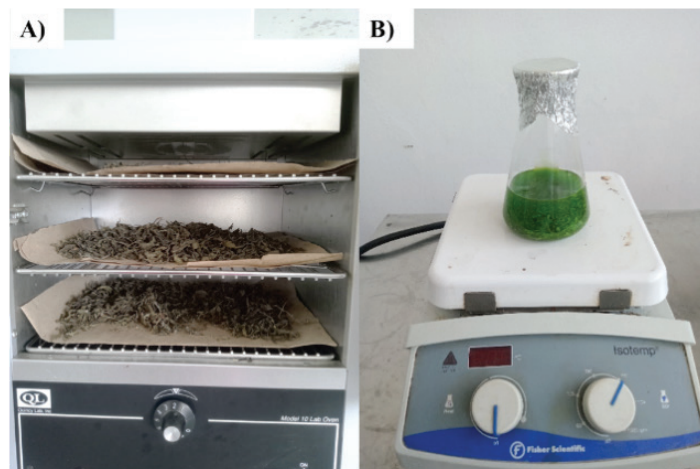


Figura 4. Método de maceración/agitación: secado del material vegetal en Estufa (A) y extracto en agitación (B).
Fuente: Elaboración propia.

nes por min. Para el extracto se usó alcohol al 96 % y 100 g de materia vegetal, se utilizó el reactor híbrido (Ultrasonic Microwave Cooperative Workstation, XO-SM400) (Figura 5). Por otra parte, Rodrigues y Pinto, (2007), indicaron que la extracción por ultrasonido es de bajo costo, ya que se extraen altas cantidades de compuestos y el tiempo de extracción se reduce significativamente.

Conclusiones

Los extractos vegetales se usan para controlar la población de plagas ya que interfieren en su alimentación y supervivencia al provocar inhibición, inanición o asfixia en los organismos dañinos. De igual manera, ayudan a preservar la estructura celular de las hojas, aumentan la resistencia de la planta contra las plagas, inhiben el crecimiento micelial y favorecen la germinación de semillas afectadas por hongos. Con el fin de extraer la mayor cantidad de compuestos bioactivos (fenólicos, flavonoides, timoles, saponinas y proteínas) se utilizan distintos métodos de extracción convencionales como la maceración hasta tecnológicos como el ultrasonido y las microondas. El uso simultáneo de las dos últimas ha demostrado mayor eficiencia en cuanto a la reducción del tiempo de extracción y disminución en el uso del solvente. De esta manera, la extracción se realiza con un mínimo de residuos y disminuyendo la exposición ambiental y humana a sustancias químicas dañinas.

Referencias

Akama, C. K., Amiteye, S., Appiah, A. S., Kpentey, P. B., Appiah, R., Kutufam, J. T., Dzimega, D. A. and Amenorpe, G. (2023). Assessment of different rates of neem extracts as bio-pesticide for the control of insect vectors and associated viral diseases in okra. *African Journal of Agricultural Research*. Vol. 19(4): 364-373.

Amour, M., Wosula, E. N., Mrisho, L., Hoskins, C., Buss, D., Bruce, T., Stephano, F. and Legg, J. P. (2023). Efficacy of selected botanical oils against the cassava whitefly (*Bemisia tabaci*) and their effects on its feeding behaviour. *Journal of Applied Entomology*. Vol. 147(7):473-485.

Aslam, M., Sarwar, A., Khan, S. Z., Awan, M. I., Munir, M., Mushtaq, M. N., Ahmad, S., Hanif, A., Masroor, A. and Ashraf, M. R. (2023). The effectiveness of botanicals and fungus isolates from fish pond on the population reduction of *Bemisia tabaci*. *Journal of Survey in Fisheries Sciences*. Vol. 10(3):4996-5007.

Aslam, S., Tahir, A., Aslam, M. F., Alam, M. W., Shedayi, A. A. and Sadia, S. (2017). Recent advances in molecular techniques for the identification of phytopathogenic fungi a mini review. *Journal of Plant Interactions*. Vol. 12(1):493-504.

Aydin, M. H. (2022). *Rhizoctonia solani* and its biological control. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*. Vol. 9(1):118-135.

Azandeme-Hounmalon, G. Y., Sikirou, R., Onzo, A., Fiaboe, K. K. M., Tamo, M., Kreiter, S. and Martin, T. (2022). Re-assessing the pest status of *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae) on solanaceous crops and farmers control practices in Benin. *Journal of Agriculture and Food Research*. Vol. 10:1-8.

Bagade, S. B. and Patil, M. (2021). Recent advances in microwave assisted extraction of bioactive compounds from complex herbal samples: a review. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*. Vol. 51(2):138-149.

Chongo, Y. (2025). Extraction methods of bioactive compounds: a sustainability approach. *Journal of Food Science and Gastronomy*. Vol. 3(1):29-37.

Dhama, K., Sharun, K., Gugjoo, M. B., Tiwari, R., Alagawany, M., Yattoo, M. I., Thakur, P., Iqbal, H. M. N., Chaicumpa, W., Michalak, I., Elnes, S. S. and Farag, M. R. (2023). A comprehensive review on chemical profile and pharmacological activities of *Ocimum basilicum*. *Food Reviews International*. Vol. 39:119-147.

Du, A., Pérez-Leal, R., Morales-Morales, H. A., Basurto-Sotelo, M., Soto-Parra, J. M. y Martínez-Escudero, E. (2015). Situación actual en el control de *Fusarium* spp. y evaluación de la actividad antifúngica de extractos vegetales. *Acta Agronómica*. Vol. 64(2):194-205.

Elhag, E. A. E., Naila, A., Ajjit, A., Abdul A. B. and Ziad S. A. (2018). Sequential extraction of saponins from *Eurycoma longifolia* roots by water extraction and ultrasound-assisted extraction. *Materials Today: Proceedings*. Vol. 5(10):21672-21681.

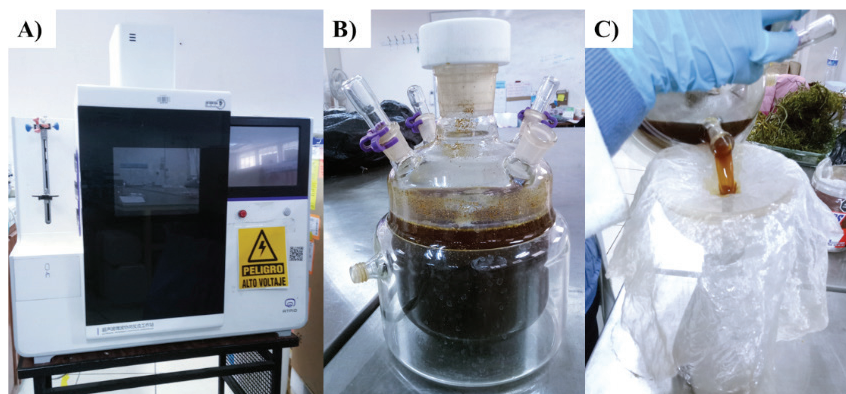


Figura 5. Preparación del extracto: equipo de Ultrasonido/microondas (A), extractor con el material vegetal mezclado con etanol al 96 % (B), filtrado del extracto en tela de organza (C).

Fuente: Elaboración propia.

- Flores, L., Solano, Y., Sanabria, M. E. and Hernández, D. (2017). Efectividad de los extractos vegetales de orégano silvestre (*Lippia origanoides* K.) y citronela (*Cymbopogon citratus* D C) sobre *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). *Idesia (Arica)*. Vol. 35(4):67-74.
- Flores-Villegas, M. Y., Gonzales-Laredo, R. F., Pompa-García, M., Ordaz-Díaz, L. A., Prieto-Ruiz, J. Á. y Domínguez-Calleros, P. A. (2019). Uso de plaguicidas y nuevas alternativas de control en el sector forestal. *Foresta Veracruzana*. Vol. 21(1):29-38.
- Franco-Aguirre, Y. D., Sáenz-Galindo, A., López-Badillo, C. M., Rodríguez-Herrera, R., Castañeda-Facio, A. O. y Ascacio-Valdés, J. A. (2023). Extractos de *Mentha piperita* L. obtenidos por tecnologías híbridas. *Pádi Boletín Científico De Ciencias Básicas E Ingenierías Del ICBI*. Vol. 11:5-9.
- García-Ponce, R., Hernández-Escareño, J. J., Cruz-Valdez, J. C., Galindo-Rodríguez, S. A. and Villarreal-Villarreal, J. P. (2024). Ixodicial effect of extracts from *Cordia boissieri*, *Artemisia ludoviciana* and *Litchi chinensis* on *Rhipicephalus* (Boophilus) microplus (Acari: Ixodidae). *Brazilian Journal of Biology*. Vol. 84:1-11.
- Henagamage, A. P., Ranaweera, M. N., Peries, C. M. and Premetlake, M. M. S. N. (2023). Repellent, antifeedant and toxic effects of plants-extracts against *Spodoptera frugiperda* larvae (fall armyworm). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. Vol. 48:1-10.
- Hidalgo-Sánchez, M. A., Pérez-Cuesta, A. M., Montesdeoca-Erazo, R. V. and Casigña-Guamán, N. S. (2025). Influencia del ultrasonido en la extracción de compuestos bioactivos de *Piper aduncum* L. *Código Científico Revista De Investigación*. Vol. 6(1):2273-2288.
- Hidayat R. and Wulandari P. (2021). Methods of extraction: maceration, percolation and decoction. *Eureka Herba Indones*. Vol. 2(1):68-74.
- Hussein, K. A., Joo, J. H. (2018). Antifungal activity and chemical composition of ginger essential oil against ginseng pathogenic fungi. *Current Research in Environmental & Applied Mycology*. Vol. 8(2):194-203.
- Kumar, K., Srivastav, S. and Sharanagat, V. S. (2021). Ultrasound assisted extraction (UAE) of bioactive compounds from fruit and vegetable processing by-products: A review. *Ultrasonics sonochemistry*. Vol. 70:105325.
- Lacrampe, N., Colombié, S., Dumont, D., Nicot, P., Lecompte, F. and Lugan, R. (2023). Nitrogen-mediated metabolic patterns of susceptibility to Botrytis cinerea infection in tomato (*Solanum lycopersicum*) stems. *Plants*. Vol. 27(2):1-20.
- Laina, K. T., Drosou, C., Stergiopoulos, C., Eleni, P. M. and Krokida, M. (2024). Optimization of combined ultrasound and microwave-assisted extraction for enhanced bioactive compounds recovery from four medicinal plants: oregano, rosemary, hypericum, and chamomile. *Molecules*. Vol. 29(23):5773.
- León-Fernández, A. E., Balois-Morales, R., Bautista-Rosales, P. U., Palomino-Hermosillo, Y. A., Bello-Lara, J. E. B. y López-Rivas, C. E. (2021). Extracción de compuestos fitoquímicos de inflorescencia y frutos de guanábana (*Annona muricata* L.). *Acta agrícola y pecuaria*. Vol. 7(1):1-12.
- Leyva, M., Marquetti, M. del C., Montada, D., Payroll, J., Scull, R., Morejón, G. y Pino, O. (2020). Actividad insecticida de los aceites esenciales de *Piper aduncum* subsp. *ossanum* y *Ocimum basilicum* sobre *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus* y *Culex quinquefasciatus*. *Novitates Caribaea*. Vol. 16:122-132.
- Molina-Salinas, G. M., Pérez-López, A., Becerril-Montes, P., Salazar-Aranda, R., Said-Fernández, S. and Waksman de T, N. (2007). Evaluation of the flora of Northern Mexico for *In vitro* antimicrobial and antituberculosis activity. *Journal of ethnopharmacology*. Vol. 109(3):435-441.
- Morocho-Coronel, Y. B., Jaramillo-Aguilar, E. E., Herrera-Reyes, S. N. y Moreno-Herrera, A. (2024). Evaluación del efecto antifúngico de extractos vegetales sobre hongos asociados a manchas foliares en banana. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*. Vol. 7(1):248-257.
- Muhamad, N., Muhmed, S. A., Yusoff, M. M. and Gimbun, J. (2014). Influence of solvent polarity and conditions on extraction of antioxidant, flavonoids and phenolic content from *Averrhoa bilimbi*. *Journal of Food Science and Engineering*. Vol. 4(2012):255-260.
- Muñiz-Márquez, D. B., Martínez-Ávila, G. C., Wong-Paz, J. E., Belmares-Cerda, R., Rodríguez-Herrera, R. and Aguilar, C. N. (2013). Ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from *Laurus nobilis* L. and their antioxidant activity. *Ultrasonics sonochemistry*. Vol. 20(5):1149-1154.
- Muñiz-Márquez, D., Wong-Paz, J., Contreras-Esquivel, J., Rodríguez-Herrera, R. and Aguilar, C. (2019). Chapter 12-Extraction of Phenolic Compounds From *Coriandrum sativum* L. and *Amaranthus hybridus* L. by Microwave Technology, pp:185-190. In: Ross W. R. (Ed.), Polyphenols in plants isolation, purification and extract preparation, ACADEMIC PRESS, USA, 425 p.
- Perisoara, A., Marinas, I. C., Geana, E. I., Constantin, M., Angheloiu, M., Pirvu, L. and Cristea, S. (2022). Phytostimulation and synergistic antipathogenic effect of *Tagetes erecta* extract in presence of Rhizobacteria. *Horticulturae*. Vol. 8(9):1-24.
- Ramos de L., N., Sanabria, M. E., Rodríguez y D., Ulacio, D. (2012). Efecto del extracto etanólico de albahaca genovesa (*Ocimum basilicum* var. Genovese) sobre *Cercospora apii* Fressen y el tizón temprano del celery (*Apium graveolens*). *Revista Científica UDO Agrícola*. Vol. 12(2):472-478.
- Renovato-Núñez, J., Cobos-Puc, L. E., Ascacio-Valdés, J. A., Rodríguez-Herrera, R., Iliná, A., Barrón-González, M., Sierra-Rivera, C. A. and Silva-Belmares, S. Y. (2023). Polyphenolic characterisation and antiprotozoal effect of extracts obtained by maceration, ultrasound, microwave and ultrasound/microwave of *Porophyllum ruderale* (Jacq.) Cass. *Natural Product Research*. Vol. 1:1-5.
- Riquelme R., M. T. (2024). Evaluación de Extractos Vegetales a Base de Tártaigo (*Ricinus communis*), Neem (*Azadirachta indica*) y Ajo (*Allium sativum*) para el Control de la Plaga (*Agraulis vanillae*) en un Cultivo de Maracuyá (*Passiflora edulis* Sims). *Revista Científica Multidisciplinaria*. Vol. 1(1):77-86.
- Rodrigues, S. and Pinto, G. A. S. (2007). Ultrasound extraction of phenolic compounds from coconut (*Cocos nucifera*) shell poder. *Journal of Food Engineering*. Vol. 80(3):869-872.
- Routray, W. and Orsat, V. (2012). Microwave-Assisted Extraction of Flavonoids: A Review. *Food Bioprocess Technol*. Vol. 5(1):409-424.
- Salazar-Aranda, R., Pérez-López, L.A., López-Arroyo, J., Alanís-Garza, B.A. and Waksman de T, N. (2011). Antimicrobial and antioxidant activities of plants from northeast of Mexico. *Evidence Based Complementary and Alternative Medicine*. Vol. 1:1-6.
- Santos, P. C., Santos, V. H. M. G., Mecina, F., Andrade, A. R., Fegueiredo, P. A., Moraes, V. M. O., Silva, L. P. and Silva, R. M. G. (2016). Insecticidal activity of *Tagetes* sp. on *Sitophilus zeamais* Mots. *International Journal of Environmental & Agriculture Research (IJOEAR)*. Vol. 2:31-38.

- Shikov, A. N., Mikhailovskaya, I. Y., Narkevich, I. A., Flisyuk, E. V. and Pozharitskaya, O. N. (2022). Methods of extraction of medicinal plants. In Mukherjee, P. K. (Ed.), Evidence-Based validation of herbal medicine (pp. 771-796). Elsevier.
- Singh, V. K., Singh, H. B. and Upadhyay, R. S. (2017). Role of fusaric acid in the development of 'Fusarium wilt' symptoms in tomato: Physiological, biochemical and proteomic perspectives. *Plant Physiology and Biochemistry*. Vol. 118:320-332.
- Tagliacucchi, D., Verzelloni, E., Bertolini, D. and Conte, A. (2010). *In vitro* bio-accessibility and antioxidant activity of grape polyphenols. *Food chemistry*. Vol. 120(2):599-606.
- Thomidis, T. and Filotheou, A. (2016). Evaluation of five essential oils as bio-fungicides on the control of *Ptiliella granati* rot in pomegranate. *Crop Protection*. Vol. 898:66-71.
- Valarezo, C. O., Saldarriaga, V. A., Vélez, S. M., Reyna, J. L., Julca, A. y Rodríguez, A. (2023). Efecto del neem sobre *Phyllocnistis citrella* y su parasitoidismo a nivel de invernadero en Manabí, Ecuador. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*. Vol. 10(2):22-29.
- Vázquez, L. A. V., Flores, M. V. y Dominguez, G. E. T. (2024). Efecto del extracto de jengibre (*Zingiber officinale* Roscoe) sobre el crecimiento de *Botrytis cinerea*. *Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical*. Vol. 4(1):1-14.
- Vedam, V. A., Xavier, A. S. and David, D. C. (2019). *In-vitro* evaluation of antifungal and anticancer properties of *Tagetes Erecta* petal extract. *Biomedical and Pharmacology Journal*. Vol. 12(2):815-823.
- Velázquez, V. G., Aragón S., A., Puga J., A. L. y Hernández J., E. (2024). Extractos Acuósos de *Cecropia peltata* L. y *Trema Micrantha* Blumen como una Alternativa para el Control de *Tetranychus Urtice* Koch. *Ciencia Latina: Revista Multidisciplinar*. Vol. 8(2):3742-3753.
- Villa-Martínez, A., Pérez-Leal, R., Morales-Morales, H. A., Basurto-Sotelo, M., Soto-Parra, J. M. y Martínez-Escudero, E. (2015). Situación actual en el control de *Fusarium* spp. y evaluación de la actividad antifúngica de extractos vegetales. *Acta Agronómica*. Vol. 64(2):194-205.6
- Yusoff, I. M., Taher, Z. M., Rahmat, Z. and Chua, L. S. (2022). A review of ultrasound-assisted extraction for plant bioactive compounds: Phenolics, flavonoids, thymols, saponins and proteins. *Food research international*. Vol. 157(1):111268.
- Zainol, N., Aziz, N. H. and Baharudin, A. S. (2023). Influence of agitation and solvent percentage on the extraction of phytochemical compound from *Asystasia gangetica*. *Food Chemistry Advances*. Vol. 3(1):100538.

Ensayo expositivo

La pesca de sierra del Pacífico “una tradición en Mazatlán, Sinaloa”

The Pacific sierra fishery: “a tradition in Mazatlan, Sinaloa”

Nurenskaya Vélez-Arellano^{1*}, Rebeca Sánchez-Cárdenas²
Luis Antonio Salcido-Guevara²

¹Estancia Posdoctoral por México SECIHTI, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa

²Facultad de Ciencias del Mar
Universidad Autónoma de Sinaloa

Autor de correspondencia:

*nurens@hotmail.com

Recibido: 19-08-2024 Aceptado: 04-01-2026 (Artículo Arbitrado)

Resumen

Dada la importancia cultural y socioeconómica en Mazatlán, Sinaloa, y de su relevancia pesquera en el ámbito nacional del pez Sierra del Pacífico o como es conocida por su nombre científico *Scomberomorus sierra*, se presenta una síntesis sobre, la biología de la especie, la historia de su pesquería y su relevancia en la gastronomía local, además de algunos aspectos relacionados con el manejo actual de su pesquería. Este panorama general permite al lector conocer a el pez Sierra del Pacífico como un recurso pesquero valioso, comprender su importancia económica a nivel nacional y apreciar su relevancia culinaria. Además, ofrece una breve reflexión sobre el futuro de la especie y sus pesquerías, subrayando la necesidad de un manejo sostenible para garantizar su preservación y aprovechamiento en las generaciones venideras.

Palabras clave: Pesca ribereña, Gastronomía, Isla de la Piedra, Playa Norte, Ceviche de Sierra.

Abstract

Given the cultural and socioeconomic importance of Mazatlán, Sinaloa, and the national relevance of its fisheries, the Pacific sierra, commonly known by its scientific name *Scomberomorus sierra*, this article presents a synthesis of the species' biology, the history of its fishery, and its importance in local gastronomy, as well as several aspects related to the current management of the fishery. This general overview allows readers to become familiar with the Pacific sierra as a valuable fishery resource, to understand its economic importance at the national level, and to appreciate its culinary relevance. In addition, it offers a brief reflection on the future of the species and its fisheries, emphasizing the need for sustainable management to ensure its conservation and use for future generations.

Keywords: Small-scale fisheries, Gastronomy, Isla de la Piedra, Playa Norte, Sierra ceviche.

Introducción

El pez Sierra del Pacífico, o simplemente Sierra, como se mencionará más adelante, se identifica por ser un pez marino de cuerpo alargado, con aletas y de color verde bronce a azul verdusco en el dorso, blanco plateado en la parte inferior de los costados y en el vientre, mientras que en la parte lateral presenta motas amarillas, además se caracteriza por tener dos quillas pequeñas separadas por una quilla más grande en la base de la cola y de siete a diez aletillas después de la aleta dorsal y aleta anal (ver la figura 1)

(Robertson, 2024). Esto último es una característica de los escómbridos, es decir, de la familia Scombridae a la que pertenece junto a los atunes, barriletes, bonitos y caballas.

Su nombre científico *Scomberomorus sierra* proviene del latín “scomber” que se traduce del latín como “caballa” y de “moros” que significa “tonta” o “estúpida”. Es una especie que migra formando cardúmenes, es decir grupos o bancos de peces, a lo largo de su distribución, que va desde La Jolla, Cali-

fornia, Estados Unidos de América hasta Chile, incluido el Golfo de California, las Islas Galápagos en Ecuador, Isla del Coco en Costa Rica e Isla de Malpelo en Colombia (Robertson, 2024). Está catalogada como pelágico-nerítica, es decir que vive en la costa entre los 10 y 60 metros de profundidad y se alimentan de otros peces como las anchovetas y sardinias (Lucano-Ramírez et al., 2011).

Esta especie tiene una conducta migratoria relacionada con su alimentación, la reproducción y la temperatura del mar (DOF, 2010). La costa de Sinaloa, frente a Mazatlán, es un corredor migratorio y de reproducción, en el que se pueden encontrar organismos que están desovando en la zona a su vez que migran y otros organismos que van de paso después de haber desovado en otras zonas a lo largo de su distribución (Sánchez-Cárdenas et al., 2022). El desove o expulsión se refiere al evento en el que ocurre la liberación de óvulos al ambiente acuático por parte de las hembras (desove) y de espermatozoides por parte de los machos (expulsión). Esto para que ocurra la fecundación (unión de un óvulo y un espermatozoide) y el desarrollo de las crías. Los ovarios de las Sierras presentan un tipo de desarrollo asincrónico (Lucano-Ramírez et al., 2011; Sánchez-Cárdenas et al., 2022), lo que significa que una hembra produce varios lotes de óvulos durante la temporada reproductiva de un año, por lo cual, es posible que las hembras que desovan en la costa de Mazatlán, también participen en los desoves de otras zonas a lo largo de su corredor migratorio, o que estas desoven más de una vez en una misma zona durante un corto periodo.

La Sierra puede alcanzar tallas de hasta 99 cm de longitud furcal (ver la figura 1) (IGFA, 2001; Robertson, 2024) y la edad máxima puede superar los 11 años de edad (Medina-Gómez, 2006). Actualmente en las pesquerías de Mazatlán, Sinaloa, es común encontrar organismos de los 23.9 a 68.1 cm de longitud furcal con un promedio de 39.5 cm, pero este promedio puede variar de los 32.9 a 46.1 cm de longitud furcal (Sánchez-Cárdenas et al., 2022).

Desarrollo

Aspectos históricos de la pesquería de Sierra en la región

En Mazatlán, la pesca de Sierra se ha llevado a cabo por más de 100 años, de manera artesanal, también conocida como de pequeña escala o pesca ribereña, este tipo de pesquería es la que se lleva a cabo cerca del litoral y en ecosistemas costeros (por ejemplo, lagunas, bahías y estuarios) con embarcaciones menores que no cuentan con maquinaria de cubierta accionada con fuerza electromotriz para el auxilio de las operaciones de pesca (Contreras, 2002).

En Mazatlán existen tres sitios de desembarque principales:

- 1) La Lonja de la Isla de la Piedra (Figura 2).
- 2) El mercado de mariscos del embarcadero que conecta a la Isla de la Piedra.
- 3) Playa Norte (Figura 3).

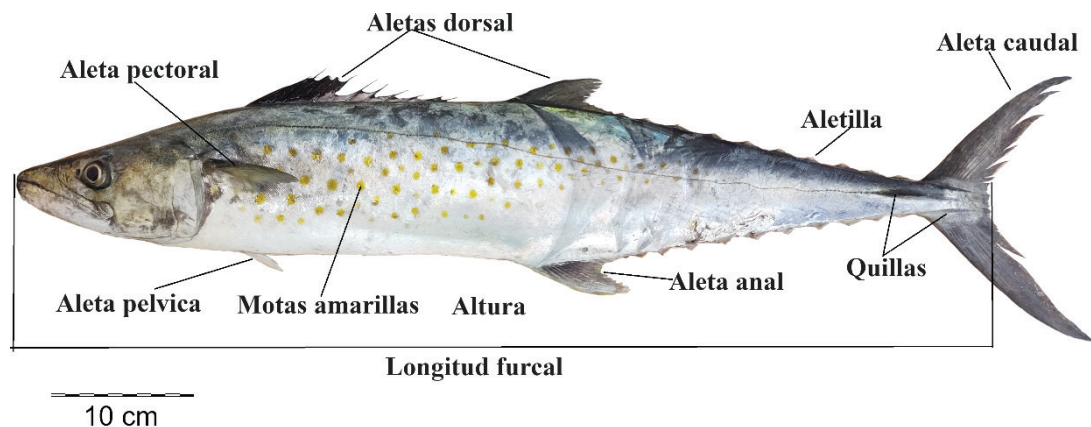


Figura 1. Foto de una Sierra del Pacífico, *Scomberomorus sierra*. Espécimen recolectado en la lonja de la Isla de la Piedra, Mazatlán, Sinaloa. Fuente: Elaboración propia.

Los pescadores locales capturan la Sierra utilizando dos tipos de arte y equipos de pesca. El arte de pesca utilizado por la mayoría de los pescadores artesanales es el chinchorro, el cual es una red de mallas de hilo de nylon, parecida a una red de voleibol, pero tejida en forma de rombos, los cuales tienen un tamaño o "luz de malla" de 3.5 pulgadas y es donde quedan atrapados los peces. Estas redes de enmalle o chinchorro se pueden extender hasta 500 metros de largo sobre la superficie del mar y alcanzar una profundidad (o calado) de 100 a 150 mallas. La operación se lleva a cabo por dos o tres pescadores en

una embarcación menor que no es mayor a 24 pies de eslora, con un motor fuera de borda de 115 caballos de fuerza (DOF, 2010). La red es colocada estratégicamente en las zonas por donde pasan los cardúmenes, manchas o grupos de Sierra, mismos que quedan "enmallados" o atrapados en la red, cuando su altura es mayor que la luz de malla.

La jornada de pesca se realiza generalmente durante la noche, regresando por la mañana del día siguiente. Cuando el clima es favorable, es decir en una noche fría, sin viento y una luna en cuarto menguante o cuarto creciente, los pescadores logran cap-



Figura 2. Lonja de la Isla de la Piedra, Mazatlán Sinaloa; punto de desembarque y venta al consumidor local.



Figura 3. Fotografía del Señor Olegario Cristero Tirado; pescador desde hace 44 años en Playa Norte Mazatlán, Sinaloa, muestra un par de Sierras capturadas con el uso de curricanes que se muestran en la parte inferior de la imagen, al fondo se observan los Cayucos, embarcaciones tradicionales de esa pesquería.

turar hasta una tonelada. Sin embargo, una captura abundante no necesariamente significa una buena ganancia para el pescador, ya que cuando la Sierra es más abundante, el precio de compra se ve afectado. Este precio es el que paga la lonja y los intermediarios al pescador y, puede ser hasta de \$20.00 pesos por kilogramo. Contrario a los precios que alcanza cuando la abundancia parece disminuir y esto se refleja en poca captura de peces, de manera que los precios de compra pueden incrementarse y pagarse al pescador desde \$60.00 pesos el kilogramo. Esta transacción sucede cuando las capturas por lancha y viaje de pesca han sido inferiores a los 100 kilogramos, lo que muchas veces apenas permite pagar los gastos de operación a los pescadores.

Un segundo arte de pesca utilizado para la captura de Sierra es el curricán, el cual es fabricado por el mismo pescador empleando hilos de nylon. Es operado por algunos pescadores que desembarcan en Playa Norte (Figura 3), y que salen a pescar desde las cinco de la madrugada en pequeñas lanchas llamadas “cayucos”, estos son impulsados por un motor estacionario y están provistos de un vivero donde conservan vivos a los peces capturados, con suerte, regresan entre las ocho y nueve de la mañana con el producto anhelado. La captura obtenida por estos pescadores es generalmente menor que 100 kilogramos por cayuco, y se consideran buenos años cuando superan dicha cifra.

La venta de este pescado se hace en presentación en fresco en el mismo punto de desembarque, por ejemplo, en Playa Norte el precio es de \$50.00 a \$70.00 pesos por kilogramo (información recabada en el año 2024, por los mismos pescadores). Con el paso de los años, los pescadores han necesitado navegar a puntos más alejados para pescar las Sierras, moverse continuamente de un punto a otro hasta encontrar el cardumen, que generalmente son ubicados donde las aves se congregan para comer, en algunas ocasiones durante luna llena, a estos peces se les puede ver saltar fuera del agua, llamando la atención por sus brillos de plata. El principal destino de este producto son los restaurantes y otros puestos de venta, donde se utiliza principalmente para la preparación del afamado ceviche de Sierra. A pesar de la diversidad de platillos que se pueden preparar, el preferido por los consumidores es en ceviche.

La Sierra dentro de la gastronomía regional

En Sinaloa, particularmente en Mazatlán, la Sierra se consume de manera tradicional en ceviche, preparado principalmente con jugo de limón, zanahoria rayada, cilantro picado finamente y cebolla morada cortada en pequeños cuadritos; aunque existen algunas variantes que incluyen pepino, tomate y/o chile verde fresco picado, entre otros ingredientes como chiles curtidos, y con la combinación de acuerdo al gusto del consumidor. Los principales lugares de venta son los restaurantes y otros sitios como carretas y pequeños puestos de ventas de snacks o aperitivos (Figura 4). Las carretas son los puntos tradicionales de venta del ceviche de Sierra, con una historia de más de 100 años, es decir más antiguas que los registros históricos de captura oficiales que se encuentran en el anuario estadístico de pesca.

Las carretas venden ceviche, cocteles y otros platillos de mariscos de todo tipo (camarón, pulpo, pescado, jaiba y almejas), sin embargo, el producto más buscado, y no solo por los mazatlecos, es el ceviche de Sierra. La gente viene de otras entidades de la república a buscar una tostada de ceviche de Sierra; la cual tiene un precio aproximado de \$20.00 pesos, pero años atrás era mucho más barata, se podía conseguir entre \$1.50 y \$3.00 pesos, ello debido a que la Sierra entera se conseguía más fácil y a bajo precio en los embarcaderos o los mercados.

El incremento de precio de la Sierra en los últimos años está asociado a su escasez, lo que ha causado que los vendedores sustituyan la Sierra por otros pescados para la preparación del ceviche, como el Sábalo (*Megalops* spp.), Chiro (*Elops affinis*), Chula (*Sarda* spp.), Dorado (*Coryphaena* spp.), Chihuil (*Bagre panamensis* y *Occidentarius platypogon*, principalmente), Curvina (*Cynoscion* spp.), Tilapia (*Oreochromis* spp.), entre otros, y de acuerdo a las opiniones, se considera al Sábalo como el mejor sustituto, ya que tiene un sabor y textura muy similar a la de la Sierra. Además, señalan que el Sábalo es el más fácil de conseguir y tiene la mitad del precio de la Sierra. A pesar de todo esto, los conocedores del ceviche de Sierra dicen notar la diferencia. Sin lugar a dudas, el ceviche de Sierra es un platillo emblemático de Mazatlán, Sinaloa, y forma parte de su identidad, es decir, forma parte de la cultura de los mazatlecos.



Figura 4. Fotografía de una carreta tradicional en Mazatlán, el punto de venta de ceviche de Sierra.

Pesquería de la Sierra en la Región

El primer registro oficial de la producción de Sierra que se tiene en Sinaloa, fue durante 1980, con un volumen de captura de 851 toneladas y un valor de \$19.743 millones de pesos. En esa época, en el Pacífico, dicha entidad federativa ocupaba el segundo lugar, sólo después de Sonora, con una contribución del 8 % al volumen total en el país (SAGARPA, 1981), pero a lo largo de la historia Sinaloa también ha tenido el primer lugar (por ejemplo, en los años 2018 a 2020) (SAGARPA, 2022). Cabe señalar que en Sonora se capturan dos especies diferentes de Sierra, *Scomberomorus sierra* y *Scomberomorus concolor*.

Desde esa época hasta la fecha en las costas de Sinaloa, las capturas han aumentado progresivamente, de sus primeros registros hasta el 2013 las capturas

fueron alrededor de mil toneladas y los registros de tallas son en promedio de 51.64 cm de LF (Medina-Gómez, 2005), posteriormente de 2014 al 2016 las capturas aumentaron alrededor de 2 mil toneladas y de 2017 a 2019 la captura promedio fue de 3 mil toneladas y aunque en el 2020 se mantuvo alrededor de las 4 mil toneladas, en el 2021 y 2022 los promedios se mantuvieron en las 3 mil toneladas (Figura 5), los registros más recientes (año 2024) ubican a Sinaloa en el primer lugar de la producción, con un aporte del 26 % al total del país con una captura de 6,341 toneladas de un valor aproximado de \$582 millones de pesos (CONAPESCA, 2024), en el 2021, las tallas promedio de LF fue 45.5 cm (Sánchez-Cárdenas et al., 2022).

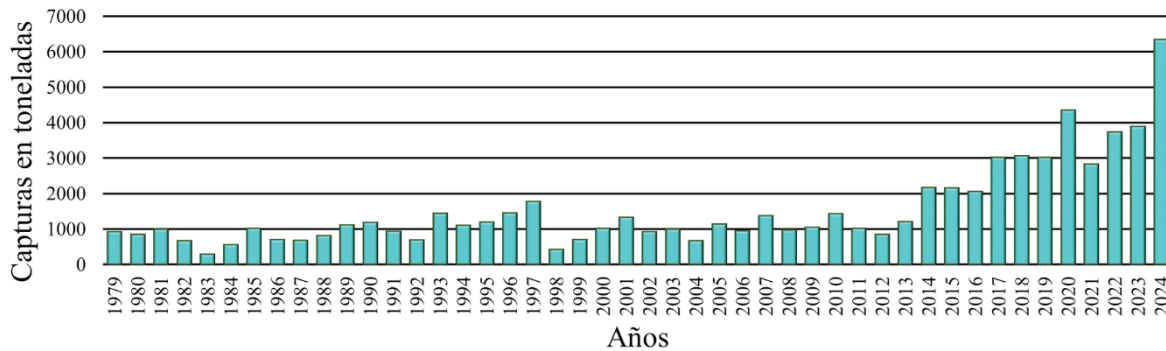


Figura 5. Registro histórico de capturas de la Sierra del Pacífico en Sinaloa, de 1979 a 2024.
Fuente: (SAGARPA, 1981; CONAPESCA, 2024).

Este aumento en la captura, no precisamente señala un aumento en las poblaciones de Sierra, los pescadores refieren que a través de los años se ha percibido una disminución de la abundancia del recurso, en los primeros años las capturas las realizaban a unos cuantos metros de la playa y actualmente viajan varios kilómetros en busca de los cardúmenes, además de la ausencia de individuos de grandes tallas, que, de acuerdo a los pescadores, eran comunes hace cuatro décadas.

Para la regulación de la pesquería en México, La Carta Nacional Pesquera es uno de los instrumentos de carácter informativo que indica las medidas de manejo para la ejecución de acciones y medidas relacionadas con actos administrativos dentro del programa de ordenamiento pesquero. Para la Sierra del Pacífico en la Carta Nacional Pesquera de 2010 (DOF, 2010), se señala que es necesario establecer una talla mínima de captura y una veda reproductiva en la parte del Golfo de California, y se recomienda el uso de una malla de 3.25 y 3.5 pulgadas para proteger a los organismos juveniles de la población. Desde entonces no se habían realizado otra recomendación ni establecido una talla mínima de captura o una veda reproductiva, sino hasta la publicación de la Carta Nacional Pesquera 2023 (DOF, 2023), donde se recomienda una talla mínima de 50 cm de longitud total y se recomienda elaborar y publicar la Norma Oficial Mexicana, realizar estudios para regular el arte de pesca y la protección del periodo reproductivo (veda), así como programas de ordenamiento y de monitoreo.

A pesar de la falta de veda y medidas de manejo, la disponibilidad estacional de la Sierra debido a su conducta migratoria, hace que la pesca se realice durante dos principales periodos de captura al año que van de noviembre-diciembre y en mayo (Beltrán-Lizárraga, 2019), a esto los pescadores lo llaman como que “la Sierra, se veda sola”, y justamente, la época en la que la pesca es más escasa concuerda con la época reproductiva en las costas de Mazatlán (Sánchez-Cárdenas et al., 2022).

La disminución de organismos de tallas grandes ha sido asociado a la carencia de las medidas de manejo y la pesca desmedida, lo que preocupa principalmente a los pescadores, ya que es una de sus principales fuentes de ingreso. Adicionalmente, existe preocupación por parte de asociaciones civiles, académicos,

investigadores y gobierno que usualmente realizan algunos esfuerzos aislados para el mejoramiento de la pesquería. Asimismo, existe gran preocupación por parte de los consumidores y comerciantes, pues se compromete la asequibilidad del genuino ceviche de Sierra. Ante esto, la Carta Nacional Pesquera del año 2010 y más recientemente en el año 2023, reconoce la necesidad de un Plan de Manejo Pesquero específico para la Sierra, para regular el uso correcto de este recurso. Todos los actores coinciden en la necesidad del mejoramiento del aprovechamiento de la pesquería de Sierra, y en que una regulación pesquera adecuada podría ayudar al aprovechamiento responsable y sostenible del recurso.

Prospectivas

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (ONUAA o FAO por sus siglas del inglés Food and Agriculture Organization, 2021), la pesca artesanal o ribereña representa aproximadamente la mitad de las capturas en todo el mundo y da empleo a más del 90 % de las personas que trabajan en el sector marítimo pesquero; alrededor de la mitad de estas personas son mujeres que se encargan principalmente de la elaboración y comercialización de productos derivados de la pesca.

En el caso de México, que de acuerdo a cifras del Estado Mundial de la Pesca y Acuicultura ocupa el lugar número 14 a nivel global en términos de producción pesquera en aguas marinas y continentales (FAO, 2021); el aprovechamiento pesquero se concentra en 36 pesquerías, donde el 72.2 % se encuentran clasificadas en un estado de Aprovechamiento Máximo Sustentable; 13.9 % en estatus de Deterioradas; 8.3 % evaluadas como Deterioradas con capturas mayores al rendimiento sostenible y 5.6 % catalogadas con Potencial de Desarrollo, y sólo el caso del Atún Aleta Azul se encuentra en estatus de sobreexplotado (DOF, 2018).

En México, tan solo al año, el promedio de embarque de productos pesqueros es de 1.6 millones de toneladas, de los que aproximadamente el 80 % se obtiene en el Pacífico mexicano. Dentro de esta actividad, las pesquerías ribereñas son esenciales puesto que generan el 65 % de la producción destinada al consumo humano directo. En particular para la Sierra se obtienen capturas importantes; tan solo en el año

2020 ocupó el primer lugar a nivel nacional con 4,342 toneladas (con un valor aproximado de \$401 millones de pesos) y en el último registro 2022 ocupó el segundo lugar con 3,722 toneladas (con un valor aproximado de \$606 millones de pesos), lo que refleja el aumento del precio por tonelada y la disminución de la captura. Sin embargo, su captura representa una oportunidad segura de ingreso para el pescador durante su disponibilidad estacional, tanto por su abundancia como por su importancia en el mercado debido al arraigado consumo tradicional de Sierra, lo que hace que su venta sea segura.

Sin embargo, al ser el recurso cada vez más escaso, se ocasiona la captura de peces alternativos para complacer al mercado local, tendencia que es posible redireccionar si se aplican medidas adecuadas, según opinan los diversos usuarios del recurso. La Sierra, al igual que todo recurso biológico, debería contar con una estrategia de aprovechamiento sustentable, que procure por una parte el cuidado de la salud de sus poblaciones naturales, así como la conservación de la riqueza sociocultural de los pueblos y el beneficio económico. La expectativa es que México fortalezca las acciones para lograr pesquerías sustentables.

Conclusiones

La Sierra forma parte fundamental de la cultura culinaria en Sinaloa, desde hace muchos años, lo que le da una importancia en las tradiciones sinaloenses y le ha dado un valor cultural, además de su importancia económica. Sin embargo, es un recurso que ha decaído en los últimos años, su demanda ha aumentado por lo que las capturas han aumentado y las tallas de los organismos han disminuido, lo que es motivo de gran preocupación entre los usuarios de su pesquería. Quienes en su mayoría coinciden en que una regulación pesquera adecuada podría contribuir al aprovechamiento responsable y sostenible del recurso Sierra, garantizando tanto la salud de sus poblaciones naturales como la conservación de la riqueza sociocultural de las comunidades locales y el beneficio económico.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los proyectos PROFAPI PRO_A7_058 y PRO_A7_073 y al programa Estancia Posdoctoral por México SECIHTI, Modalidad Académica (2020-2024). Y muy especialmente a los pescadores de la Unión de Pescadores del Ejido Isla de La Piedra A.C. y a los Pescadores de Playa Norte.

Referencias

- Beltrán-Lizárraga, J.I. 2019. Composición de especies y su dinámica estacional e las capturas de peces del campo pesquero Playa Norte Mazatlán, Sinaloa, México, en Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias del Mar. UAS, México, 95 p.
- CONAPESCA. 2024. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca, en Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. Mex. 300 p. https://nube.conapesca.gob.mx/sites/cona/dgppe/2024/ANUARIO_ESTADISTICO_DE_ACUACULTURA_Y_PESCA_2024.pdf
- Contreras, E. F. 2002. Importancia de la pesca ribereña en México. ContactoS. 46:5-14. <https://studylib.es/doc/4758028/importancia-de-la-pesca-ribera-en-mexico>
- DOF, 2010. ACUERDO mediante el cual se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera (Continúa en la Tercera Sección), en Diario Oficial de la Federación. México 02 de diciembre de 2010. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/892412/CNP_2010.pdf
- DOF, 2018. ACUERDO por el que se da a conocer el Plan de Manejo Pesquero de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) capturado por la flota cerquera del Océano Pacífico Mexicano., en Diario Oficial de la Federación. México 22 de agosto de 2023. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5699373&fecha=22/08/2023#gsc.tab=0
- DOF, 2023. ACUERDO mediante el cual se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera (Continúa en la Tercera Sección), en Diario Oficial de la Federación. México 21 de julio de 2023. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/892410/CNP_2023.pdf
- Froese, R. y D. Pauly. Editors. 2022. FishBase, en World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, (02/2022).
- IGFA, 2001. Database of IGFA angling records until 2001, en IGFA, Fort Lauderdale, USA.
- Lucano-Ramírez G., S. Ruiz-Ramírez, F.I. Palomera-Sánchez y G. González-Sansón. 2011. Reproductive biology of the Pacific Sierra *Scomberomorus sierra* (Pisces, Scombridae) in the central Mexican Pacific, Ciencias Marinas, 37(3). 249-260. <https://doi.org/10.7773/cm.v37i3.1892>
- Medina-Gómez, S.P. 2006. Edad y crecimiento de la sierra del Pacífico *Scomberomorus sierra* (Jordan y Starks, 1895), en el Golfo de California, México, en Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional. México. 51 p.
- Robertson, D. R., G.R. Allen, E. Peña, C. y A. Estape. 2024. Peces Costeros del Pacífico Oriental Tropical: sistema de Información en línea. Versión 3.0 Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Balboa, República de Panamá. <https://biogeodb.stri.si.edu/sfstep/es/pages>
- SAGARPA. 1981. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca, en Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. Mex. 800 p. <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>
- Sánchez-Cárdenas, R., L.A. Salcido-Guevara, M.N. Vélez-Arellano, M.A. Maldonado-Amparo y M.S. Zúñiga-Flores. 2022. Ecología reproductiva de *Scomberomorus sierra* (Perciformes: Scombridae) en la costa de Mazatlán, Sinaloa, México, en Informe de proyecto con clave PRO_A7_058. Programa de Fomento y Apoyo a Proyectos de Investigación, PROFAPI 2022, Universidad Autónoma de Sinaloa. 41 p.



Repositorio Institucional de la Universidad Tecnológica de la Mixteca (RI-UTM)

<http://repositorio.utm.mx/>



El **RI-UTM** es una plataforma que emplea estándares internacionales y mecanismos de acceso abierto para albergar y difundir publicaciones e información académica, científica y tecnológica generada en nuestra institución siempre y cuando haya pasado por un proceso de revisión. La visibilidad de esta producción se logra a través de la conexión con el Repositorio Nacional (RN) de CONACYT.

¿Qué se puede publicar en el RI-UTM?

Publicaciones científicas que hayan pasado por un proceso de revisión por pares y que a su vez hayan sido aceptados para su publicación.

¿Se puede difundir en el repositorio información publicada en revistas y congresos?

Sí, la mayoría de los acuerdos de derechos de autor permiten que el investigador difunda sus publicaciones (ya sea la versión publicada o el preprint/borrador) en el repositorio institucional que le corresponde.

¿Porque publicar en el RI-UTM?

- Esta incorporado al Repositorio Nacional. Actualmente se tienen 296 recursos cosechados, principalmente tesis de posgrado.
- Difundir y preservar la producción científica de manera libre, inmediata, gratuita y protegida.
- Acelerar el desarrollo del conocimiento.

¿Cómo depositar?

<http://repositorio.utm.mx/Files/informacionDepositarios.pdf>



Licencia de publicación



Colecciones del repositorio



Artículos



Revista TEMAS



Libros

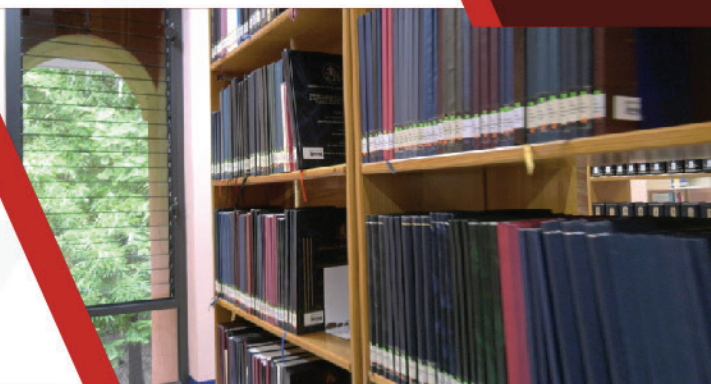


Tesis de posgrado

Contacto

repositorio@mixteco.utm.mx

Extensión: 312



El costo oculto: la importancia de la valorización y reúso de las colillas de cigarro

The hidden cost: the importance of valorization and reuse of cigarette butts

Blanca Paloma Escalera Velasco¹, Hilda Elizabeth Reynel Ávila^{1,2*}

¹Instituto Tecnológico de Aguascalientes

²Investigadora por México

Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI)

*Autor de correspondencia:

hereynelav@secihtl.mx

Recibido: 12-01-2024 Aceptado: 08-01-2026 (Artículo Arbitrado)

Resumen

Las colillas de cigarro representan un grave problema ambiental y económico en todo el mundo. A pesar de su pequeño tamaño, estos diminutos fragmentos de desecho tienen un impacto significativo en los ecosistemas y en la economía global. En este artículo se examina el impacto ambiental de las colillas de cigarro, incluyendo su contribución a la contaminación del agua, la liberación de sustancias tóxicas y su efecto en la vida silvestre. Además, se abordan los costos económicos asociados con la gestión y limpieza de estos residuos, así como los gastos en salud pública derivados de los problemas relacionados con el tabaquismo. Se destaca la necesidad de tomar medidas para abordar este problema, incluyendo la implementación de políticas de gestión del residuo y la concienciación pública sobre los impactos negativos de las colillas de cigarro.

Palabras clave: Acetato de celulosa, contaminación ambiental, filtros de cigarro.

Abstract

Cigarette butts represent a serious environmental and economic problem worldwide. Despite their small size, these tiny fragments of waste have a significant impact on ecosystems and the global economy. This article examines the environmental impact of cigarette butts, including their contribution to water pollution, the release of toxic substances, and their effect on wildlife. In addition, the economic costs associated with the management and cleanup of this waste are addressed, as well as public health expenditures derived from problems related to smoking. The need to take action to address this problem is highlighted, including the implementation of waste management policies and public awareness of the negative impacts of cigarette butts.

Keywords: Cellulose acetate, environmental pollution, cigarette filters.

Introducción

Los filtros de cigarro se caracterizan por ser piezas cilíndricas ubicadas en el extremo del cigarro. Su función principal es filtrar y retener parte de los subproductos generados durante la combustión del tabaco, con el objetivo de reducir la cantidad de sustancias tóxicas que llegan al fumador (Ghasemi et al., 2022).

Los filtros suelen estar fabricados de acetato de celulosa, un material con poros en su estructura, que actúan como una barrera física permitiendo el paso

del humo y la retención de partículas y algunas sustancias dañinas. Finalizada su vida útil, las colillas de cigarro llegan al ambiente principalmente debido a la acción irresponsable de los consumidores al desecharlas en la vía pública, y son transportadas por el viento y la lluvia hacia entornos naturales, logrando permanecer por años en el suelo o en cuerpos de agua (Nitschke et al., 2023).

Es así como las colillas de cigarro, aparentemente pequeñas e inofensivas son una de las formas más

comunes de basura y se han convertido en una creciente preocupación tanto desde el punto de vista económico como ambiental, debido a que se consumen alrededor de 5.6 billones de cigarrillos al año (Wu et al., 2022), y de cada 100 colillas usadas aproximadamente 75 de ellas son arrojadas a la calle, formando parte hasta en 38% de la basura (Soleimani et al., 2023).

A menudo, el daño económico no se considera de la misma manera que el impacto que tiene en el ambiente y en la salud, sin embargo, su efecto negativo es de suma importancia, ya que abarca varios aspectos desde los costos involucrados en la limpieza de calles, parques, playas y otras áreas públicas contaminadas con colillas y la gestión de los residuos (Conradi y Sánchez-Moyano, 2022).

Por su parte, el efecto que tienen estos residuos en el ambiente es más significativo y extenso, pues además de los contaminantes descargados en la naturaleza, durante su permanencia en el suelo o agua las colillas de cigarro arrojadas descuidadamente pueden causar incendios forestales devastadores, especialmente en épocas de sequía destruyendo así la flora y fauna (Kataržytė et al., 2020).

Debido a lo expuesto anteriormente, es de suma importancia promover el buen manejo de estos residuos para preservar la salud de los ecosistemas, incluso este residuo tiene potencial para ser aplicado en diferentes áreas, desde la elaboración de productos de uso diario hasta la preparación de materiales aplicados en la industria.

Residuos de filtros de cigarro: una mirada detallada a sus componentes

Aunque las colillas de cigarro son pequeñas, albergan una cantidad inmensa de sustancias y compuestos dañinos, así como material no biodegradable. Comenzando por la parte visible del filtro de cigarro, éste se compone principalmente de tres partes (ver Figura 1):

- **Filtro:** el filtro, también conocido como boquilla, es la parte blanca o beige envuelta en papel que se encuentra en el extremo del cigarro, de aproximadamente 2.5 cm de longitud y 0.8 cm de diámetro (Fu et al., 2020), elaborado de un material sintético llamado acetato de celulosa que se obtiene través

de la reacción de la celulosa con ácido acético y anhídrido acético (Cai et al., 2017). El acetato de celulosa se caracteriza por tener poros y fibras que permite la retención de una parte de las partículas sólidas y algunos compuestos químicos presentes en el humo del cigarro, actuando como una barrera física, reduciendo la cantidad de sustancias tóxicas que llegan al fumador.

- **Tabaco parcialmente consumido:** en el interior del filtro se encuentra una pequeña cantidad de tabaco debido a que no se consume completamente durante el acto de fumar. Este tabaco restante puede contener residuos de las sustancias químicas que se liberan durante la combustión del cigarro.
- **Cenizas:** en la mayoría de los casos, el filtro de cigarro se queda con una parte de las cenizas derivadas del tabaco que se quemó.

Por su parte, la composición no visible de los residuos de filtros de cigarro puede variar según la marca, tipo de cigarro, así como las condiciones en las que se fumaron y se desecharon. Sin embargo, en general,

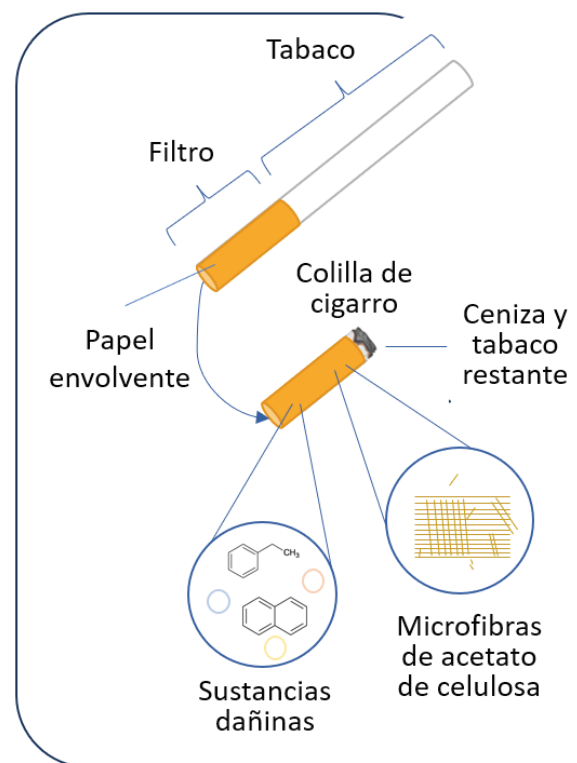


Figura 1. Composición de un cigarro de tabaco. Fuente: Conradi y Sánchez-Moyano (2022).

los residuos de filtros de cigarro contienen derivados de la cosecha, manejo y combustión del tabaco, así como de la producción del filtro, y también compuestos tóxicos y dañinos (ver Figura 2).

El desafío ambiental y económico de un pequeño, pero significativo residuo

El desafío ambiental y económico al que se enfrenta la población debido a la contaminación de colillas de cigarro es significativo e involucra varios aspectos. Pues, aunque pareciera que sólo perjudica al fumador, lo cierto es que la sociedad en general también se ve implicada, pues la mala gestión de este desecho termina dañando la salud de los seres vivos por la gran cantidad de sustancias nocivas mencionadas. Además, el gobierno destina fuertes sumas de dinero para la recolección de los residuos de filtros de cigarro que se encuentran en la vía pública, dinero que surge de los bolsillos de todos los ciudadanos.

Los filtros de cigarro y su impacto ambiental: amenazas ocultas en cada colilla

Las colillas de cigarro son diminutas y podrían pasar desapercibidas, por lo que es fácil tirarlas en calles y espacios públicos, pero, contrario a ello,

albergan en su interior una cantidad inmensa de sustancias nocivas que contaminan y dañan los espacios en donde terminan. Por lo que su impacto ambiental es más grande de lo que se piensa y algunos de los principales desafíos son: contaminación de suelos y cuerpos de agua, daño a la vida silvestre, contaminación del aire, agravio a la salud pública e impacto en ecosistemas costeros (Vasques et al., 2022).

Una vez desechadas las colillas, el suelo es quien recibe el primer daño, debido a que al encontrarse en la superficie por mucho tiempo los compuestos tóxicos se filtran perjudicando a las plantas y a las cosechas pues al haber altas concentraciones, principalmente de metales pesados, la función de las raíces y la absorción de nutrientes esenciales se ven afectadas, impidiendo el crecimiento y desarrollo de la vegetación, haciendo que las áreas no sean aptas para la agricultura.

No obstante, el daño por una mala absorción de nutrientes va más allá de la deficiente productividad en el cultivo, pues al existir competencia de los metales pesados por los nutrientes esenciales, el organismo no recibe las cantidades adecuadas de éstos afectando su salud.

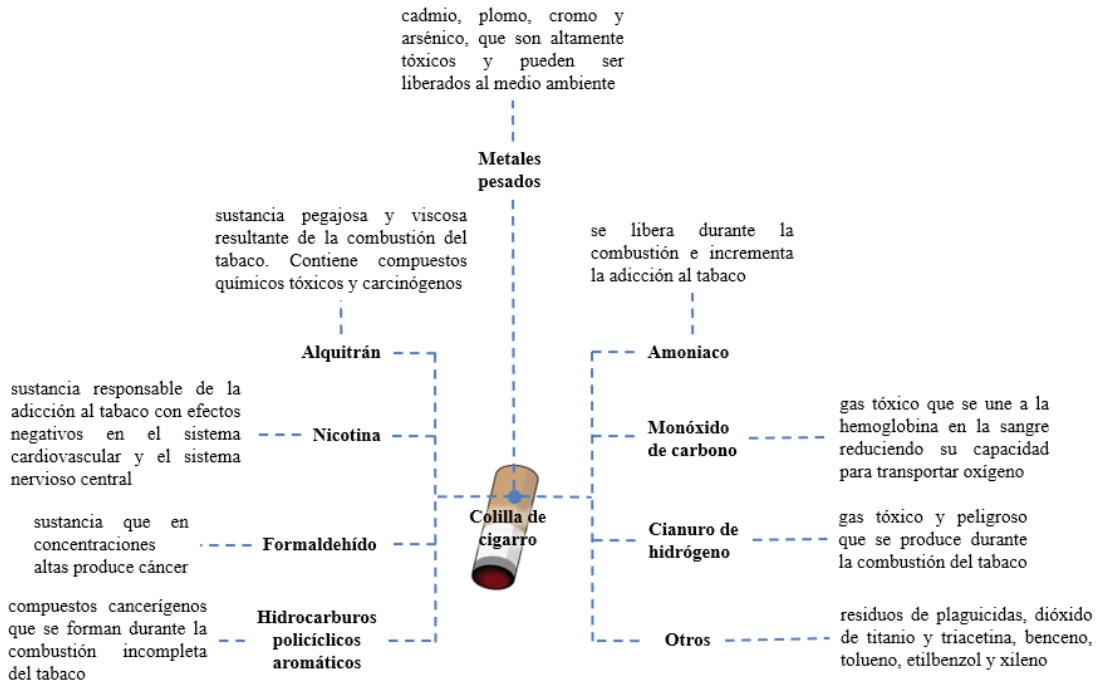


Figura 2. Sustancias tóxicas más comunes presentes en las colillas de cigarro.
Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, la contaminación del agua surge cuando las colillas llegan directamente a los cuerpos de agua luego de ser arrastradas por la lluvia hacia ríos, lagos, arroyos y océanos, o por la filtración de los compuestos tóxicos en el suelo llegando a los mantos acuíferos. Esta contaminación afecta la vida acuática, incluyendo peces, insectos y otros organismos que viven en el agua. También, afectan la calidad del agua de consumo humano, contaminando el suministro de agua y dañando la salud de la población, ya que, de no tratarse adecuadamente este líquido vital, los compuestos llegan al cuerpo y tras una exposición crónica, aparecen enfermedades, principalmente por daño al sistema nervioso central, pulmones y riñones (Dobaradaran et al., 2021).

El impacto económico de los filtros de cigarro: contabilizando los costos desconocidos de una pequeña colilla

El impacto que tienen los residuos de filtros de cigarro en la economía también es importante, pues implican grandes cantidades de dinero destinadas a la limpieza y gestión de residuos, ya que la recolección de las colillas requiere recursos y mano de obra, por lo que los gobiernos y las comunidades deben invertir en programas que lleven a cabo estas actividades en áreas urbanas, parques, playas y espacios públicos.

Sin embargo, cuando estos desechos no son removidos del ambiente, existe contaminación de suelo y agua, como se mencionó, por lo que, al haber agua contaminada, se tiene que invertir en sistemas de purificación para que los compuestos tóxicos no lleguen al ser humano.

Por su parte, la contaminación del suelo implica pérdidas en la agricultura y con ello, aumento en los costos de los productos alimenticios.

También, incrementan los gastos de salud pública, ya que el consumo de tabaco y la contaminación por colillas de cigarro están relacionados con problemas de salud, como enfermedades respiratorias, cardiovasculares y algunos tipos de cáncer, cuyos tratamientos son costosos. Se estima que el gasto en atención médica es de aproximadamente 500 millones de dólares al año (Goodchild et al., 2018).

Además, las colillas de cigarro mal apagadas son una de las principales causas de incendios forestales y urbanos. La lucha contra estos incendios requiere

recursos financieros considerables y puede afectar, una vez más, las áreas de cultivo y propiedad privada.

Residuos de filtros de cigarro: una fuente inesperada de materiales aprovechables y oportunidades económicas

Una forma fácil de eliminar los residuos de filtros de cigarro es vertiéndolos al relleno sanitario o a través de la incineración, sin embargo, no son los medios adecuados para hacerlo ya que, de alguna forma, también se está contaminando el ambiente y se requieren recursos para dichas actividades.

Aunque las colillas de cigarro son consideradas desechos, en realidad contienen un material que pueden ser reciclado y reutilizado para diferentes propósitos. Por tanto, una estrategia innovadora y sostenible de reducir el impacto ambiental y económico de estos residuos es a través del aprovechamiento del acetato de celulosa para la fabricación de nuevos productos como se muestra en la Figura 3.

Entre las áreas de aplicación de este material se encuentran la producción de textiles y de papel (para la elaboración de libretas), la fabricación de materiales de construcción como ladrillos, bloques, paredes que detengan el sonido o asfalto modificado, así como tableros, materiales compuestos utilizados en la fabricación de muebles y otros productos de madera, lo que ayuda a reducir la cantidad de desechos y a darle un nuevo uso.

También se ha utilizado como fertilizante y composta, pues las cenizas de las colillas de cigarro, después de un tratamiento adecuado para eliminar sustancias tóxicas, pueden usarse como un componente en fertilizantes o en la fabricación de composta, aportando nutrientes al suelo (Zhang et al., 2020).

Desde hace algunos años, han surgido investigaciones enfocadas en la obtención de materiales carbonizados a partir de los residuos de filtros de cigarro para la eliminación de contaminantes del agua, como metales, medicamentos y colorantes de interés industrial.

Por otra parte, algunos proyectos están explorando la posibilidad de utilizar colillas de cigarro como fuente de energía a través de procesos denominados pirólisis o gasificación, convirtiendo este residuo en energía térmica o combustible.

Es importante destacar que la elaboración de productos a partir de las colillas representa una oportu-

nidad para reducir la cantidad de residuos y darles un nuevo fin a estos materiales, sin embargo, esto implica el uso de tecnologías y procesos de reciclaje adecuados, por lo que es fundamental promover la concienciación sobre la necesidad de desechar las colillas de manera adecuada y responsable para evitar la contaminación ambiental.

Conclusiones

Las colillas de cigarro son una fuente importante de residuos sólidos en áreas urbanas y rurales, y su acumulación puede obstruir sistemas de drenaje y causar problemas de salubridad. La limpieza y gestión de estos residuos conllevan costos económicos y logísticos significativos para las comunidades y los gobiernos.

Mejorar la gestión de los residuos de filtros de cigarro implica tomar medidas a nivel individual, social y gubernamental. Es esencial promover la concienciación pública sobre los riesgos y efectos negativos de las colillas de cigarro, fomentando prácticas más responsables en los fumadores y creando campañas de educación ambiental.

Además, se deben implementar políticas y regulaciones que promuevan la recolección adecuada y el reciclaje de las colillas de cigarro. La investigación y desarrollo de tecnologías para reciclar estos residuos y recuperar materiales valiosos también pueden ser parte de la solución.

En conclusión, mejorar la gestión de residuos de filtros de cigarro es fundamental para proteger el medio ambiente, preservar la salud pública y avanzar hacia un futuro más sostenible. La colaboración entre individuos, empresas y gobiernos es clave para abordar este problema y minimizar el impacto negativo de las colillas de cigarro en nuestro entorno.

Referencias

- Cai, J., Zhou, R., Li, T., He, J., Wang, G., Wang, H., Xiong H. (2017). Bamboo cellulose-derived cellulose acetate for electrospun nanofibers: synthesis, characterization and kinetics. *Cellulose*. Vol. 25. 391-398. <https://doi.org/10.1007/s10570-017-1604-3>
- Conradi, M., Sánchez-Moyano, J. E. (2022). Toward a sustainable circular economy for cigarette butts, the most common waste worldwide on the coast. *Science of the total environment*. Vol. 847. 157634. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157634>



Figura 3. Aplicaciones de los residuos de filtros de cigarro para un segundo uso.
Fuente: Elaboración propia.

- Dobaradaran, S., Schmidt, T. C., Kaziur-Cegla, W., Jochmann, M. A. (2021). BTEX compounds leachates from cigarette butts into water environment: A primary study. *Environmental pollution*. Vol. 269. 116185. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116185>
- Fu, Z., Zhou, S., Xia, L., Mao, Y., Zhu, L., Cheng, Y., Wang, A., Zhang, C., Xu, W. (2020). *Juncus effusus* fiber-based cellulose cigarette filter with 3D hierarchically porous structure for removal of PAHs from mainstream smoke. *Carbohydrate polymers*. Vol. 241. 116308. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116308>
- Ghasemi, A., Mofrad M. M. G., Parseh, I., Hassani, G., Mohammadi, H., Hayati, R., Alinejad, N. (2022). Cigarette butts as a super challenge in solid waste management: a review of current knowledge. *Environmental Science and Pollution Research*. Vol. 29. 51269-51280. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20893-9>
- Goodchild, M., Nargis, N., d'Espaignet, E. (2018). Global economic cost of smoking-attributable diseases. *Tobacco control*. Vol. 275. 8-64. <https://doi.org/10.1136/tobaccocontrol-2016-053305>
- Kataržytė, M., Balčiūnas, A., Haseler, M., Sabaliauskaitė, V., Lauciūtė, L., Stepanova, K., Nazzari, C., Schernewski, G. (2020). Cigarette butts on Baltic Sea beaches: Monitoring, pollution and mitigation measures. *Marine pollution bulletin*. Vol. 156. 111248. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111248>
- Nitschke, T., Bour, A., Bergquist, M., Blanchard, M., Molinari, F., Al-mroth, B. C. (2023). Smokers' behaviour and the toxicity of cigarette filters to aquatic life: a multidisciplinary study. *Microplastics and nanoplastics*. Vol. 3. 1-18. <https://doi.org/10.1186/s43591-022-00050-2>
- Soleimani, F., Dobaradaran, S., Vazirizadeh, A., Mohebbi, G., Ramavandi, B., De la Torre, G. E., Nabipour, I., Schmidt, T. C., Novotny T. E., Maryamabadi, A., Kordrostami, Z. (2023). Chemical contents and toxicity of cigarette butts leachates in aquatic environment: A case study from the Persian Gulf region. *Chemosphere*. Vol. 311. 137049. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.137049>
- Vasques, V., Candido, T., Dos Santos, M. A., Alves, A., Rocha, V., De la Torre, G. E., Dobaradaran, S., Senga, D., Salem, A., Braga, I. (2022). Cigarette butts in two urban areas from Brazil: Links among environmental impacts, demography and market. *Environmental research*. Vol. 213. 113730. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113730>
- Wu, Y. F., Hsiao, Y. C., Ou, Y. J., Kubendhiran, S., Huang, C. Y., Yougbaré, S., Lin, L. Y. (2022). Synthesis of cigarette filter-derived activated carbon using various activating agents for flexible capacitive supercapacitors. *Journal of Energy Storage*. Vol. 54. 105379. <https://doi.org/10.1016/j.est.2022.105379>
- Zhang, Q., Chen, Y., Fang, C., Chen, J., Chen, H., Li, H., Yao, Y. (2020). Facile synthesis of porous carbon/Fe₃O₄ composites derived from waste cellulose acetate by one-step carbothermal method as a recyclable adsorbent for dyes. *Journal of Materials Research and Technology*. Vol. 9. 3384-3393. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.01.074>

Fronteras de la ciencia

Ciencia

Ciencia	63
Salud	64
Historia	65
Neurociencia	65
Antropología	66

Investigadores proponen que el espacio tiene viscosidad

Desde hace años, los astrónomos saben que el universo se está expandiendo. Sin embargo, las observaciones más recientes sugieren que esta expansión no sigue exactamente el ritmo que predicen los modelos tradicionales. ¿La razón? Según un nuevo trabajo, podría ser porque el espacio no es del todo “suave”. En lugar de ser un vacío ideal, se comportaría como un medio con cierta resistencia al cambio, algo así como un fluido con fricción interna.

Un nuevo estudio liderado por Muhammad Ghulam Khuwajah Khan, investigador del Indian Institute of Tech-

El falso mito del agujero de gusano de Einstein revela un secreto sobre el tiempo cuántico

Desde hace casi un siglo, el concepto del agujero de gusano ha alimentado teorías físicas, libros de ciencia ficción y películas espaciales. Se ha descrito como un túnel capaz de conectar puntos lejanos del universo o incluso momentos distintos en el tiempo. Sin embargo, esta imagen popular no refleja con precisión la idea original que inspiró estos debates. En 1935, Albert Einstein y Nathan Rosen propusieron una solución matemática a las ecuaciones de la relatividad general que hoy conocemos como “puente

nology, propone una idea peculiar: el espacio tiene una propiedad llamada viscosidad volumétrica. Esta propuesta, lejos de ser una simple curiosidad teórica, encaja de forma precisa con los datos más recientes obtenidos por el instrumento DESI (Dark Energy Spectroscopic Instrument), que mide cómo las galaxias se alejan unas de otras. Si esta hipótesis se confirma, estaríamos ante una revisión profunda de cómo entendemos la energía oscura y el propio tejido del cosmos.

La viscosidad es una medida de resistencia al cambio. El agua, por ejemplo, fluye con facilidad; la miel, no tanto. Aplicada al cosmos, la idea es que el vacío mismo podría resistirse sutilmente a su propia expansión.

Einstein-Rosen”. Pero lejos de ser un atajo galáctico, su objetivo era otro: explorar cómo una partícula podría definirse en un universo con dos hojas de espacio-tiempo conectadas.

Un nuevo estudio publicado en la revista *Classical and Quantum Gravity* recupera esta visión original y la lleva mucho más lejos. Según sus autores, liderados por Enrique Gaztañaga, estos “puentes” no son estructuras espaciales, sino una expresión profunda del tiempo cuántico. La propuesta no solo ofrece una interpretación distinta sobre la naturaleza del tiempo y el espacio, sino que plantea una forma de reconciliar la física cuántica con la re-

En lugar de expandirse libremente como un gas sin obstáculos, el espacio presentaría una especie de “arrastre” interno, un leve freno causado por su propia estructura.

De confirmarse, no estaríamos ante una simple corrección al modelo Λ CDM, sino ante una reescritura de sus fundamentos. La naturaleza del espacio dejaría de ser la de un escenario pasivo para convertirse en un medio dinámico con propiedades físicas propias.

Fuente: <https://muyinteresante.okdiario.com/ciencia/espacio-viscoso-modelo-energia-oscura.html>

latividad general, uno de los mayores desafíos de la ciencia contemporánea.

El modelo lleva a una consecuencia aún más radical: el Big Bang podría no haber sido un comienzo absoluto, sino un punto de rebote entre dos fases opuestas del universo. Según los autores, lo que hoy vemos como expansión podría haber sido precedido por una contracción en el sector temporal inverso.

Fuente: <https://muyinteresante.okdiario.com/ciencia/puente-einstein-rosen-tiempo-cuantico.html>

Científicos encuentran sorprendente vínculo entre la lactancia y la inmunidad contra el cáncer de mama

En el siglo XVIII, los médicos notaron un patrón inquietante: las monjas desarrollaban cáncer de mama con mayor frecuencia que el resto de las mujeres. Aquel detalle, que pasó de observación clínica a misterio médico, ha alimentado durante siglos la hipótesis de que el embarazo y la lactancia pueden ofrecer cierta protección natural contra este tipo de cáncer. Hoy, casi tres siglos después, un equipo internacional de científicos cree haber descubierto por qué.

Un estudio recién publicado en la prestigiosa revista *Nature* ofrece una posible respuesta que conecta embarazo, lactancia y una forma de inmunidad de largo plazo. El hallazgo, liderado por la oncóloga Sherene Loi del

Peter MacCallum Cancer Centre en Melbourne, no solo ayuda a entender mejor cómo se protege el cuerpo femenino tras la maternidad, sino que podría abrir nuevas vías para prevenir o tratar el cáncer de mama, especialmente el triple negativo, uno de los más agresivos y difíciles de abordar.

El equipo de investigadores analizó muestras de tejido mamario sano de más de 260 mujeres con distinto historial reproductivo. ¿La clave? Aquellas que habían tenido hijos y amamantado presentaban una cantidad significativamente mayor de células inmunes especializadas: los linfocitos T CD8⁺, un tipo de célula capaz de detectar y eliminar células anómalas antes de que se conviertan en tumores.

Estas células no solo eran más numerosas, sino que mostraban un perfil específico: se comportaban como células de memoria residentes en el teji-

do mamario, capaces de permanecer allí por décadas. Algunas se habían detectado incluso hasta 50 años después del último parto.

do mamario, capaces de permanecer allí por décadas. Algunas se habían detectado incluso hasta 50 años después del último parto.

Los científicos analizaron datos clínicos de más de 1.000 mujeres diagnosticadas con cáncer de mama triple negativo, todas con historial reproductivo documentado. Descubrieron que aquellas que habían amamantado no solo presentaban una mayor densidad de linfocitos T CD8⁺ en sus tumores, sino que también tendían a sobrevivir más tiempo tras el diagnóstico.

Estos resultados abren una nueva línea de investigación: ¿es posible replicar este efecto inmunitario en mujeres que no han tenido hijos o que no pudieron amamantar?

Fuente: <https://muyinteresante.okdiario.com/salud/hallazgo-lactancia-proteccion-cancer-mama-celulas-inmunes.html>

La vacuna del VPH reduce hasta un 80 % el riesgo de cáncer de cuello uterino

Durante años, la vacuna contra el virus del papiloma humano (VPH) ha sido una de las principales herramientas de la medicina preventiva moderna. Pero ahora, por primera vez, una serie de estudios publicados por la prestigiosa colaboración científica Cochrane ofrece una prueba rotunda: vacunarse contra el VPH, especialmente antes de los 16 años, puede reducir hasta en un 80% el riesgo de desarrollar cáncer de cuello de útero. Y no solo eso: también disminuye significativamente las lesiones precancerosas y las verrugas anogenitales, sin aumentar el riesgo de efectos adversos graves.

Estas conclusiones proceden de dos revisiones sistemáticas publicadas en la *Cochrane Database of Systematic*

Reviews. Una de ellas se centró en ensayos clínicos aleatorizados, incluyendo 60 estudios con un total de 157.414 participantes. La otra examinó 225 estudios observacionales, que abarcan a más de 132 millones de personas en múltiples países y contextos sanitarios. Esta segunda revisión incorporó además un meta-análisis en red para comparar de forma rigurosa la efectividad relativa entre las distintas vacunas disponibles.

En conjunto, este cuerpo de evidencia combina los resultados más controlados y rigurosos de la investigación clínica con los datos reales del impacto poblacional tras la introducción de la vacuna. Se trata del análisis más exhaustivo realizado hasta la fecha sobre la vacunación contra el VPH.

Una de las principales barreras para la vacunación ha sido el miedo a los efectos secundarios, a menudo

alimentado por rumores y desinformación en redes sociales. Las revisiones Cochrane han abordado este tema con rigor y detalle. Analizando cientos de estudios y millones de datos de seguimiento, no se ha encontrado evidencia de que la vacuna contra el VPH aumente el riesgo de efectos adversos graves como infertilidad, enfermedades neurológicas o trastornos del sistema inmunitario.

Aunque en sus inicios la vacunación se centró exclusivamente en niñas, los expertos coinciden en que vacunar también a los niños es fundamental para frenar la transmisión del virus y proteger a toda la población.

Fuente: <https://muyinteresante.okdiario.com/salud/hallazgo-vacuna-vph-cancer-cuello-utero-eficacia-seguridad-revisiones-cochrane.html>

¿Homo erectus hablaba? Una nueva investigación sostiene que tenía el cerebro, los genes y la cultura necesarios para desarrollar el lenguaje

Durante décadas, la historia del lenguaje humano ha sido una especie de rompecabezas sin manual de instrucciones. Se han propuesto teorías, se han descartado otras tantas, y se ha dado por sentado que solo especies como *Homo sapiens* o los neandertales habrían sido capaces de articular palabras, ideas y pensamientos a través del habla. Pero un nuevo estudio está sacudiendo esas certezas y devolviendo al primer plano a un viejo conocido de la evolución humana: *Homo erectus*.

Este homínido, que apareció en África hace unos dos millones de

años y se extendió por Eurasia, podría haber sido mucho más avanzado de lo que se pensaba. Más allá de su postura erguida y sus habilidades con herramientas de piedra, algunos investigadores sostienen ahora que *Homo erectus* tenía lo necesario —en cuerpo y mente— para hablar. Si esto se confirma, estaríamos ante un giro monumental en nuestra comprensión de cuándo y cómo surgió el lenguaje humano.

Uno de los pilares de esta nueva teoría es el desarrollo cerebral de *Homo erectus*. Aunque su cráneo era más pequeño que el del ser humano moderno, su cerebro ya mostraba un importante crecimiento en regiones como el lóbulo frontal y parietal, áreas directamente relacionadas con la planificación, la memoria y el control motor. No se trata solo de volumen ce-

rebral, sino de organización: estas regiones se consideran esenciales para el lenguaje tal como lo entendemos hoy.

Algunos críticos sostienen que los comportamientos complejos de *Homo erectus* podrían haberse desarrollado con otros tipos de comunicación no verbal. Sin embargo, el creciente número de pruebas convergentes hace que cada vez sea más difícil descartar del todo la posibilidad de que esta especie, que caminó sobre la Tierra durante más de un millón de años, también hablara.

Fuente: <https://muyinteresante.okdiario.com/historia/descubren-homo-erectus-pudo-hablar-2-millones-anos-lenguaje-humano.html>

¿Por qué la ansiedad y el estrés pueden interrumpir el sueño?

Dormir profundamente no siempre es garantía de descanso. A veces, el cerebro decide que es momento de despertar, aunque el cuerpo no quiera. Esa experiencia común —despertarse de golpe sin saber por qué— tiene ahora una explicación más clara gracias a un estudio que identificó un circuito cerebral capaz de convertir el estrés emocional en vigilia casi instantánea.

La investigación, realizada en ratones, muestra que no se trata de un proceso difuso ni abstracto. Existe una ruta neuronal concreta que conecta emoción y despertar. El hallazgo ayuda a entender por qué el miedo, la ansiedad o una sensación de amenaza pueden interrumpir el sueño profundo y mantenernos en un estado de alerta persistente.

Los investigadores se centraron en una región cerebral llamada BNST, vinculada desde hace años a la ansiedad y al estrés. Esta zona actúa como un centro de integración emocional. En lugar de responder a estímulos breves, el BNST procesa estados emocionales sostenidos, como la preocupación o la amenaza latente.

Durante el sueño profundo, conocido como NREM, el cerebro suele estar menos receptivo al entorno. Pero el BNST puede romper ese aislamiento. El estudio demuestra que, si esta región se activa, el cerebro es capaz de abandonar el sueño profundo en cuestión de segundos.

El hallazgo tiene implicaciones claras para la vida cotidiana. Explica por qué el estrés puede romper el sueño sin previo aviso. No se trata solo de pensamientos intrusivos, sino de un circuito biológico preparado para reaccionar.

En personas con ansiedad o trastornos relacionados con el estrés, este sistema podría estar sobreactivado. El cerebro permanece en modo vigilancia incluso cuando debería descansar. Esto encaja con la experiencia de quienes se despiertan varias veces por noche sin una causa externa evidente.

Los autores del estudio, realizado en la University of Tsukuba, señalan que este circuito podría convertirse en una diana terapéutica. Entender la ruta es el primer paso para aprender a regularla. Aún es pronto para hablar de tratamientos, pero el mapa empieza a dibujarse.

Fuente: <https://muyinteresante.okdiario.com/curiosidades/cerebro-estres-despertar-sueno-profundo.html>

¿Por qué viven más las mujeres que los hombres? Un estudio de 1176 especies apunta a una respuesta

El estudio, liderado por un equipo internacional del Instituto Max Planck de Antropología Evolutiva y la Universidad del Sur de Dinamarca, recopiló datos de vida de animales mantenidos tanto en zoológicos como en la naturaleza. Al comparar estas poblaciones, los científicos lograron eliminar muchas variables externas como la depredación o las enfermedades infecciosas, lo que permitió observar los factores puramente biológicos y evolutivos que afectan la esperanza de vida.

Los resultados fueron claros: en el 72 % de las especies de mamíferos analizadas, las hembras viven más tiempo que los machos. En promedio, esa ventaja es del 12 %. En el caso de las aves, el patrón se invierte: el 68% de las especies estudiadas muestran una ventaja de longevidad masculina, aunque más modesta, del 5 %.

Una de las explicaciones más antiguas es la llamada “hipótesis del sexo heterogamético”. En los mamíferos, los machos tienen un cromosoma X y uno Y, mientras que las hembras tie-

nen dos X. Si uno de los X tiene una mutación dañina, las hembras tienen otro de repuesto. Esta diferencia genética podría traducirse en una mayor vulnerabilidad masculina a enfermedades y un envejecimiento más acelerado.

En las aves, sin embargo, el sistema es al revés: las hembras tienen dos cromosomas distintos (Z y W), mientras que los machos tienen dos iguales (ZZ). De acuerdo con esta teoría, serían las aves hembras las más vulnerables, lo que coincide con los resultados del estudio.

Sin embargo, la genética no lo explica todo. De hecho, los investigadores encontraron numerosas excepciones. En varias especies de aves rapaces, por ejemplo, las hembras son más grandes y también viven más tiempo que los machos, rompiendo por completo el patrón esperado. Esto sugiere que hay otros factores, más allá de los cromosomas, que están en juego.

Una de las claves más relevantes parece estar en el comportamiento reproductivo. En muchas especies de mamíferos, los machos compiten ferozmente por las hembras. Este tipo de selección sexual favorece el desa-

rollo de características exageradas, como cuernos enormes, músculos voluminosos o comportamientos arriesgados. Todo esto puede ser útil para ganar parejas... pero tiene un precio en términos de salud y longevidad.

En los animales polígamos, donde un macho se aparea con muchas hembras, la presión evolutiva para destacar es aún mayor. El estudio encontró que, en estas especies, la diferencia de esperanza de vida entre machos y hembras es mucho más marcada. Por el contrario, en especies monógamas, donde los machos y las hembras suelen emparejarse de por vida, esa diferencia es mucho menor o incluso inexistente.

Fuente: <https://muyinteresante.okdiario.com/curiosidades/por-que-viven-mas-las-mujeres-que-los-hombres-nuevo-analisis-evolutivo.html>

Recopilación

Revista *TEMAS* de Ciencia y Tecnología

Vida académica

Oferta Educativa de Estudios de Doctorado Universidad Tecnológica de la Mixteca

Introducción

La Universidad Tecnológica de la Mixteca ha sido concebida como instrumento cultural de transformación del entorno social además de los fines tradicionales de las universidades clásicas, tiene como funciones:

- Enseñanza
- Investigación
- Difusión Cultural
- Promoción del Desarrollo

Con el correcto desempeño de estas funciones y un campus que cuente con instalaciones modernas, la UTM busca alcanzar niveles de excelencia a través de una enseñanza disciplinada con profesores y alumnos de tiempo completo.

Historia

La Universidad Tecnológica de la Mixteca (UTM), está localizada en la ciudad de Huajuapán de León, Oaxaca. Inició sus actividades en febrero de 1990, aunque formalmente fue inaugurada el 22 de febrero de 1991 con la presencia del Presidente de México, y el Presidente de Costa Rica, así como del Gobernador del estado de Oaxaca y del Secretario de Educación Pública.

La UTM tiene como fin coadyuvar a la transformación completa de la economía y la sociedad de la Región Mixteca, del Estado y del País, a través de la formación de profesionistas de calidad que sean promotores del crecimiento económico, por lo que proporciona a los jóvenes la posibilidad de cursar una carrera profesional sin desplazarse a otros lugares.

Modelo educativo

La UTM se crea con un nuevo modelo de universidad cuyos criterios básicos de funcionamiento están referidos a la calidad académica para el desarrollo de sus funciones sustantivas de docencia, investigación, difusión de la cultura y promoción al desarrollo. Dicho modelo comprende una dedicación de tiempo completo a los estudios de licenciatura y de posgrado, por parte de estudiantes y profesores, los cuales interactúan en diversas actividades académicas como las clases teóricas, las prácticas de campo y laboratorio, las actividades programadas en salas de cómputo, biblioteca y laboratorios de idiomas.

Es una política permanente de la universidad la de garantizar las mejores condiciones de infraestructura para el adecuado desempeño académico de estudiantes y profesores, de tal forma que actualmente la UTM cuenta con instalaciones amplias, modernas y completamente equipadas conforme a las áreas de formación profesional y de investigación que realiza.

En los planes y programas de estudio de licenciatura y de posgrado se establece un equilibrio entre la formación teórica y la práctica, se tienen disponibles talleres especializados como los de:

- Plásticos
- Madera y metal
- Mecánica
- Procesamiento de alimentos
- Electrónica
- Cerámica y serigrafía

Así como laboratorios de:

- Física
- Química
- Telecomunicaciones
- Salas de idiomas

Oferta Académica de Estudios de Doctorado

La Universidad Tecnológica de la Mixteca ofrece los siguientes estudios de Doctorado.

- Doctorado en Ciencias: Productos Naturales y Alimentos.
- Doctorado en Electrónica Especialidad: Sistemas Inteligentes Aplicados.
- Doctorado en Inteligencia Artificial.
- Doctorado en Modelación Matemática.
- Doctorado en Robótica.

Doctorado en Ciencias: Productos Naturales y Alimentos

El Doctorado en Ciencias: Productos Naturales y Alimentos, tiene como objetivo formar científicos de alto nivel en Química, Bioquímica, Ingeniería, Biotecnología y áreas afines, capaces de identificar oportunidades y resolver problemas en química de productos naturales y alimentos. Los egresados podrán generar conocimiento, formar recursos humanos, trabajar en equipos multidisciplinarios y colaborar con sectores más allá del ámbito académico. Además, tendrán la capacidad de liderar grupos de trabajo con ética, responsabilidad y compromiso social y ambiental, contribuyendo al desarrollo científico y tecnológico del país. (ver Fotografía 1).

Doctorado en Electrónica Especialidad: Sistemas Inteligentes Aplicados

El Doctorado en Electrónica de la UTM será un posgrado líder en la formación de investigadores con alto nivel académico y científico en el área de la Electrónica, con reconocimiento regional, nacional e internacional y con líneas de investigación que fortalezcan a la institución como líder en la generación y aplicación del conocimiento y el desarrollo de nuevas tecnologías. (ver la Fotografía 2).

Doctorado en Inteligencia Artificial

El Doctorado en Inteligencia Artificial tiene como visión ser competitivo a nivel nacional dentro del área de la Inteligencia Artificial y ser un programa de posgrado de calidad con el nivel requerido para pertenecer al SNP, reconocido en la generación y aplicación de conocimientos a nivel nacional e internacional por sus investigaciones, proyectos y vinculación con otros grupos de investigación y diversos sectores de la sociedad.

El Doctorado en Inteligencia Artificial de la Universidad Tecnológica de la Mixteca se enfocará en atender los problemas regionales y nacionales de manera sustentable, con impacto social, apoyado en la capacidad y competitividad de sus académicos y estudiantes.

Un objetivo importante del grupo de trabajo es obtener financiamiento externo para proyectos, por lo que se participará con propuestas en convocatorias de CONAHCYT, PRODEP, Convenios con empresas y otras modalidades. (ver la Fotografía 3).

Doctorado en Modelación Matemática

El Doctorado en Modelación Matemática tiene como objetivo formar investigadores con alto nivel académico, conocimientos sólidos en matemáticas y habilidades para modelar y resolver problemas. Capaces de desarrollar investigación original, de manera independiente e interdisciplinaria, así como proyectos que impacten en el ámbito académico, económico y social. (ver la Fotografía 4).

Doctorado en Robótica

El Doctorado en Robótica tiene como objetivo general formar investigadores altamente capacitados en robótica, con habilidades para desarrollar modelos, algoritmos y tecnologías innovadoras en sistemas autónomos e inteligencia artificial. El doctorado busca impulsar la producción científica y tecnológica, promoviendo la colaboración con centros de investigación y universidades de prestigio a nivel global. A continuación, se numeran los objetivos específicos.

- Desarrollar investigación original y de alto impacto en áreas clave de la robótica, como percepción,

control, planificación, interacción humano-robot e inteligencia artificial aplicada.

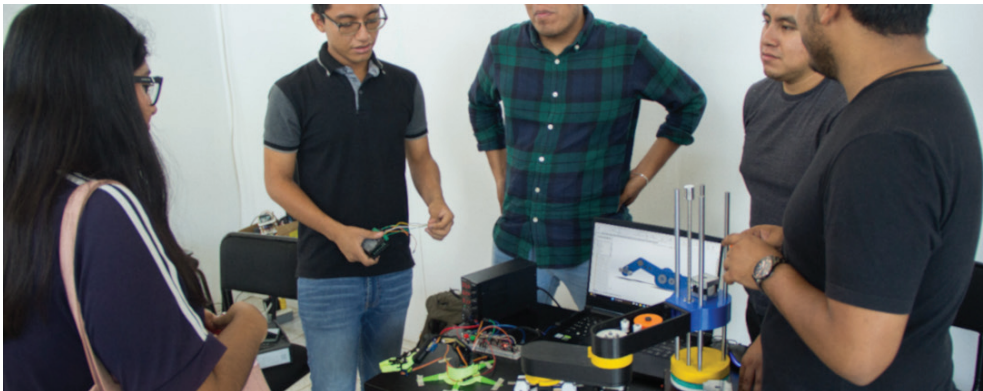
- Fomentar la producción científica mediante la publicación de artículos en revistas indexadas y la participación en conferencias internacionales de renombre.
- Capacitar en metodologías avanzadas de investigación para la modelación, simulación y experimentación en sistemas robóticos.
- Impulsar la colaboración interdisciplinaria con expertos en inteligencia artificial, neurociencia, electrónica, mecatrónica y otras áreas afines.

- Desarrollar habilidades para la docencia y liderazgo académico, formando futuros profesores e investigadores que contribuyan al crecimiento del campo de la robótica.

- Fortalecer la vinculación con sectores productivos y gubernamentales, promoviendo la aplicación de la robótica en sectores estratégicos como manufactura avanzada, robótica médica, exploración y navegación autónoma. (ver la Fotografía 5).



Fotografía 1. Laboratorio para los estudiantes de doctorado en productos naturales y alimentos.



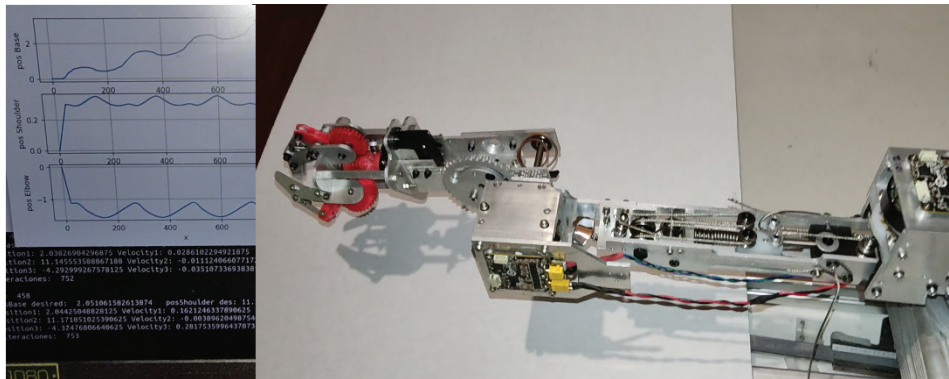
Fotografía 2. Alumnos trabajando en el desarrollo de proyectos.



Fotografía 3. Alumnos trabajando en salas de computo.



Fotografía 4. Alumnos recibiendo clases en el laboratorio de modelación matemática.



Fotografía 5. Desarrollo de prototipos en el laboratorio de robótica.

Reseña de Libro

Coordinadores: Yolanda Sánchez Torres y Amada Hidalgo Gallardo

El comercio exterior como generador de productividad y competitividad: de lo glocal a lo global.

Idioma: Castellano. País: México. 129 pp.

ISBN: 978-607-482-677-7

DOI: <https://doi.org/10.29057/books.68>

El comercio exterior como impulsor del crecimiento económico

La interacción entre los mercados locales y globales es una dinámica existente dentro del comercio exterior, éste influye en el crecimiento económico de los países, si las empresas del país exportador tienen inmersas variables de productividad y competitividad.

El libro de esta reseña cuyo título es: *El comercio exterior como generador de productividad y competitividad de lo glocal a lo global*, presenta una visión contemporánea de las transformaciones económicas internacionales, analiza cómo las estrategias globales pueden tener repercusiones locales.

Parte principal de esta obra se enfoca en los temas de competitividad y productividad, de acuerdo a la Real Academia Española, la competitividad se define como la *Capacidad de competir o, la Rivalidad para la consecución de un fin. Mientras que la productividad es la Relación entre lo producido y los medios empleados, tales como mano de obra, materiales, energía, etc.* A partir de estas definiciones se puede entender que estos conceptos van entrelazados, ya que la competitividad, depende de la productividad, pero la productividad por sí sola no garantiza la competitividad.

Un país o empresa puede tener una alta productividad, pero si sus recursos no están bien distribuidos, no podrá competir eficazmente a nivel global, es decir, una empresa podrá ser muy productiva, pero sino innova, esa producción no ofrecerá una variedad de productos, lo cual limitará su competitividad

(productividad genera valor, mientras competitividad genera ventaja).

Si nos enfocamos en el planteamiento del título del libro. Según menciona Preyer, (2016), La palabra glocal tiene su origen a principio de la década de los noventa en los estudios del sociólogo británico Roland Robertson; en su obra *Globalization: Social Theory and Global Culture (1992)*, afirma que, “la globalización no significa la desaparición de las particularidades locales, sino más bien, la forma en que las características globales son reinterpretadas o apropiadas localmente”. Entonces, se puede entender a la palabra glocal como una combinación entre los términos locales y globales al contexto local.

Comprendiendo estos conceptos, se puede afirmar que el desarrollo de un país depende de qué tanto se atiendan las necesidades individuales y conjuntas de quienes son participantes.

El libro enfatiza en el principio de *bienestar social*, según Hidalgo, G, el bienestar es un fundamento para garantizar que las comunidades cubran sus necesidades básicas y estén preparadas para el cambio.

Basado en el principio económico de la escasez, el texto examina cómo las dinámicas del comercio han evolucionado hacia una mayor sofisticación, pero sin lograr equidad, generando brechas entre países desarrollados y en vías de desarrollo. Para cerrar estas disparidades, el capital intelectual y el desarrollo local se presentan como herramientas indispensables, sin embargo, el problema central señalado es la desigualdad en los términos de intercambio, lo cual

afecta especialmente a países como México. La teoría de la dependencia de Raúl Prebisch se retoma para explicar cómo las economías periféricas permanecen subordinadas en el sistema global.

El enfoque del libro es útil como guía para entender cómo influye la cooperación regional y los beneficios del comercio en el bienestar de los pueblos y, cómo se debe evitar el fortalecimiento de una hegemonía que ha perpetuado el saqueo y el empobrecimiento. A partir de ahí, pensar si la intervención del gobierno realmente ha accionado como debería o, se debe replantear las estrategias de desarrollo económico.

La obra se estructura en siete capítulos, los cuales presentan apartados teóricos y empíricos, ello permite entender el comercio internacional y, determinar los organismos influyentes y mediadores dentro del mismo. El libro también ofrece estrategias que permitirían mejorar la economía global con un enfoque microeconómico.

En el primer capítulo denominado: *Los organismos internacionales y su contribución al comercio exterior*, los escritores destacan la importancia de la intervención gubernamental como forma de regularización para lograr estructuras y estrategias que lleven a la cooperación.

Economistas como Joseph Stiglitz, subraya que la acción estatal es crucial para corregir fallas de mercado y promover un desarrollo económico más equilibrado, perspectiva claramente alineada con las aportaciones del libro.

El capítulo resalta la importancia de la educación, la investigación y la formación de profesionales para afrontar los retos de un mundo globalizado. La preparación académica se identifica como motor clave para desarrollar estrategias que impulsen una mayor productividad en empresas y países, representa una herramienta para hacer frente y estar presente en la economía global con variables de competitividad.

Parte importante para lograr un desarrollo a través de la competitividad es buscar un equilibrio entre crecimiento económico y medio ambiente, así como lograr la inclusión de los países en desarrollo (PED), es por esta idea que se implementan Los *Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)*, de los que hace mención el primer capítulo y, los cuales incluyen medidas como la transferencia de tecnología, la reducción de

barreras comerciales y, la promoción de un sistema comercial justo y no discriminatorio.

En este contexto, la cooperación internacional sigue siendo clave para garantizar que las economías emergentes y menos desarrolladas tengan un papel más relevante en el comercio global.

La competitividad empresarial engarzada al capital intelectual, es el título del segundo capítulo, se destaca al capital intelectual como eje de la competitividad empresarial. Al surgimiento de la industria, el capital humano (experiencias y conocimiento), fue parte esencial del crecimiento y desarrollo de las organizaciones y, por ende, de la mejora económica a nivel global, sin embargo, a partir del siglo XXI, con los avances tecnológicos, surgió el capital intelectual, el cual consiste en el conjunto de capital humano, pero de forma colectiva, lo cual lleva a alcanzar una ventaja competitiva más amplia. Walter Wriston argumenta: *En efecto, la nueva fuente de riqueza no es material; es la información, el conocimiento aplicado al trabajo para crear valor.*

El tercer capítulo denominado: *El emprendimiento como fase inicial del proceso de internacionalización empresarial: una aproximación teórica para las MIPYMES mexicanas*, aborda el emprendimiento como puerta de entrada para la internacionalización de las MIPYMES en México, enfatiza en la innovación tecnológica como herramienta estratégica. Aunque se exploran las oportunidades y barreras, el texto señala que el éxito depende no sólo de actitudes proactivas, sino también de políticas efectivas, redes de apoyo y acceso a capital que permitan superar desafíos estructurales, es aquí donde se incorpora la intervención gubernamental como un elemento fundamental. Se destaca el emprendimiento como punto de partida para la internacionalización de las MIPYMES, el emprendimiento es clave para fortalecer la competitividad.

El comercio internacional mexicano está altamente concentrado en Estados Unidos, las estrategias globales podrían diversificar mercados y mejorar el desempeño de las PYMES.

En el capítulo cuatro denominado: *Lo local como eje del desarrollo e impulsor del comercio internacional*, se presenta una crítica a las políticas públicas que, aunque van orientadas al crecimiento macroeconómico, llevan a desigualdades estructurales.

La falta de congruencia entre las estrategias locales y globales subrayan la necesidad de enfoques más equitativos que integren sostenibilidad y justicia social.

La discusión teórica sobre el papel del desarrollo local frente a la globalización y el protagonismo de las maquilas y transnacionales, ilustra tensiones en las políticas públicas, donde los beneficios macroeconómicos a menudo contrastan con la precariedad laboral y la marginalización de sectores rurales.

El capítulo de referencia subraya acertadamente que, las políticas diferenciadas y los enfoques participativos, basados en la identidad cultural y la apropiación territorial, son esenciales para un desarrollo integral.

Estrategias de inserción de las pymes mexicanas en el mercado internacional: un análisis desde lo glocal, es el tema del capítulo quinto, en él se resalta la baja participación de las empresas mexicanas en los flujos comerciales globales, ya que las grandes empresas transnacionales dominan la actividad exportadora.

A pesar de los esfuerzos de algunas empresas como Grupo Bimbo, La Moderna y Maseca, que han implementado estrategias de crecimiento a través de alianzas estratégicas y políticas públicas de apoyo, aún persiste una fuerte concentración del poder económico y una estructura empresarial que limita la competencia de las pequeñas y medianas empresas (PYMES).

Las importaciones en su mayoría, son insumos intermedios utilizados por las industrias manufactureras, especialmente en los sectores automotrices, de comunicaciones y transporte. Esta situación genera una dependencia de productos semi-elaborados importados, lo que sugiere que el valor agregado en México está centrado principalmente en la mano de obra, mientras que las grandes corporaciones transnacionales continúan controlando las cadenas de valor a través del comercio internacional.

A pesar del panorama antes descrito, el comercio exterior sigue siendo una fuente importante de crecimiento para las empresas mexicanas y, representa una oportunidad clave para el desarrollo económico del país.

La Secretaría de Economía destaca varias ventajas estratégicas que México posee para aprovechar el comercio internacional, se destaca su ubicación

geográfica privilegiada, con una extensa frontera con Estados Unidos, el acceso a mercados internacionales a través de tratados comerciales y, una infraestructura moderna de transporte y comunicación. Sin embargo, para que las PYMES puedan beneficiarse de estas ventajas, es necesario un enfoque más inclusivo y diversificado que les permita competir con las grandes transnacionales.

Es necesario el diseño e implementación de políticas públicas que fomenten la capacidad de innovación, el fortalecimiento de redes de colaboración empresarial y, la creación de valor agregado en sectores clave como el textil, el metalmecánico y el agroindustrial, los cuales dependen de la participación de muchas pequeñas y medianas empresas.

La integración de México al GATT y, el tipo de cambio sobrevaluado en los años ochenta, marcaron el inicio de una intensa competencia global para las empresas mexicanas, las cuales se vieron forzadas a adaptarse a las estrategias de las grandes corporaciones transnacionales.

Se menciona en el texto que la creación de redes empresariales (networking) es una opción viable para las PYMES mexicanas, especialmente a través de cooperativas que favorezcan la colaboración entre empresas de un mismo sector o región. “Un ejemplo exitoso de este tipo de organización es Pascual Boing, que ha logrado consolidarse en los mercados de Norte y Sudamérica”. Sin embargo, para que estas redes sean efectivas, deben superar los desafíos organizacionales y estructurales que enfrentan las PYMES mexicanas, destaca la falta de economías de escala y, la escasa capacidad de negociación frente a los oligopolios internacionales.

Una estrategia efectiva para la inserción de las PYMES mexicanas en el comercio internacional debe estar basada en un enfoque “glocal”, es decir, partiendo de los recursos y capacidades locales, pero con una visión global, lo cual permita a las empresas dimensionar sus oportunidades y, adaptarse a los requerimientos del mercado global. Esto incluye el aprovechamiento de la innovación, la creación de redes empresariales y, el desarrollo de productos con valor agregado, en especial en nichos de mercado como los productos orgánicos, los cuales se alinean con las tendencias globales hacia la sostenibilidad y la producción responsable.

El mercado asiático, una oportunidad comercial, en él se aborda con rigor y profundidad el impacto del Acuerdo de Asociación Económica (AAE) entre México y Japón, el cual es un ejemplo de integración económica estratégica en un contexto global competitivo.

Se logra en este capítulo equilibrar el análisis histórico, contextual y económico del acuerdo, ofrece una visión integral que combina teoría económica con resultados prácticos. Se aprecia una crítica implícita a los retos logísticos y arancelarios persistentes, al tiempo que subraya el potencial transformador del AAE para fortalecer la presencia mexicana en Asia-Pacífico.

Asia es un mercado con alto poder adquisitivo. Su valor radica en demostrar cómo el comercio bilateral puede actuar como un motor de desarrollo económico sostenible para México. Se resalta tanto sus oportunidades como sus limitaciones. Si bien, el Acuerdo ha impulsado sectores clave, como el agroalimentario, persisten retos logísticos y de diversificación.

Destaca la relevancia de una política comercial activa y estratégica para capitalizar al máximo esta relación, especialmente en un contexto global cada vez más competitivo. Es importante que las economías latinoamericanas, ricas en recursos, deben aprender a negociar desde una posición de igualdad y responsabilidad compartida. Las negociaciones comerciales y de cooperación deben ser vistas como un proceso en el que todos los involucrados tengan voz y participación equitativa, sin recurrir a la imposición ni a la subordinación.

Finalmente, en el capítulo siete denominado: *Estrategias locales para afrontar la competencia en el mercado internacional: el caso de la ALPLA*, se argumenta que, la participación de las empresas mexicanas en el mercado mundial es aún muy limitada y, se concentra en un pequeño número de estados y grandes corporaciones.

En el capítulo se menciona la propuesta de una alianza latinoamericana (ALPLA), inspirada en modelos históricos como la Comunidad Europea del Carbón y el Acero, para fomentar la cooperación en torno a recursos naturales estratégicos. Aunque esta idea busca reducir la dependencia de las economías externas y, fortalecer el desarrollo regional, enfrenta barreras institucionales y geopolíticas significativas. De igual manera la crítica de Baldwin, retomada

por Van Grassek, subraya la urgente necesidad de fortalecer la Organización Mundial de Comercio para abordar acuerdos mega-regionales y, consolidar una gobernanza más equitativa. La propuesta implícitamente menciona la importancia de diversificar los mercados y fortalecer el desarrollo endógeno, alejándose de la dependencia de economías externas.

A lo largo del libro se expone una dualidad entre las aspiraciones de crecimiento económico y la persistente desigualdad social, se muestra que los avances en comercio y productividad no han resuelto las brechas estructurales.

La globalización, junto con la expansión de maquilas y transnacionales, ha generado tensiones en las políticas públicas, donde los beneficios macroeconómicos contrastan con la precariedad laboral y la marginalización rural.

Existe una necesidad urgente de integrar cohesión social y sostenibilidad en las agendas económicas, como un camino hacia un desarrollo más equitativo.

Consideramos que el libro podría haber profundizado en las limitaciones de la economía como ciencia, dado que las teorías económicas suelen basarse en supuestos que no siempre reflejan la realidad compleja y heterogénea de las preferencias y comportamientos individuales.

A menudo, se asume que las soluciones globales pueden adaptarse de manera automática a los contextos locales, lo cual no siempre ocurre, especialmente considerando que no todos los agentes económicos actúan de manera racional. En este sentido, el papel del gobierno como mediador es crucial, ya que puede regular las condiciones del mercado tanto a nivel local como global. No obstante, la intervención gubernamental, puede generar pérdidas de eficiencia, reduciendo las ganancias tanto de productores como de consumidores, resultado principalmente de las distorsiones como subsidios o aranceles.

Sería relevante que el libro explorara cómo diseñar políticas públicas que minimicen estas pérdidas de eficiencia, promoviendo un equilibrio entre regulación y competitividad.

Una propuesta interesante para una segunda versión del libro, podría plantear estrategias en las que la intervención del gobierno se centre en mejorar la infraestructura comercial, facilitar el acceso

al capital y, fomentar la innovación tecnológica, en lugar de imponer restricciones que puedan limitar la dinámica del mercado. De este modo, se podría lograr una participación gubernamental más efectiva que impulse tanto el crecimiento económico como la equidad social, ello sin comprometer la eficiencia del sistema económico.

Otra línea de investigación interesante sería explorar la creación de modelos de colaboración regional más inclusivos que, permitan a los países en desarrollo tener mayor participación y autonomía en las decisiones comerciales globales.

Referencias

Preyer, G. (2016). Una interpretación de la globalización: un giro en la teoría sociológica. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, 61(226), 61-87. [https://doi.org/10.1016/s0185-1918\(16\)30003-4](https://doi.org/10.1016/s0185-1918(16)30003-4)

Autores de la reseña:

Maximiliano Gracia Hernández

Profesor e investigador

El Colegio del Estado de Hidalgo

maximiliano@elcolegiodehidalgo.edu.mx

Luz Arriaga

Estudiante de la Licenciatura en Economía

Universidad Autónoma de Hidalgo

Universidad Tecnológica de la Mixteca (UTM)



Infraestructura
104 Ha. de dimensión
118 Edificios
55 Laboratorios
9 Talleres
Parque Tecnológico
Parque Solar Fotovoltaico
Planta de Tratamiento de Agua
Planta Potabilizadora de Agua
Agavetum



9 Institutos de Investigación
Centro de Modelación Matemática, Vinculación y Consultoría
Instituto de Agroindustrias
Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades
Instituto de Computación
Instituto de Diseño
Instituto de Física y Matemáticas
Instituto de Electrónica y Mecatrónica
Instituto de Ingeniería Industrial y Automotriz
Instituto de Hidrología
Instituto de Minería
División de Estudios de Posgrado

Oferta Educativa



Licenciaturas
Ingeniería Civil
Ingeniería Industrial
Ingeniería en Diseño
Ingeniería en Alimentos
Ingeniería en Electrónica
Ingeniería en Mecatrónica
Ingeniería en Computación
Ingeniería en Física Aplicada
Ingeniería en Mecánica Automotriz
Ingeniería Química en Procesos Sostenibles
Licenciatura en Ciencias Empresariales
Licenciatura en Matemáticas Aplicadas
Licenciatura en Estudios Mexicanos (modalidad virtual)



Posgrado
Maestría en Robótica
Maestría en Ciencia de Datos
Maestría en Diseño de Muebles
Maestría en Medios Interactivos
Maestría en Inteligencia Artificial
Maestría en Ciencia de Materiales
Maestría en Ingeniería de Software
Maestría en Modelación Matemática
Maestría en Administración de Negocios
Maestría en Tecnología Avanzada de Manufactura
Maestría en Ciencias: Productos Naturales y Alimentos
Maestría en Electrónica, opción: Sistemas Inteligentes Aplicados
Doctorado en Robótica
Doctorado en Inteligencia Artificial
Doctorado en Modelación matemática
Doctorado en Ciencias: Productos Naturales y Alimentos
Doctorado en Electrónica, opción sistemas Inteligentes Aplicados

INFORMES
Consulta las bases y requisitos en www.utm.mx



Revista de divulgación "Temas de Ciencia y Tecnología"

Instrucciones para las Colaboraciones a la revista TEMAS de Ciencia y Tecnología de la UTM

Información General

La revista "TEMAS de Ciencia y Tecnología" es un órgano de divulgación y difusión científico-tecnológico de la Universidad Tecnológica de la Mixteca. Es un espacio que apoya y brinda la oportunidad de publicar a todos aquellos interesados, sus trabajos y producciones científicas como avances de investigación personales e institucionales de las diferentes universidades y centros de investigación del país y más allá de nuestras fronteras, con el sólo propósito de promover la tarea de la investigación científica.

La revista "TEMAS de Ciencia y Tecnología" busca la oportunidad de servir a la población estudiantil y a la comunidad intelectual con las últimas novedades de vanguardia tecno-científica de manera ágil, oportuna y veraz. Temas tiene una publicación cuatrimestral, contando con las siguientes secciones:

- Ensayos
- Notas
- Fronteras de la Ciencia
- Vida Académica de la UTM
- Reseña de Libros

La Revista de Divulgación "TEMAS de Ciencia y Tecnología" es multidisciplinaria, cuenta con ISSN 2007-0977 y pertenece al Índice de Revistas Mexicanas de Divulgación Científica y Tecnológica del CONACYT.

Colaboraciones

Ensayo. Artículo con una aportación analítica, crítica y documentada sobre un tema, con una interpretación personal claramente identificada, y que contiene: Resumen en español y en inglés (abstract), Palabras clave, Introducción, Desarrollo del tema (con los subtítulos que se estimen convenientes), Discusión y análisis de resultados, Conclusiones y Bibliografía.

La elaboración de un ensayo es una tarea a la cual nos enfrentamos, cuando informamos a la comunidad sobre los resultados parciales de la investigación que estamos realizando. El carácter didáctico pedagógico que posee el ensayo científico radica en poner lo complicado en términos sencillos y no limitar el conocimiento solamente para un grupo de especialistas.

Nota Científica. Artículo con hallazgos y aportaciones breves, basados en resultados de investigación reciente que aún podrían requerir verificación. Puede ser el resultado de modificación o perfeccionamiento de algún método, técnica o análisis, o resultados de inves-

tigación preliminares pero importantes y novedosos. Debe contener Introducción, Desarrollo, Conclusiones y Bibliografía.

Reseñas. Comentario sobre libros de reciente edición, que contenga un juicio crítico y descripción del mismo. Normalmente y dependiendo del estilo del reseñador, consta de tres partes, ya sea separadas o entrelazadas en el texto: la identificación del autor y de la obra en tiempo y espacio; el resumen, que muestra las hipótesis o ideas principales y aportaciones de la obra; y la crítica, que resume la importancia de la obra desde contextos como social, científico, técnico, artístico, pudiendo incluir una recomendación final de la obra.

Debido a que "Temas de Ciencia y Tecnología" es una revista de divulgación, es importante la claridad y sencillez en el lenguaje y la exposición, explicando los términos o conceptos menos usuales. Es necesario que los autores procuren que los títulos, la introducción y el resumen sean comprensibles para la mayoría de los lectores no especializados en el tema desarrollado.

Presentación del artículo

1. Los autores deben integrar sus tabajos utilizando el procesador de textos Microsoft® Word.
2. Se envía al correo electrónico temas@mixteco.utm.mx dos archivos con extensión .doc. Uno es la colaboración y otro es una hoja de datos.
3. Un archivo es la colaboración (Ensayo o Nota) en forma adecuada para la revisión ciega en su versión original; se omite el nombre del autor para guardar su anonimato en el proceso de dictaminación.
4. El otro archivo es una hoja de datos la cual debe contener la siguiente información.

- Título del trabajo
- Tipo de colaboración (Ensayo, Nota o reseña)
- Nombres de los autores con un conciso currículum académico o profesional
- Afiliación institucional
- Domicilio del lugar de trabajo
- Teléfonos
- Correo electrónico de los autores
- Correo electrónico de correspondencia

Proceso editorial

1. Los trabajos enviados a la revista deben ser inéditos y sus autores se comprometen a no someterlos simultáneamente a la consideración de otras publicaciones.
2. La revista "TEMAS de Ciencia y Tecnología" acusará recibo a los autores de los trabajos que reciba.
3. El manuscrito será revisado por el Consejo Editorial antes de proceder con la revisión externa.
4. Después de aprobado por el consejo editorial el Ensayo o Nota será enviado a revisión (doble ciego) por al menos dos expertos en la disciplina correspondiente.
5. El artículo será aceptado sin cambios, con cambios menores, con cambios mayores o rechazado de acuerdo a los informes del arbitraje externo.
6. El resultado de la evaluación será comunicado al autor de correspondencia. El fallo será inapelable.
7. Los artículos aceptados recibirán las pruebas de galera para su corrección, así como, los autores deberán de firmar la carta de sesión de derechos.
8. Los artículos aceptados serán publicados en la página de la Universidad Tecnológica de la Mixteca.
9. Cada uno de los autores tiene derecho a recibir sin costo alguno la revista en la cual se haya publicado su colaboración.

Formato del manuscrito

Manuscrito

1. Los trabajos deben ser, preferentemente, resultados o avances de investigaciones de alto nivel sobre cuestiones relacionadas con el desarrollo tecnológico y científico.
2. Los ensayos tienen como máximo 20 cuartillas a doble espacio, con letra Times New Roman de tamaño 12.
3. Las Notas y Reseñas tienen como máximo 10 cuartillas a espacio doble, con letra Times New Roman de tamaño 12.
4. Las secciones no deben numerarse.
5. Evitar las notas al pie de página, por razones de diagramación de la revista. Cualquier información que el autor considere necesario incorporar, deberá hacerlo dentro del texto.
6. En la medida de lo posible, se debe evitar un lenguaje excesivamente especializado y el uso recargado de funciones matemáticas, para el beneficio de una exposición clara correspondiente a revistas de divulgación.
7. No hacer citas excesivas de un mismo autor. Evitar también un número excesivo de citas para que la lectura resulte más amena.
8. Las oraciones utilizadas en su trabajo no deben ser tan largas que dificulten la lectura.
9. Evitar el uso de abreviaturas no convencionales, si son necesarias entonces describirlas al usarlas por primera vez. Mantener el uso de abreviaturas al mínimo.
10. Hacer un uso adecuado de las mayúsculas y minúsculas, acentuando las mayúsculas. Verificar que el trabajo no tenga errores de redacción.

Tablas

1. Las tablas se deben colocar en el lugar que les corresponde a lo largo del artículo.
2. El texto que describe a una tabla se coloca arriba de la misma y será de tamaño 10 con el siguiente formato: Tabla 1. Tabla 2.
3. El texto de la tabla será de tamaño 9.
4. Las tablas deben estar en Word. No se aceptan como imágenes.

Tablas reproducidas de otra fuente

1. Las tablas reproducidas de otra fuente deben presentar, debajo de la tabla, la referencia del autor original, aunque se trate de una adaptación.

Por ejemplo:

Fuente: Sabadini, A. A. Z., Sampaio, M. I. C., & Koller, S. H. (2009). *Publicar em psicologia: um enfoque para revista científica* (p. 175) Sao paulo: Associação Brasileira de Editores Científicos de Psicologia/Instituto de Psicologia de la Universidad de Sao Paulo.

Figuras

1. Las figuras se deben colocar en el lugar que les corresponde a lo largo del artículo.
2. Se consideran figuras a todo tipo de fotografías, gráficas o dibujos.
3. El texto que describe a una figura se coloca debajo de la misma y será de tamaño 10 con el siguiente formato: Figura 1. Figura 2.
4. Las figuras deben enviarse de forma adicional en un archivo único comprimido, identificando con claridad el número de la figura.
5. Las figuras utilizadas en la versión impresa estarán en escala de grises con una resolución adecuada para impresión.
6. Las figuras deben ocupar el ancho completo del documento. No se admitirá alinear más de una figura por renglón. Si requiere hacer un comparativo entre varias figuras, deberá realizar la composición de las imágenes en una sola imagen agrupada.
7. El ajuste de las imágenes en el documento deberá ser "En línea con el texto". No se admitirán figuras dentro de cuadros de texto.
8. No se admitirán fotografías de personas. Las fotografías en ningún caso deben permitir la identificación de los autores del manuscrito.
9. Las figuras deben ser propiedad de los autores. No utilizar figuras, tablas o gráficas obtenidas de otras publicaciones o a través de internet sin el permiso correspondiente. Es necesario citar la fuente.

Figuras reproducidas de otra fuente

Las figuras reproducidas de otra fuente deben presentar, debajo de la figura, la referencia del autor original, aunque se trate de una adaptación.

Por ejemplo:

Fuente: Sabadini, A. A. Z., Sampaio, M. I. C., & Koller, S. H. (2009). *Publicar em psicologia: um enfoque para revista científica* (p. 175) Sao paulo: Associação Brasileira de Editores Científicos de Psicologia/Instituto de Psicologia de la Universidad de Sao Paulo.

Ecuaciones

1. Las expresiones matemáticas deben estar escritas de preferencia en el editor de ecuaciones de Word y adoptando el sistema de notación internacional.
2. No escribir ecuaciones dentro del texto.
3. Para agregar símbolos dentro del texto, utilizar Insertar Símbolo del procesador de textos y no el editor de ecuaciones.

Estructura de los manuscritos

1. **El título** de los trabajos debe ser atractivo tanto para lectores expertos como para amplias audiencias que desconozcan del tema, en cumplimiento del espíritu de divulgación de la revista. Debe ser breve y descriptivo del contenido del manuscrito que se presenta, con una longitud máxima de 150 caracteres considerando los espacios. Evitar el uso de símbolos, fórmulas, abreviaturas o acrónimos, tecnicismos desconocidos, ni demasiadas preposiciones.

2. **El resumen** debe describir breve y claramente el objetivo de estudio, la justificación, importancia, metodología, los resultados más destacados y las principales conclusiones, con una extensión entre 150 a 200 palabras como máximo. Se deben enfatizar los aspectos relevantes del trabajo. El resumen debe ser informativo, pero sin ser demasiado detallado.

3. Usar un máximo de cinco **palabras clave** en orden alfabético, que no se encuentren en el título y que identifiquen los principales temas tratados.

4. **Introducción.** Describir los objetivos y fundamentos del trabajo, utilizando las citas bibliográficas estrictamente necesarias. No incluir datos experimentales, pruebas ni las conclusiones del trabajo que presenta.

5. **Desarrollo.** Los métodos y pruebas realizadas, cálculos y modelos matemáticos deben presentarse de forma conveniente para que el lector comprenda el desarrollo de la investigación. Todas las siglas deben aclararse desde su primera aparición en el texto. Evitar el uso de nombres comerciales o del lugar, institución o dependencia donde se realizó la investigación, salvo cuando sea estrictamente necesario.

6. **Discusión y análisis de resultados.** Deben tener una secuencia lógica y describir los resultados de las pruebas o de los modelos aplicados, utilizando tablas o figuras.

7. **Conclusiones.** Deben definir la contribución o innovación de la investigación realizada. Enlazar las conclusiones con el objetivo del estudio, evitando conclusiones no apoyadas por los datos del trabajo. No repetir con detalle los resultados obtenidos en el trabajo.

8. **Bibliografía.** El estilo será acorde a las normas APA. El listado de referencias al final del documento se ordena por apellido del primer autor.

Ejemplos de citas y referencias bibliográficas

Citas Bibliográficas

Las citas biblio-hemerográficas en el texto deben escribirse con el nombre del autor y año de publicación entre paréntesis y separados por una coma, por ejemplo: ...la oferta y la demanda de la mano de obra en expansión (Muñoz, 1979). Si se menciona el nombre del autor, solo se indicará el año entre paréntesis, por ejemplo: ...capital de producción, como sostiene Muñoz (1979).

Si existen dos autores se citan ambos, por ejemplo: ...(Muñoz y Oliveira, 1979) o ...Muñoz y Oliveira (1979). Para más de tres autores se citan todos la primera vez: ...(Muñoz, Oliveira, Tapia, Reyes, 1979) y después solo el apellido del primer autor seguido de la abreviatura et al: ...(Muñoz et al., 1979). Si en un texto existen diversos trabajos de un autor con igual fecha, después del apellido del autor, se agrega el año de la publicación seguido de una letra minúscula para distinguir cada una de sus obras, por ejemplo ...en lo que se ha insistido (Huxley, 1947a) ...es la importancia del desarrollo (Huxley, 1947b).

Referencias Bibliográficas

El formato será acorde al estilo APA (American Psychological Association). El listado de referencias al final del documento se ordena por orden alfabético. Las referencias de libros incluyen apellido del autor y sus iniciales, año de publicación entre paréntesis, título del libro en letra cursiva, lugar de publicación (ciudad, estado, provincia, país), seguido de dos puntos y casa editorial. Ejemplo: Vedeyen, J.T. (1995). *Laser Electronics*. New jersey: Prentice Hall.

Las referencias de artículos publicados en revistas se escriben con el apellido del autor y sus iniciales, año de publicación entre paréntesis, título del artículo, nombre de la revista en letra cursiva, volumen en cursiva, pudiendo incluirse el número de revista en paréntesis y páginas. Ejemplo: Ruiz, C. (1992). Las empresas micro, pequeñas y medianas; crecimiento con innovación tecnológica. *Comercio Exterior*. Vol. 42(2). 163-168.

Para trabajos publicados el mismo año por un solo autor, se usa una letra minúscula (a,b,c) después del año.

Los trabajos deben enviarse a:

temas@mixteco.utm.mx

Alberto Antonio García

Director de la Revista

Revista TEMAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

temas@mixteco.utm.mx

Universidad Tecnológica de la Mixteca.

Huajuapán de León, Oaxaca. C.P. 69000.

Tels. y Fax: (+52) 953 53 203 99 y 953 53 202 14 Ext. 782



ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



Ciencia y Tecnología

Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación

latindex