



CUALTIA: Ciclo de Conferencias y Symposium Agroalimentario



CUALTIA
MEMORIAS

DIRECTORIO

IPN

Director General
Arturo Reyes Sandoval

Secretario General
Ismael Jaidar Monter

Secretario Académico
Abdel Pérez Lorenzana

**Secretaria de Investigación y
Posgrado**
Martha Leticia Vázquez González

**Secretario de Servicios
Educativos**
Marco Antonio Sosa Palacios

Secretaria de Administración
Ana María Arrona González

**Coordinador de Imagen
Institucional**
Marco Antonio Ramírez Urbina

**Coordinador General
de Planeación e
Información Institucional**
Orlando David Parada Vicente

Abogado General
Marx Yazalde Ortiz Correa

Presidente del Decanato
Modesto Cárdenas García

UPII ZACATECAS

Director de la UPIIZ – IPN
Roberto Oswaldo Cruz Leija

Subdirectora Académica
Fátima Sánchez Álvarez

**Subdirector de Servicios Educativos e
Integración Social**
Oscar Fabricio Valdez Castillo

Subdirector Administrativo
Rafael Flores Pinedo

COMITÉ EDITORIAL UPIIZ

Editor en Jefe
Oscar Javier Ramos Herrera

Soporte Técnico
Emmanuel Cabañas García

Diseño y Desarrollo Web
Irma Yvette López Serrano

Coordinadora Administrativa
Carolina Estefanía Chávez Murillo



INSTITUCIONAL

CINTILLO LEGAL

CUALTIA: CICLO DE CONFERENCIAS Y SIMPOSIUM AGROALIMENTARIO, año 3, número 1, mayo 2026, es una publicación anual editada por el Instituto Politécnico Nacional a través de la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería campus Zacatecas. Calle Circuito del Gato N.º 202, Col. Ciudad Administrativa, Zacatecas, Zac. C.P. 98160, México. Tels.: 01-492-9242419. Conmutador IPN: 57296000, ext. 83557. <https://www.zacatecas.ipn.mx/servicios/cualtia.html>. Editor responsable: M. en C. Oscar Javier Ramos Herrera. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título No. 04-2023-061515131300-102, ISSN: en trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor (INDAUTOR). Responsable de la última actualización de este número, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería campus Zacatecas. M. en C. Oscar Javier Ramos Herrera, Calle Circuito del Gato N.º 202, Col. Ciudad Administrativa, Zacatecas, Zac. C.P. 98160, fecha de última modificación, 22 de mayo de 2026. Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Politécnico Nacional.

CONTENIDO

04

MENSAJE EDITORIAL

05

DIRECTORIO
CUALTIA 2025

06

ÍNDICE DE
RESÚMENES

09

ÍNDICE DE
ARTÍCULOS EN
EXTENSO



MENSAJE EDITORIAL

Estimados lectores.

Les presentamos la tercera edición de nuestra revista. CUALTIA, del náhuatl "alimentar", es un espacio en el cual se presentan los avances en el ramo de la Ingeniería en Alimentos, con el objetivo de dar a conocer a toda la comunidad y el público en general de cómo la alimentación influye todos los aspectos de la vida humana.

En este número, se presentarán las memorias del 12° Ciclo de Conferencias y 7° Symposium Agroalimentario, CUALTIA 2025, que se llevó a cabo del 6 al 10 de octubre y que fue organizado por la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería campus Zacatecas del Instituto Politécnico Nacional.

"La técnica al Servicio de la Patria"

M. en C. Oscar Javier Ramos Herrera
EDITOR EN JEFE



Miembros del Comité Editorial CUALTIA.

DIRECTORIO

CUALTIA

COMITÉ ORGANIZADOR

OSCAR JAVIER RAMOS HERRERA
(COORDINADOR) UPIIZ-IPN

IRMA YVETTE LÓPEZ SERRANO
UPIIZ-IPN

CAROLINA ESTEFANIA CHÁVEZ MURILLO
UPIIZ-IPN

ADRIANA CASTAÑEDA PÉREZ
UPIIZ-IPN

MARTHA MARÍA MACIAS RAMOS
UPIIZ-IPN

JUAN ARMANDO CHÁVEZ ROSALES
UPIIZ-IPN

ANA BRIZEIRY RODRÍGUEZ GONZÁLEZ
UPIIZ-IPN

COMITÉ CIENTÍFICO

OSCAR JAVIER RAMOS HERRERA
(COORDINADOR) UPIIZ-IPN

CAROLINA ESTEFANÍA CHÁVEZ MURILLO
UPIIZ-IPN

IRMA YVETTE LÓPEZ SERRANO
UPIIZ-IPN

EMMANUEL CABAÑAS GARCÍA
CECYT 18-IPN

KAROL KARLA GARCÍA AGUIRRE
UPIIZ-IPN

CYNTHIA PAMELA DEL RÍO GALVÁN UPIIZ-IPN

FERNANDO GARCÍA FLORES
UPIIZ-IPN

APOYO AL COMITÉ ORGANIZADOR

EDITH RODRÍGUEZ REYES
UPIIZ - IPN

KARLA MONSERRAT MARTINEZ NAVA
UPIIZ - IPN

CAMILA ALVARADO RAMOS
UPIIZ - IPN

LUIS ANGEL CASTAÑEDA FIGUEROA
UPIIZ - IPN

MARÍA VALERIA CARDENAS PALACIOS
UPIIZ - IPN

SAYURI YAZMIN OLIVARES AMARO
UPIIZ - IPN

FÁTIMA MONSERRAT RODRÍGUEZ JACINTO
UPIIZ - IPN

JOSÉ PABLO RIVAS RAMOS
UPIIZ - IPN

FRIDA SOFÍA OCHOA VALERIO
UPIIZ - IPN

DANIEL ESPITIA BAÑUELOS
UPIIZ - IPN

KAREN OLVERA VAZQUEZ
UPIIZ - IPN

ASTRID RODRÍGUEZ BAÑUELOS
UPIIZ - IPN



ÍNDICE DE RESÚMENES

10

PANORAMA ACTUAL DEL USO EN SISTEMAS BIOLÓGICOS DE NANOPARTÍCULAS DE LITIO

AUTORES: ANTONIO CARMONA GARCÍA, LUZ A. GARCÍA SERRANO, MARIANO NORZAGARAY CAMPOS, VERÓNICA ESPARZA CORDERO, MARÍA J. REYES ESTRADA, KAROL K. GARCÍA AGUIRRE.

11

DESARROLLO DE UN BAGUETTE A PARTIR DE MASA MADRE Y SEMILLAS DE CALABAZA Y LINO CON ALTO CONTENIDO PROTEICO

AUTORES: ARTURO ALEXANDER GONZÁLEZ ALMARAZ, RENATO VÁZQUEZ GARCÍA, LEONEL HERNÁNDEZ RAMÍREZ, MARTHA ÁVILA ONTIVEROS, MAYRA PAMELA SOTO MARTÍNEZ, MANUEL JUÁREZ GARCÍA.

12

BEBIDA FERMENTADA DE TUNA CON LACTOBACILLUS PLANTARUM, ALTA EN PROTEÍNA, QUE CONTRIBUYE A MEJORAR LA SALUD DIGESTIVA

AUTORES: KAREN MARLÍN LOZANO DELGADO, ALICIA HERNÁNDEZ MASCORRO, MARÍA DE JESÚS MAGALLANES RIVERA, MANUEL JUÁREZ GARCÍA, MARTHA ÁVILA ONTIVEROS, MAYRA PAMELA SOTO MARTÍNEZ.

13

EVALUACIÓN NUTRICIONAL Y SENSORIAL DE UNA BEBIDA EN POLVO TIPO MALTEADA A BASE DE BETABEL, SUERO DE LECHE Y AVENA

AUTORES: ZAYRA VEGA MARTÍNEZ, YADELKIS CHÁVEZ FEMAT, MARLENE RODRÍGUEZ MORENO, MANUEL JUÁREZ GARCÍA, MAYRA PAMELA SOTO MARTÍNEZ, MARTHA ÁVILA ONTIVEROS.

14

PRODUCCIÓN DE SABORIZANTES FRUTALES A PARTIR DE UNA RUTA BIOCATALÍTICA CON LIPASAS DE RICINUS COMMUNIS L.

AUTORES: KARLA MONTSERRAT MARTÍNEZ NAVA, HANS CHRISTIAN CORREA AGUADO.

15

IDENTIFICACIÓN DE CARBOHIDRATOS EN PLANTAS DE AGAVE DURANGENSIS DE 5 AÑOS MEDIANTE FTIR

AUTORES: SHAILA NAYELI PÉREZ SALINAS, YOLANDA HERRERA ARRIETA, LILIANA WALLANDER COMPEÁN, RENE TORRES RICARIO, MARCELA VERÓNICA GUTIÉRREZ VELÁZQUEZ, FERNANDA YOANA CHÁVEZ AGUILAR, DIANA LAURA SALAZAR PALACIOS, JOSÉ ENRIQUE HERBERT PUCHETA.

16

RIESGO DE CONTAMINACIÓN BIOLÓGICA POR PRESENCIA DE SALMONELLA SP. EN LA CADENA DE PRODUCCIÓN DEL JITOMATE (SOLANUM LYCOPERSICUM L.)

AUTORES: MARTIN DE JESÚS TAMAYO CORDERO, DANIEL RUIZ JUÁREZ, MÓNICA GUTIÉRREZ ROJAS, PAOLA KAREN MEJÍA MÁRQUEZ.

17

ANÁLISIS DE LOS COMPUESTOS BIOACTIVOS PRESENTES EN PRUNUS SALICIFOLIA Y EVALUACIÓN DE SUS PROPIEDADES HIPOGLUCEMIANTES SOBRE MODELOS MURINOS

AUTORES: NATALIA RODRÍGUEZ MARTÍNEZ, ALISON MARIANA RIVERA GARCÍA, ANA ISABEL RAMOS VÁZQUEZ, KAROL KARLA GARCÍA AGUIRRE, EMMANUEL CABAÑAS GARCÍA.

06

CUALTIA: CICLO DE CONFERENCIAS Y SIMPOSIUM AGROALIMENTARIO | MAYO 2025

ÍNDICE DE RESÚMENES

18 **USO DE TANINOS NATURALES EN LA CURTICIÓN DE PIEL DE PESCADO**
AUTORES: DANIELA FERNANDA VILLARREAL GOYTIA, EDITH RODRÍGUEZ REYES, CAROLINA ESTEFANÍA CHÁVEZ MURILLO, OSCAR JAVIER RAMOS HERRERA.

19 **VEHÍCULOS AUTÓNOMOS EN LA AGRICULTURA**
AUTORES: RENATA ELIZABETH SOTO MEJIA, GAEL DÍAZ NAVARRO, CAROLINA ESTEFANÍA CHÁVEZ MURILLO, CARLOS ALBERTO JIMÉNEZ LEE.

20 **EVALUACIÓN DE LA GENOTOXICIDAD DEL EXTRACTO ETANÓLICO DE CHRYSOTHAMNUS SPP.**
AUTORES: ASTRID GUADALUPE RODRÍGUEZ BAÑUELOS, DARINA ITZEL MEDINA TORRES, KAROL KARLA GARCÍA AGUIRRE.

21 **APROVECHAMIENTO DE INSUMOS LOCALES Y SECADO SOLAR EN LA ALIMENTACIÓN AVÍCOLA COMO VÍA HACIA UNA AVICULTURA SOSTENIBLE EN EL NORTE DE JALISCO**
AUTORES: ARLETH YULIETH ÁLVAREZ LEAÑOS, ÉDGAR OSWALDO ZAMORA GONZÁLEZ, IRMA ROBLES RODRÍGUEZ, MARTHA FABIOLA MARTÍN DEL CAMPO SOLÍS.

22 **ESTABILIDAD DE LACTICASEIBACILLUS RHAMNOSUS GG Y LACTOBACILLUS ACIDOPHILUS LA-14 EN UN HELADO FUNCIONAL ELABORADO CON CÚRCUMA, E INULINA DE AGAVE**
AUTORES: JUDITH FERNANDA PÉREZ VÉRTIZ, JOSÉ RODOLFO VELÁZQUEZ MARTÍNEZ, MINERVA AURORA HERNÁNDEZ GALLEGOS, EMMANUEL CABAÑAS GARCÍA, ANGELICA ALEJANDRA OCHOA FLORES.

23 **APROVECHAMIENTO BIOTECNOLÓGICO DEL LACTOSUERO BOVINO EN EL DESARROLLO DE UN SUPLEMENTO FUNCIONAL CON PROBIÓTICOS Y EXTRACTO ANTIOXIDANTE DE JUGO DE GRANADA**
AUTORES: LUIS DANIEL MIRAMONTES CASTAÑEDA, ZAZIL YADEL ESCALANTE GARCÍA, ADRIANA GARCÍA ROMERO, JORGE HÉCTOR GÓMEZ ANGULO, MARTHA FABIOLA MARTÍN DEL CAMPO SOLÍS.

24 **NANOPARTÍCULAS DE PLATA (AGNPS), SU APLICACIÓN EN ENVASES DE ALIMENTOS: UNA REVISIÓN**
AUTORES: LUIS ÁNGEL CASTAÑEDA FIGUEROA, VERÓNICA SEGOVIA TAGLE, KAROL KARLA GARCÍA AGUIRRE, VERÓNICA ESPARZA CORDERO.

25 **PRODUCCIÓN DE XILOOLIGOSACÁRIDOS A PARTIR DE NOPAL (OPUNTIA FICUS-INDICA L.) POR FERMENTACIÓN EN ESTADO SÓLIDO**
AUTORES: YUNIA VERÓNICA GARCÍA TEJEDA, VÍCTOR BARRERA FIGUEROA.

ÍNDICE DE RESÚMENES

26

LA CÚRCUMA (CURCUMA LONGA L.) COMO INGREDIENTE FUNCIONAL EN LA ELABORACIÓN DE GALLETAS Y CHURRITOS CON HARINA DE BANANO DE DESECHO (MUSA ACUMINATA AAA CAVENDISH)

AUTORES: VALERIA AGUILAR ISIDRO, MINERVA AURORA HERNÁNDEZ GALLEGOS, EMMANUEL CABAÑAS GARCÍA, ANGELICA ALEJANDRA OCHOA FLORES, CARLOS ALBERTO CORZO SOSA, JUAN GUZMÁN CEFERINO, JOSÉ RODOLFO VELÁZQUEZ MARTÍNEZ.

27

SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE NANOPARTÍCULAS DE ZNO-CITRUS LIMON PARA SU APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

AUTORES: ROSA H. MARTÍNEZ DUARTE, FERNANDA S. JUÁREZ ALVARADO, PABLO E. ESCAMILLA GARCÍA, LUIS M. GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, ALAIN R. PICOS BENÍTEZ, BLANCA L. MARTÍNEZ VARGAS.

28

USO DE ACHETA DOMESTICUS PARA EL DESARROLLO DE COMPLEMENTOS ALIMENTICIOS ALTOS EN PROTEÍNA

AUTORES: DANIELA DEL SAGRARIO CALDERÓN RODRÍGUEZ, MELISSA GARCÍA NÚÑEZ, LUCIA RINCÓN PEREYRA, MARÍA ESPERANZA GALLEGOS RANGEL, EMMANUEL CABAÑAS GARCÍA.

29

DESARROLLO DE UN DESINFECTANTE DE ALIMENTOS CON EXTRACTO DE LARREA TRIDENTATA

AUTORES: ELISEO GASPAR VARGAS, MARÍA FERNANDA MARTÍNEZ MEDINA, GABRIEL TADEO MÁRQUEZ TREJO, EMMANUEL CABAÑAS GARCÍA, MARÍA ESPERANZA GALLEGOS RANGEL.

30

VALORIZACIÓN DE RESIDUOS REFRACTARIOS PLOMÍFEROS MEDIANTE LA RECUPERACIÓN PIROMETALÚRGICA DE PLATA

AUTORES: VICTOR HUGO GUTIÉRREZ PÉREZ, SEYDY LIZBETH OLVERA VÁZQUEZ, ERNESTO EMMANUEL VÁZQUEZ SÁNCHEZ, DANIEL ISRAEL ALANÍZ HERNÁNDEZ, MARIO CESAR ORDOÑEZ GUTIÉRREZ, LUIS ANTONIO RODRÍGUEZ VÁZQUEZ, JUAN PABLO HONORATO LÓPEZ, DIANA PATRICIA CHAVIRA RODRÍGUEZ.

ÍNDICE DE ARTÍCULOS EN EXTENSO

31

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y BIOACTIVA DE MIEL Y PROPÓLEO DE DOS ESPECIES DE ABEJAS: SCAPTOTRIGONA MEXICANA Y APIS MELLIFERA

AUTORES: ANA KAREN MEJÍA ISLAS, RUBÉN JIMÉNEZ ALVARADO, ERIK GERARDO ROJO GÓMEZ, IRIDIAM HERNÁNDEZ SOTO, LUCIO GONZÁLEZ MONTIEL, ANTONIO DE JESÚS CENOBIO GALINDO.

41

CUANTIFICACIÓN DE ANTOCIANINAS DE ESPECIES SILVESTRES DE FRIJOL (PHASEOLUS) DE DURANGO, MÉXICO

AUTORES: LILIANA WALLANDER COMPÉAN, RENE TORRES RICARIO, SHAILA NAYELI PÉREZ SALINAS, MARCELA VERÓNICA GUTIÉRREZ VELÁZQUEZ, FERNANDA YOANA CHÁVEZ AGUILAR, VICENTE HERNÁNDEZ VARGAS, DIANA LAURA SALAZAR PALACIOS, JOSÉ ANTONIO ÁVILA REYES, JOSÉ MANUEL MOLINA AMAYA.

48

SMART GREENHOUSE (IOT) PARA MEJORAR LA INOCUIDAD Y PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE ALIMENTOS EN ZONAS RURALES

AUTORES: RODRIGO PALOMINO AVILES, MARTÍN RAFAEL CORONA HERNÁNDEZ, EMMANUEL CABAÑAS GARCÍA, CLAUDIA HERNÁNDEZ GONZÁLEZ, ROCÍO GARCÍA CORTÉS.



Panorama actual del uso en sistemas biológicos de nanopartículas de litio

**Antonio Carmona García^a, Luz A. García Serrano^a, Mariano Norzagaray Campos^b,
Verónica Esparza Cordero^c, María J. Reyes Estrada^c, Karol K. García Aguirre^{c,*}**

^aInstituto Politécnico Nacional, CIEMAD, Ciudad de México, CDMX, México. ^bInstituto Politécnico Nacional, CIIDIR Unidad Sinaloa, Guasave, Sinaloa, México. ^cInstituto Politécnico Nacional, UPIIZ, Zac., Zacatecas, México.

*Autor por correspondencia: kgarcia@ipn.mx

Resumen: Durante las últimas décadas, el litio se ha consolidado como un elemento de interés médico por su eficacia como estabilizador del estado de ánimo, especialmente en el trastorno bipolar; sin embargo, su estrecho margen terapéutico exige vigilancia clínica, control sérico y seguimiento renal, tiroideo y cardiovascular. En este contexto, la nanotecnología ofrece una estrategia para mejorar su administración mediante sistemas de liberación controlada, transporte dirigido y reducción de efectos adversos sistémicos. La literatura reciente muestra que las nanopartículas asociadas a litio no deben entenderse únicamente como partículas metálicas, sino como nanotransportadores, nanocomposites o biomateriales dopados capaces de liberar iones Li^+ en microambientes biológicos específicos. En aplicaciones neurológicas, los hidrogeles intranasales formados por nanopartículas de almidón quelantes han demostrado potencial para conducir litio hacia el cerebro, prolongar su efecto farmacológico y disminuir la exposición sistémica, lo cual resulta relevante para trastornos neuropsiquiátricos [1]. De forma complementaria, nanopartículas de oro cargadas con litio han sido propuestas como plataformas para modular la actividad de $\text{GSK-3}\beta$, enzima relacionada con trastornos del ánimo, neurodegeneración y procesos inflamatorios [2]. En medicina regenerativa, nanopartículas mesoporosas de vidrio bioactivo dopadas con litio y cobalto han mostrado capacidad para favorecer osteogénesis, angiogénesis y actividad antibacteriana, ampliando el uso del litio hacia reparación ósea y biomateriales funcionales [3]. En el ámbito alimentario, el uso directo de nanopartículas de litio aún es limitado por consideraciones toxicológicas y regulatorias; no obstante, su estudio puede aportar a sensores, materiales funcionales y modelos de liberación controlada aplicables a compuestos bioactivos. En conjunto, el panorama actual indica que el litio nanoformulado representa una alternativa prometedora, pero todavía en etapa preclínica, que requiere evaluar biocompatibilidad, biodistribución, acumulación, dosis segura y efectos a largo plazo antes de su aplicación clínica o alimentaria, además de estandarizar métodos de síntesis, caracterización y validación biológica reproducible en modelos experimentales complejos.

Palabras clave: Salud, desarrollo tecnológico, tecnología alimentaria.

1.- Lofts, A. et al., 2025. Journal of Controlled Release, 378, 831–846. doi:10.1016/j.jconrel.2024.12.063.

2.- Buonerba, A. et al., 2025. Advanced Materials, e13858. doi:10.1002/adma.202513858.

3.- Zhang, X. et al., 2024. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 11, 1288393. doi:10.3389/fbioe.2023.1288393.



Desarrollo de un baguette a partir de masa madre y semillas de calabaza y lino con alto contenido protéico

Arturo Alexander González Almaraz^a, Renato Vázquez García^a, Leonel Hernández Ramírez^a, Martha Ávila Ontiveros^a, Mayra Pamela Soto Martínez^a, Manuel Juárez García^{a,*}

^a Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Norte (ITSZN), Río Grande, Zacatecas, México

*Autor de correspondencia: juareztec2018@hotmail.com

Resumen: En la industria de la panificación en los últimos años, la diversificación ha sido mínima y menos en productos que requieren una mayor fermentación o la sustitución del uso de levaduras comerciales. Por ello, este trabajo evaluó nutrimental y sensorialmente un pan tipo baguette a partir de masa madre y semillas de calabaza y lino. Donde se utilizaron dos muestras con diferentes proporciones (90:5:5 y 90:8:2) de masa madre de trigo, calabaza y lino, respectivamente. Posteriormente, se evaluaron sensorialmente a través de una prueba de aceptación con 30 jueces no expertos y la mejor se comparó con un producto comercial a través de una prueba t de Student; asimismo, se le realizó un análisis proximal a la muestra elegida. Donde la primera proporción obtuvo un 86.6% de preferencia en la degustación por el resto (13.4%) del producto comercial, presentándose diferencias significativas ($p < 0.05$). En el caso del contenido nutrimental, el pan presentó un alto contenido de proteína (15.9%) comparado con los 3.8% de la baguette de almidón de maíz, arroz y mandioca [1] de la empresa Celifrozen o del 9.9 a 11.5% de un baguette a partir de trigo y chícharo [2]. Por lo tanto, este pan puede proveer los nutrientes básicos en la alimentación y valor agregado en el norte del Estado de Zacatecas.

Palabras clave: Masa madre, calabaza, lino, semilla, proteína.

1.- Celifrozen. 2019. Pan tipo baguette precocido congelado.

2.- Calvo-Carrillo et al., 2020. Evaluación fisicoquímica y sensorial de un pan tipo baguette utilizando harinas de trigo (*Triticum* spp) y chícharo (*Pisum sativum* L.). Biotecnia, 22 (3): 116-124.



Bebida fermentada de tuna con *Lactobacillus plantarum*, alta en proteína, que contribuye a mejorar la salud digestiva

Karen Marlín Lozano Delgado^a, Alicia Hernández Mascorro^a, María de Jesús Magallanes Rivera^a, Manuel Juárez García^b, Martha Ávila Ontiveros^a, Mayra Pamela Soto Martínez^{a,*}

^a Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Norte (ITSZN), Río Grande, Zacatecas, México

*Autor de correspondencia: mayra.sm@zacatecasnte.tecnm.mx

Resumen: Las enfermedades gastrointestinales constituyen un problema relevante de salud mundial [1]. De acuerdo con la Secretaría de Salud, en México en el año 2022 se registraron aproximadamente 3.2 millones de casos de infecciones intestinales, siendo los adultos de entre 25 y 44 años el grupo más afectado [2]. El desequilibrio del microbiota intestinal está relacionado con diversas enfermedades gastrointestinales. Estas alteraciones pueden influir en el desarrollo de patologías autoinmunes y metabólicas, como la obesidad, la diabetes tipo 2, entre otras. La tuna es un alimento de gran valor nutritivo, pues aporta vitaminas, minerales y proteínas, también es rica en antioxidantes, fibra, minerales, hierro, vitaminas como B y C. Por su parte *Lactobacillus plantarum* es una de las especies más conocidas de *Lactobacillus*, se utiliza con frecuencia en la industria alimentaria como cultivo iniciador o probiótico, debido a los efectos beneficiosos para la salud incluida el síndrome del intestino irritable, la enfermedad inflamatoria intestinal, la enfermedad coronaria, ciertos síntomas intestinales, entre otros [3]. El objetivo fue elaborar una bebida funcional benéfica para la microbiota intestinal. Para elaborar la bebida se utilizó el proceso de elaboración de un yogurt, modificando la temperatura de pasteurización a 72°C para cuidar los nutrientes presentes en la tuna y se fermentó por un periodo de 5 horas, debido al tipo de microorganismo que tiene un tiempo de fermentación más largo que el yogurt, hasta que el pH fue de 5. Se obtuvo una bebida con un contenido de proteína de 7.12% y carbohidratos totales de 9.6%.

Palabras clave: *Funcional, probiótico, microbiota intestinal, enfermedades gastrointestinales.*

1.- Bao Le, Seung Hwan Yang, 2018. Efficacy of *Lactobacillus plantarum* in prevention of inflammatory bowel disease. Toxicology reports. Vol 5.

2.- Statista. 2022. Infecciones intestinales en México por grupo de edad.

3.- Li, J., Wang, L., Zhang, X., Zhang, Y., Wang, Z., & Li, W. 2023. Antioxidant and anti-inflammatory activities of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) peel extracts. Frontiers in Pharmacology, 14, 10088561.



Evaluación nutricional y sensorial de una bebida en polvo tipo malteada a base de betabel, suero de leche y avena

Zayra Vega Martínez^a, Yadelkis Chávez Femat^a, Marlene Rodríguez Moreno^a, Manuel Juárez García^a, Mayra Pamela Soto Martínez^a, Martha Ávila Ontiveros^{a,*}

^a Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Norte (ITSZN), Río Grande, Zacatecas, México

*Autor de correspondencia: mavilaontiveros@gmail.com

Resumen: El exceso del consumo de edulcorantes calóricos está estrechamente relacionado con enfermedades como sobrepeso y obesidad, que afectan al 75% de los adultos y al 35.6% de los niños en México [1]. Algunos estudios realizados relacionan directamente estos padecimientos al consumo frecuente de bebidas azucaradas como jugos industrializados, refrescos y leches saborizadas, siendo México uno de los países con mayor consumo de refrescos y aguas frescas [2]. La población general se ve afectada, pero el impacto es mayor en niños, jóvenes y adultos de zonas urbanas y rurales con fácil acceso a bebidas industrializadas. Además, este problema genera una carga económica para las familias y presión sobre el sistema de salud pública [3]. Por tal motivo se planteó el objetivo de desarrollar una bebida en polvo tipo malteada que disminuya el consumo de azúcares simples, para lograrlo se desarrollaron seis formulaciones con diferentes proporciones de proteína de suero de leche, betabel deshidratado, avena y goma, estas son: T1 (20,20,58,2), T2 (15, 25, 58, 2) y T3 (25, 15, 58, 2) respectivamente, cada formulación se hizo con goma xantana y goma guar. Posteriormente, se evaluaron sensorialmente a través de una prueba de aceptación con 30 jueces no entrenados donde se eligió la muestra T3 con goma xantana, a la muestra seleccionada se le realizó un análisis nutricional en donde se observó un alto contenido de carbohidratos totales (58.0%) y proteínas (17.8%). Por ello, se realizarán estudios de antioxidantes, fibra soluble e insoluble para confirmar el beneficio de la bebida y su aporte funcional.

Palabras clave: *Bebidas no alcohólicas, obesidad, sobrepeso, betabel.*

1.- INSP, 2023. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (Ensanut) 2020-2023 <https://bit.ly/Ensanut2023>

2.- Vartanian L, Schwartz M. Effects of Soft Drink Consumption on Nutrition and Health: A Systematic Review and Meta-Analysis. Am J Public Health. 2007;97(4):667-75.

3.- Bonvecchio A, Safdie M, Monterrubio A, Gust T, Villalpando S. Overweight and obesity trends in Mexican children 2 to 18 years of age from 1988 to 2006. Salud Publica Mex. 2009;51(4 suppl):586-94.

Producción de saborizantes frutales a partir de una ruta biocatalítica con lipasas de *Ricinus communis* L.

Karla Montserrat Martínez Nava^a, Hans Christian Correa Aguado^{a,*}

^aUnidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería campus Zacatecas del Instituto Politécnico Nacional (UPIIZ-IPN), Zacatecas, Zacatecas, México.

*Autor de correspondencia: hcorreaa@ipn.mx

Resumen: El uso de lipasas vegetales tiene un potencial creciente y sostenible para la obtención de compuestos de interés en la industria alimentaria. En particular, ésteres logran imitar o recrear aromas naturales responsables de notas frutales en alimentos y bebidas procesados. Por ejemplo, se destaca la producción de los ésteres de butirato y hexanoato de etilo, ya que tienen aromas asociados a piña y manzana, respectivamente. Las lipasas presentes en semillas de *Ricinus communis* L. (higuerilla) han demostrado alta especificidad y eficiencia en reacciones de esterificación y transesterificación bajo condiciones suaves. Por lo que constituyen una alternativa ecológica a los catalizadores químicos tradicionales, que suelen ser tóxicos, que emplean altas temperaturas y que generan subproductos indeseados. En este trabajo se evaluó la síntesis enzimática de 3 ésteres etílicos de relevancia industrial: acetato de etilo, butirato de etilo y lactato de etilo, mediante la catálisis mediada por un extracto en polvo de semilla de higuerilla. Los experimentos se realizaron en medios orgánicos (n-hexano) y con grado alimentario (aceite de soya comercial). Los resultados obtenidos provocaron una conversión significativa en tiempos de 24 a 72 h, con rendimientos de 40-60 %. Estos hallazgos confirman la viabilidad de *R. communis* L. como fuente de lipasas para la síntesis de saborizantes naturales. Esta metodología consolida una ruta biocatalítica que contribuye al desarrollo de procesos más limpios y económicamente viables en la industria alimentaria y biotecnológica.

Palabras clave: Transesterificación, esterificación, Higuerilla, saborizantes naturales.

1. Santos–K., *et al.*, 2013. Characterization of the catalytic properties of lipases from plant seeds for the production of concentrate fatty acids from different vegetable oils. *Industrial Crops and Products*. 49: 462 - 470.
2. Salaberría–F., *et al.*, 2017. Hydrolytic Activity of Castor Bean Powder: Effect of Gum Arabic, Lipase and Oil Concentrations. *AOCS*. 94:741–745.
3. Carrillo–G., *et al.*, 2025. Biocatalizadores mesoestructurados renovables: optimización en la producción sostenible de aromatizantes y saborizantes. *Ingenio Tecnológico*. 7: 1 -14.



Identificación de carbohidratos en plantas de *Agave durangensis* de 5 años mediante FTIR

Shaila Nayeli Pérez Salinas^{a*}, Yolanda Herrera Arrieta^a, Liliana Wallander Campeán^a,
Rene Torres Ricario^a, Marcela Verónica Gutiérrez Velázquez^a, Fernanda Yoana
Chávez Aguilar^a, Diana Laura Salazar Palacios^a, José Enrique Herbert Pucheta^a

^aCIIDIR Unidad Durango del Instituto Politécnico Nacional, Durango, Durango, México.

*Autor de correspondencia: snperez@ipn.mx

Resumen: El género *Agave* es originario de México, donde se reportan 272 de las 310 especies conocidas, de las cuales 135 son endémicas. En el estado de Durango, *Agave durangensis* se distribuye ampliamente y constituye un recurso de relevancia económica por su uso en la producción de mezcal [1], además de ser una fuente importante de fructanos, carbohidratos de reserva que poseen interés biotecnológico y nutracéutico [2,3]. Con el objetivo de identificar fructanos y otros carbohidratos presentes en *Agave durangensis* de cinco años, se empleó espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier (FTIR). El material vegetal se recolectó en el municipio de Nombre de Dios, Durango, mediante muestreo de corazones de plantas de cinco años, de los cuales se procesaron 200 g en una proporción 1:10 con agua. La extracción de carbohidratos se realizó utilizando el método de ultra sonicación, centrifugación y liofilización. El extracto obtenido fue analizado por FTIR. Los espectros revelaron bandas características de carbohidratos entre 900 y 1200 cm⁻¹, que corresponden a maltosa, glucosa, sacarosa (C–H. Estos resultados confirman la utilidad del FTIR como herramienta rápida y no destructiva para la identificación de carbohidratos en *Agave durangensis*, aportando información relevante para su caracterización bioquímica y su potencial aprovechamiento en la industria alimentaria y biotecnológica.

Palabras clave: Fructanos, agave cenizo, infrarrojo, mezcal, azúcar reductor.

1.- Almaraz-Abarca, *et al.*, 2009. Profiling of phenolic compounds of somatic and reproductive tissues of *Agave durangensis* Gentry (Agavaceae). American Journal of Applied Sciences, 6(6): 1076–1085.

2.-Aldrete-Herrera, *et al.*, 2019. Physicochemical composition and apparent degree of polymerization of fructans in five wild agave varieties: potential industrial use. Foods, 8(9): 7-11.

3.- Mellado-Mojica, *et al.*, 2009. Developmental variation in *Agave tequilana* Weber var. azul stem carbohydrates. Dyn. Biochem. Biotechnol. Mol. Biol. 3: 34–39.



Riesgo de contaminación biológica por presencia de *Salmonella* sp. en la cadena de producción del jitomate (*Solanum lycopersicum* L.)

Martin de Jesús Tamayo Cordero^{a,*}, Daniel Ruiz Juárez^b, Mónica Gutiérrez Rojas^b, Paola Karen Mejía Márquez^a

^aUnidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Zacatecas, Instituto Politécnico Nacional, Zacatecas, Mexico. ^bUniversidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, Departamento de Producción Agrícola y Animal, Ciudad de México.

*Autor de correspondencia: jt28888064@gmail.com

Resumen: El jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las hortalizas más cultivadas a nivel mundial [1]; sin embargo, su consumo puede implicar riesgos para la salud si se expone a fuentes de contaminación microbiológica durante la producción o el manejo postcosecha, particularmente por *Salmonella* sp. [2]. El objetivo de este estudio fue determinar la etapa fenológica del jitomate más susceptible a la presencia de esta bacteria, así como evaluar la posibilidad de contaminación cruzada durante el lavado, empaque y embalaje. Para ello se utilizaron semillas certificadas y frutos de invernadero, los cuales se inocularon con *Salmonella* sp. El análisis microbiológico se realizó por método destructivo de cada tejido, sembrando dichas muestras en agar *Salmonella-Shigella* e incubándolas a 37 °C durante 24h; para confirmación del patógeno se realizó tinción Gram. El muestreo del equipo postcosecha se analizó con la metodología microbiológica anterior. Las variables evaluadas fueron presencia (1) o ausencia (0) de *Salmonella* sp. Los resultados mostraron la presencia del patógeno en todos los tejidos analizados del jitomate (semilla, germinado, plántula, raíz, hoja y fruto). No se detectó contaminación cruzada en equipos o superficies postcosecha. En conclusión, *Salmonella* sp. puede persistir y translocarse desde la semilla hasta el fruto de jitomate, lo que constituye un riesgo crítico para la inocuidad alimentaria. Estos hallazgos destacan la necesidad de implementar medidas estrictas de higiene, protocolos de monitoreo microbiológico y prácticas de manejo seguro a lo largo de toda la cadena productiva para reducir la transmisión de patógenos a los consumidores.

Palabras clave: Inocuidad, plántula, riesgos de contaminación, semilla, translocación.

1. Secretaría del Campo. 2024. Cultivo de Jitomate. Fecha de consulta: 03/09/2024. <https://icamex.edomex.gob.mx/jitomate>.

2. Iturriaga, M., Tamplin, M., and Escartín, F. 2007. Colonization of Tomatoes by *Salmonella* Montevideo is affected by relative and storage temperature. *Journal of Food Protection* 70(1): 30-34.



Análisis de los compuestos bioactivos presentes en *Prunus Salicifolia* y evaluación de sus propiedades hipoglucemiantes sobre modelos murinos

Natalia Rodríguez Martínez¹, Alison Mariana Rivera García¹, Ana Isabel Ramos Vázquez², Karol Karla García Aguirre¹, Emmanuel Cabañas García^{1,*}

¹Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Zacatecas IPN. Zacatecas, Zac., México ²Instituto Tecnológico de Zacatecas. Zacatecas, Zac., México

*Autorporcorrespondencia: ecabanasg@ipn.mx

Resumen: *Prunus salicifolia* es una especie de interés alimenticio y medicinal en diferentes comunidades de México. Dicha especie se utiliza tradicionalmente para el tratamiento de la diabetes, dolor de cabeza, fiebre, etc. Sin embargo, estas propiedades no se han validado científicamente y se desconocen los compuestos que pudieran estar relacionados a su bioactividad. En el presente trabajo se identificaron compuestos bioactivos presentes *P. salicifolia* y se evaluaron los efectos hipoglucemiantes de la especie sobre modelos murinos. Para la cuantificación de compuestos, se utilizó cromatografía de líquidos de alta resolución y para los análisis biológicos se utilizaron ratones macho de la especie BALB-C. La inducción de hiperglucemia se realizó con *Alloxana* (200mg/kg) y posteriormente se valuó la capacidad hipoglucemiante de extractos a diferentes concentraciones (10, 100 y 1000 mg/kg). Se encontró que los extractos poseen propiedades hipoglucemiantes, ayudando a reducir en un 20% los índices de azúcar en sangre. Así mismo, se identificaron y cuantificaron compuestos fenólicos, entre los que destacan el flavonoide delphinidina y el ácido siríngico. Los resultados del presente trabajo demostraron las propiedades hipoglucemiantes de la especie y la enmarcan como una fuente potencial para la obtención de compuestos de interés terapéutico. La perspectiva de sustentabilidad, se plantea reducir la dependencia de fármacos sintéticos cuya fabricación impacta negativamente en el medio ambiente y en la social ayudar a la población agrícola y las personas de bajos recursos.

Palabras clave: *Propiedades bioactivas, metabolitos secundarios, plantas comestibles, antioxidantes, diabetes.*

1.- Capulín (*Prunus Salicifolia*). (s. f.). iNaturalist Mexico. <https://mexico.inaturalist.org/taxa/>

2.- FAOLEX. (s/f). Fao.org. Recuperado el 12 de marzo de 2025, de <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC017930/>

3.- MODELOS MURINOS DE ENFERMEDADES HUMANAS. (n.d.). <https://www.medicinabuenosaires.com/revistas/vol61-01/2/modelosmurinos.html>



Uso de taninos naturales en la curtición de piel de pescado

Daniela Fernanda Villarreal Goytia^a, Edith Rodríguez Reyes^a, Carolina Estefanía Chávez Murillo^a, Oscar Javier Ramos Herrera^{a,*}

^aInstituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería campus Zacatecas (UPIIZ), Zacatecas, Zac., México.

*Autorporcorrespondencia : oramos@ipn.mx

Resumen: Los taninos vegetales representan una alternativa ecológica al curtido con cromo, al tener capacidad para ligar proteínas del colágeno y conferir a las pieles estabilidad mecánica y resistencia microbiana. En este estudio se emplearon pieles de cazón y tilapia como materiales de curtido, aplicando como agentes curtientes extractos vegetales de té verde, jamaica, canela, buganvilia, cúrcuma, café, pirul, vino y orégano. Se extrajeron y cuantificaron los taninos (especialmente taninos condensados) mediante espectrofotometría (500 nm). Los resultados indicaron que el extracto de vino presentó la mayor concentración de taninos condensados (14,7 %). Las pieles curtidas con estos extractos se evaluaron en cuanto a propiedades físico-mecánicas: resistencia a la tracción, elongación, resistencia al desgarre y espesor. Se obtuvieron valores comparables entre los tratamientos con diferentes taninos vegetales, en algunos casos cercanos a los del curtido con cromo. Esto sugiere que los extractos vegetales evaluados, particularmente el de vino, podrían servir como curtientes viables para cueros de pescado, reduciendo el impacto ambiental. Las conclusiones apuntan a la viabilidad de estos taninos para el avance de procesos de curtido más sustentables, aportando un enfoque innovador al uso de residuos vegetales como materia prima.

Palabras clave: *Taninos condensados, cazón, tilapia, pieles curtidas.*

- 1.- Oña, N., & Novillo, F. (2017). Determinación de Taninos Condensados en Sorgo y su Desactivación Utilizando Urea. *Química Central*, 1(1), 9–18.
- 2.- Palencia, C., et al (2022). Evaluación del cuero obtenido a partir de piel de pescado de Cachama Negra (*Colossoma macropomum*) utilizando taninos extraídos del pseudotallo del plátano (*Musa paradisiaca*).
- 3.- Ramírez Núñez, Y. D. de los Ángeles. (2015). Obtención de cuero a partir de piel de Tilapia (*Oreochromis niloticus*), utilizando como curtiente extracto de quebracho. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-Managua. Repositorio Institucional UNAN-Managua.



CUALTIA

12° CICLO DE CONFERENCIAS Y 7° SIMPOSIUM AGROALIMENTARIO

"Donde la Tecnología, la Alimentación y la Cultura se encuentran" **2025**

Vehículos autónomos en la agricultura

Renata Elizabeth Soto Mejía^a, Gael Díaz Navarro^a, Carolina Estefanía Chávez Murillo^b, Carlos Alberto Jiménez Lee^{a,*}

^aInstituto Politécnico Nacional, CECyT 18 "Zacatecas", Zacatecas, Zac., México. ^bInstituto Politécnico Nacional, UPIIZ, Zacatecas, Zac., México.

*Autor por correspondencia: cjimenezl@ipn.mx

Resumen: Los vehículos autónomos (AVs) aplicados a la agricultura representan una de las líneas más dinámicas de la agricultura de precisión, al integrar inteligencia artificial, GPS/GNSS, LiDAR, visión por computadora, sensores multiespectrales y sistemas de control para ejecutar tareas tradicionalmente dependientes de mano de obra. Con base en una revisión de publicaciones científicas recientes de 2023 a 2025, se identificó que los tractores sin conductor, robots cosechadores y drones agrícolas han evolucionado desde sistemas de asistencia a la conducción hacia plataformas inteligentes capaces de percibir el entorno, planificar rutas, evitar obstáculos y tomar decisiones operativas en tiempo real. Los estudios revisados coinciden en que la navegación autónoma se sustenta en tres componentes principales: percepción ambiental, planeación de trayectorias y control de seguimiento. En campo abierto, la combinación de GPS/GNSS de alta precisión con visión artificial y LiDAR mejora la localización, la detección de hileras, la cobertura del terreno y la seguridad operativa. En cultivos con dosel, huertos o viñedos, la fusión de sensores resulta indispensable debido a la pérdida de señal satelital, sombras, oclusiones, polvo, variabilidad del terreno y presencia de obstáculos dinámicos. En drones, la integración de IA con imágenes RGB, térmicas, multiespectrales e hiperespectrales permite monitorear estrés hídrico, vigor vegetal, enfermedades, malezas, necesidades de fertilización y aplicaciones de precisión. En robots cosechadores, la visión artificial, el aprendizaje profundo y la coordinación ojo-mano favorecen la identificación, localización y manipulación de frutos, aunque persisten retos asociados con daño mecánico, baja velocidad de cosecha y variabilidad morfológica del cultivo. En conjunto, los AVs pueden reducir costos laborales, mejorar la eficiencia, optimizar insumos y apoyar una agricultura más sostenible. No obstante, su adopción masiva requiere reducir costos, mejorar la robustez en ambientes no estructurados, establecer regulaciones claras, fortalecer la conectividad rural y desarrollar sistemas confiables para pequeños y medianos productores del sector agrícola.

Palabras clave: Vehículos agrícolas autónomos; agricultura de precisión; inteligencia artificial; navegación LiDAR.

1.- Yao, Z., Zhao, C., & Zhang, T. (2024). Agricultural machinery automatic navigation technology. iScience, 27(2), 108714. doi:10.1016/j.isci.2023.108714. Este trabajo clasifica la navegación agrícola en GNSS, visión artificial y radar láser/LiDAR, además de revisar planeación de rutas y control.

2.- Wu, H., Wang, X., Chen, X., Zhang, Y., & Zhang, Y. (2025). Review on Key Technologies for Autonomous Navigation in Field Agricultural Machinery. Agriculture, 15(12), 1297. doi:10.3390/agriculture15121297.

3.- Wei, W., Xiao, M., Duan, W., Wang, H., Zhu, Y., Zhai, C., & Geng, G. (2024). Research Progress on Autonomous Operation Technology for Agricultural Equipment in Large Fields. Agriculture, 14(9), 1473. doi:10.3390/agriculture14091473.



Evaluación de la genotoxicidad del extracto etanólico de *Chrysothamnus* spp.

**Astrid Guadalupe Rodríguez Bañuelos^a, Darina Itzel Medina Torres^a, Karol Karla
García Aguirre^{a,*}**

^a Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus
Zacatecas, Zacatecas, México.

*Autor de correspondencia: kgarcia@ipn.mx

Resumen: Los extractos de especies vegetales son fuente de metabolitos de interés gracias a la gama de actividades biológicas que expresan y como parte de los estudios básicos para evaluar su potencial como fuente de biomoléculas con actividad terapéutica están los ensayos de citotoxicidad y genotoxicidad [1, 2]. En este caso se presenta la evaluación en un estudio tipo agudo en un modelo murino del extracto etanólico de la parte aérea de *Chrysothamnus* spp., perteneciente a la familia *Asteraceae*. El estudio se efectuó por la técnica de micronúcleos en sangre periférica de ratón. Los resultados mostraron una dosis letal media de 774mg/kg, lo que lo sitúa en extractos de toxicidad baja. En cuanto a la evaluación genotóxica se observó un incremento significativo en las células con micronúcleos 24 horas después de la administración del extracto, regresando a niveles basales después de 48 horas, lo que sugiere un moderado efecto genotóxico. Lo que da pauta a profundizar con un estudio fitoquímico y biológico extenso para explorar las propiedades quimioterapéuticas y antiinflamatorias atribuidas a las plantas de esta familia.

Palabras clave: *Productos naturales, actividad biológica, toxicidad.*

1.- Al-Naqeb, et al., 2024. Genotoxic and antigenotoxic medicinal plant extracts and their main phytochemicals: A review. *Frontiers in Pharmacology*. 15: 1448731. DOI: 10.3389/fphar.2024.1448731.

2.- Sowa, et al., 2020. Analysis of Cytotoxicity of Selected Asteraceae Plant Extracts in Real Time, Their Antioxidant Properties and Polyphenolic Profile. *Molecules*. 25(23): 5517. DOI: 10.3390/molecules25235517.



Aprovechamiento de insumos locales y secado solar en la alimentación avícola como vía hacia una avicultura sostenible en el norte de Jalisco

Arleth Yulieth Álvarez Leños^a, Édgar Oswaldo Zamora González^b, Irma Robles Rodríguez^c, Martha Fabiola Martín del Campo Solís^{d,*}

^a Maestría en Estudios Transdisciplinarios en Ciencia y Tecnología, Fundamentos del conocimiento, Universidad de Guadalajara, Colotlán, Jalisco, México. ^b Departamento de Bienestar y Desarrollo Sustentable, Universidad de Guadalajara, Colotlán, Jalisco, México. ^c Laboratorio de Agroecología y Zootecnia, Productividad y Desarrollo Tecnológico, Universidad de Guadalajara, Colotlán, Jalisco, México. ^d Laboratorio de Investigación en Biotecnología, Fundamentos del Conocimiento, Universidad de Guadalajara, Colotlán, Jalisco, México.

*Autor de correspondencia: mfmartindelcampo@academicos.udg.mx

Resumen: La avicultura representa una de las principales fuentes de proteína animal en México, con una alta demanda que impulsa la búsqueda de alternativas sostenibles. En regiones rurales, los altos costos de insumos comerciales limitan la productividad de pequeños productores. La presente investigación evalúa el potencial de producción de alimentos sostenibles para aves de corral, utilizando como materias primas insumos locales de la Región Norte de Jalisco, tales como: nopal, verdolaga, quelite, mezquite, guaje, calabaza y semillas de calabaza. Estos insumos fueron sometidos a un proceso de deshidratación por medio de un secador solar mixto, realizando cinéticas de pérdida de humedad y peso. Asimismo, se realizaron pruebas bromatológicas a cada una de ellas, determinando su contenido de proteínas, grasa, fibra, cenizas y azúcares. Todas las muestras alcanzaron un contenido de humedad igual o inferior a $14\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ valor adecuado para favorecer la conservación y estabilidad de los productos vegetales deshidratados. La pérdida de peso varió según la materia prima, siendo el quelite y la verdolaga los que presentaron la mayor reducción relativa, con pérdida del $84.8\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ y $86.9\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ respectivamente. El contenido proteico osciló entre $3.6\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ (nopal) y $22.3\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ (semilla de calabaza), destacando el guaje ($15.7\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$) y el quelite ($14.3\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$). La semilla de calabaza presentó el mayor contenido de grasa con $34\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$, fibra con $18.23\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ y el menor porcentaje de azúcares con $15.1\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$. En cenizas sobresalió el quelite con $26.1\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$. El uso del secado solar representa una tecnología accesible que garantiza la disponibilidad de estos recursos a lo largo del año, fortaleciendo la seguridad alimentaria de las comunidades rurales.

Palabras clave: Aves de corral, insumos locales, nutrición animal, secado solar.

1.- Martínez-Carrera, D., & Ramírez-Juárez, J. (2016). Ciencia, tecnología e innovación en el sistema agroalimentario de México. Editorial del Colegio de Postgraduados-AMC-CONACYT-UPAEP-IMINAP.

2.- Santana Zuñiga, N. A. (2024). Impacto en la comercialización de la producción de pollos Broilers y su relación con la economía ecuatoriana (Tesis de Licenciatura, BABAHOYO: UTB, 2024).



Estabilidad de *Lactobacillus rhamnosus* GG y *Lactobacillus acidophilus* La-14 en un helado funcional elaborado con cúrcuma, e inulina de agave

Judith Fernanda Pérez Vértiz^a, José Rodolfo Velázquez Martínez^{b,*}, Minerva Aurora Hernández Gallegos^a, Emmanuel Cabañas García^c, Angelica Alejandra Ochoa Flores^b

^a Universidad Juárez Autónoma de Tabasco/División académica Multidisciplinaria de Jalpa de Méndez, Villahermosa, Tabasco, México. ^b Universidad Juárez Autónoma de Tabasco/División de Ciencias Agropecuarias, Villahermosa, Tabasco, México. ^c Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería campus Zacatecas, Instituto Politécnico Nacional, Zacatecas, México.

*Autor de correspondencia: jose.velazquez@ujat.mx

Resumen: Los helados funcionales son una alternativa atractiva que combina sabor con ingredientes bioactivos sin comprometer características sensoriales [1]. El objetivo de este trabajo fue evaluar la estabilidad de *Lactobacillus rhamnosus* GG (LR) y *Lactobacillus acidophilus* La-14 (LA) en un helado a base de la leche fermentada con estos probióticos. El helado se preparó con 45 % pulpa de mango, 4 % pulpa de fresa, 0.8 % estevia, 0.05 % cúrcuma y 2 % inulina, y se les realizó análisis proximal y evaluación sensorial de aceptación (prueba hedónica de 9 puntos). Las muestras se almacenaron a -18 °C durante 3 meses y se realizaron conteos en placa (semanas 0, 1, 4, 8 y 12). Los valores proximales de los helados con LR y LA fueron: Ceniza ($0.56\% \pm 0.002$ y $0.53\% \pm 0.011$, respectivamente), humedad ($82.06\% \pm 0.03$ y $81.84\% \pm 0.06$, respectivamente), grasas ($1.22\% \pm 0.009$ y $1.43\% \pm 0.009$, respectivamente), carbohidratos ($14.32\% \pm 0.018$ y $14.38\% \pm 0.06$, respectivamente) y proteínas (1.81 ± 0.02 y $1.88 \pm 0.03\%$ respectivamente). La evaluación sensorial mostró aceptación entre me gusta y me gusta mucho (7.5), siendo el helado con LR mejor valorado. La supervivencia de LR y LA se mantuvo estable las primeras 4 semanas (10^7 UFC/g) y disminuyó hasta 10^6 UFC/g en la semana 12. Estos resultados sugieren que los helados funcionales son una propuesta innovadora para la administración de probióticos y prebióticos con aceptabilidad sensorial, manteniendo la cantidad de probióticos suficientes para ofrecer el beneficio a la salud de los consumidores.

Palabras clave: *Alimento funcional, probióticos, prebióticos, actividad antioxidante.*

1. Mohammadi Reza, *et al.*, 2011. Probiotic ice cream: Viability of probiotic bacteria and sensory properties. *Annals of Microbiology*, 61(3), 411-424.



Aprovechamiento biotecnológico del lactosuero bovino en el desarrollo de un suplemento funcional con probióticos y extracto antioxidante de jugo de granada

Luis Daniel Miramontes Castañeda^a, Zazil Yadel Escalante García^b, Adriana García Romero^c, Jorge Héctor Gómez Angulo^d, Martha Fabiola Martin del Campo Solís^{e,*}

^a Maestría en Estudios Transdisciplinarios en Ciencia y Tecnología, Fundamentos del Conocimiento, Universidad de Guadalajara, Colotlán, México. ^b Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México. ^c Centro de Emprendimiento e Innovación, Productividad y Desarrollo Tecnológico, Universidad de Guadalajara, Colotlán, México.

^d Profesor-Investigador, Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México. ^e Laboratorio de Investigación en Biotecnología, Fundamentos del Conocimiento, Universidad de Guadalajara, Colotlán, México.

*Autor de correspondencia: mfmartindelcampo@academicos.udg.mx

Resumen: El lactosuero bovino, es un subproducto lácteo con alto valor nutricional, cuyo desecho indiscriminado genera impactos ambientales. Contiene proteínas solubles bioactivas capaces de favorecer el equilibrio antioxidante y proporcionar efectos funcionales, los cuales pueden potenciarse mediante la incorporación de extractos fenólicos. Su aprovechamiento con procesos biotecnológicos permite transformarlo en productos funcionales con valor comercial y beneficios a la salud. El objetivo del estudio fue desarrollar un suplemento alimenticio funcional en polvo a base de lactosuero bovino, cultivos lácticos probióticos y extractos antioxidantes de jugo de granada liofilizados. Se recolectaron tres lotes de lactosuero en Colotlán, Jalisco, los cuales fueron pasteurizados, caracterizados microbiológicamente y fermentados con *Lactobacillus casei* a 37°C durante 30 horas, monitoreando crecimiento bacteriano, acidificación y consumo de azúcares. Posteriormente, las muestras se liofilizaron a -60°C por 24 horas y se caracterizaron bromatológicamente. Asimismo, se liofilizó jugo de granada proveniente de una huerta agroecológica de Fresnillo, Zacatecas, y se determinó su actividad antioxidante mediante DPPH y ABTS. El análisis microbiológico confirmó la inocuidad del lactosuero. La fermentación permitió un crecimiento de *L. casei* de 8.51×10^8 UFC·mL⁻¹, con viabilidad probiótica tras la liofilización de 4×10^8 UFC·g⁻¹. El polvo de lactosuero presentó 13.94g·100g⁻¹ de proteína, 7.57g·100g⁻¹ de grasa, 6.70g·100 g⁻¹ de cenizas y 49.3g·100g⁻¹ de azúcares, mientras que el extracto de granada mostró una actividad antioxidante de 10,276.32 µg EAG·g⁻¹ (DPPH) y 4,882.11 µg EAG·g⁻¹ (ABTS). La combinación de lactosuero fermentado y antioxidantes naturales representa una alternativa innovadora y efectiva para el desarrollo de suplementos alimenticios con potencial aplicación en la industria biotecnológica y alimentaria.

Palabras clave: Lactosuero, *lactobacillus casei*, suplemento funcional, antioxidantes.

1.- Vélez-Ruiz, J. F., & Hernández, T. (2024). Development, characterization, and stability of a functional beverage from whey. *MOJ Food Processing & Technology*, 12(2), 140–147. <https://doi.org/10.15406/mojfpt.2024.12.00310>



CUALTIA

12° CICLO DE CONFERENCIAS Y 7° SIMPOSIUM AGROALIMENTARIO

"Donde la Tecnología, la Alimentación y la Cultura se encuentran" **2025**

Nanopartículas de plata (AgNPs), su aplicación en envases de alimentos: Una revisión

Luis Ángel Castañeda Figueroa^{a,*}, Verónica Segovia Tagle^a, Karol Karla García Aguirre^a, Verónica Esparza Cordero^a

^aUnidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Zacatecas del Instituto Politécnico Nacional (UPIIZ-IPN), Zacatecas, México.

*Autor de correspondencia: lcastanedaf2001@alumno.ipn.mx

Resumen: El deterioro microbiológico de los alimentos representa uno de los principales desafíos de la industria alimentaria, al reducir su vida útil y comprometer la salud pública. En este contexto, la aplicación de nanopartículas metálicas, particularmente de plata (AgNPs), ha sido ampliamente estudiada como estrategia innovadora para desarrollar empaques activos e inteligentes con propiedades antimicrobianas. Las AgNPs pueden obtenerse mediante métodos físicos, químicos o biológicos, siendo estos últimos los más sostenibles al emplear bacterias, hongos o extractos vegetales como agentes reductores, sin generar residuos tóxicos. Su efectividad antimicrobiana se asocia a la interacción directa con la membrana celular y a la liberación de iones Ag^+ , lo que provoca alteraciones estructurales y la generación de especies reactivas de oxígeno que dañan proteínas y ácidos nucleicos. Diversos estudios reportan que AgNPs con tamaños menores a 30 nm y formas esféricas o triangulares logran inhibir el crecimiento de bacterias patógenas como *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* y *Salmonella* sp, alcanzando concentraciones mínimas inhibitorias en el rango de microgramos por mililitro. Además, la incorporación de AgNPs en películas poliméricas biodegradables ha mostrado reducciones superiores al 99 % en la carga microbiana de alimentos frescos y procesados, prolongando su conservación. Sin embargo, la posible migración de nanopartículas al alimento y sus efectos sobre la microbiota intestinal representan un reto para la inocuidad y requieren estudios toxicológicos y normativos específicos. En conclusión, el empleo de AgNPs en empaques alimentarios constituye una alternativa prometedora para incrementar la seguridad y sostenibilidad en la cadena alimentaria, aportando al avance científico y tecnológico en el sector agroalimentario [1-2].

Palabras clave: Envase alimenticio, nanopartículas de plata, antimicrobiana, degradación.

1.- Rao, M. M. V., Mohammad, N., Banerjee, S., & Khanna, P. K. (2024). Synthesis and food packaging application of silver nanoparticles: A review. *Hybrid Advances*, 6, 100230. <https://doi.org/10.1016/j.hybadv.2024.100230>.

2.- Simbine, E. O., Rodrigues, L. C., Lapa-Guimarães, J., Kamomura, E. S., Corasson, C. H., & Oliveira, C. A. F. (2019). Application of silver nanoparticles in food packages: A review. *Food Science and Technology*, 39(4), 793–802. <https://doi.org/10.1590/fst.36318>.



Producción de xilooligosacáridos a partir de nopal (*Opuntia ficus-indica* L.) por fermentación en estado sólido

Yunia Verónica García Tejeda^a, Víctor Barrera Figueroa^{b,*}

^a Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas (Departamento de Ciencias Básicas), Ciudad de México. ^b Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas (Sección de Estudios de Posgrado e Investigación), Ciudad de México.

*Autorporcorrespondencia: vbarreraf@ipn.mx

Resumen: Los xilooligosacáridos son compuestos de interés como ingredientes de valor añadido en alimentos, debido a sus efectos positivos en la salud gastrointestinal, la reducción del riesgo de cáncer de colon, la mejora en la absorción de minerales y sus beneficios en el manejo de la diabetes mellitus tipo 2 [1]. En este estudio, se utilizaron cladodios de nopal (*Opuntia ficus-indica* L.) como sustrato para la producción de una xilanasa de interés biotecnológico a partir de *Trametes polyzona* mediante fermentación en estado sólido. El objetivo de este trabajo fue estudiar la producción de xilanasa extracelular por una cepa localmente aislada de *Aspergillus* sp. bajo fermentación en estado sólido (FES) y evaluar el potencial de la enzima en la hidrólisis enzimática de cladodios de nopal (*Opuntia ficus-indica* L.). A partir de la extracción alcalina de los cladodios se obtuvo un rendimiento de xilano del 34.4%. Posteriormente, mediante hidrólisis enzimática del xilano con un cóctel de enzimas, se alcanzó una producción máxima de xilobiosa de 6.90 ± 0.02 mg/mL. Las condiciones óptimas de hidrólisis fueron pH 5.3, temperatura de 50 °C, tiempo de reacción de 72 h y una dosis enzimática de 25 U. Estos resultados demuestran el potencial de una tecnología sostenible y respetuosa con el medio ambiente para la obtención de xilooligosacáridos a partir de cladodios de nopal, con posibles aplicaciones en la industria alimentaria.

Palabras clave: Xilobiosa, fermentación, *Trametes polyzona*, cladodios de nopal.

1.- Vázquez MJ, et al., 2000. Xylooligosaccharides: Manufacture and applications. Trends in Food Science & Technology. 11(11):387-393.



CUALTIA

12° CICLO DE CONFERENCIAS Y 7° SIMPOSIUM AGROALIMENTARIO

"Donde la Tecnología, la Alimentación y la Cultura se encuentran" **2025**

La cúrcuma (*Curcuma longa* L.) como ingrediente funcional en la elaboración de galletas y churritos con harina de banano de desecho (*Musa acuminata* AAA Cavendish)

Valeria Aguilar Isidro^a, Minerva Aurora Hernández Gallegos^a, Emmanuel Cabañas García^b, Angelica Alejandra Ochoa Flores^b, Carlos Alberto Corzo Sosa^b, Juan Guzmán Ceferino^b, José Rodolfo Velázquez Martínez^{b,*}

^a Universidad Juárez Autónoma de Tabasco/División Académica Multidisciplinaria de Jalpa de Méndez, Villahermosa, Tabasco, México. ^b Universidad Juárez Autónoma de Tabasco/División de Ciencias Agropecuarias, Villahermosa, Tabasco, México. ^c Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería campus Zacatecas, Instituto Politécnico Nacional, Zacatecas, México.

*Autor de correspondencia: jose.velazquez@ujat.mx

Resumen: El propósito de esta investigación fue elaborar botanas (galletas y churritos) con banano de desecho (*Musa acuminata* AAA Cavendish) y evaluar el uso de la cúrcuma (*Curcuma longa* L.) como ingrediente funcional. Se obtuvieron las harinas de banano y cúrcuma, se elaboró galletas y con diferentes concentraciones de cúrcuma, se realizaron análisis bromatológicos, microbiológicos, fenoles totales y actividad antioxidante (DPPH y FRAP) y se compararon con alimentos comerciales (testigos). En los análisis bromatológicos, las galletas y churritos presentaron valores de humedad (4.2 a 2.4% y 6.16 a 6.43% respectivamente), cenizas (1.76 a 1.70% y 3.36 a 3.31% respectivamente), grasas (11.04% a 8.42% y 28.4 a 27.2% respectivamente) proteínas (2.4 a 2% y 2.5 a 2.3% respectivamente) y carbohidratos (83.5 a 82.4% y 60.98% respectivamente). En el aspecto microbiológico, ambos productos resultaron inocuos (sin crecimiento de mesófilos aerobios, bacterias coliformes, mohos ni levaduras), cumpliendo con los estándares sanitarios. Respecto a fenoles, se alcanzaron valores de 6.11–5.92 mg EAG/g en galletas y 6.10–5.54 mg EAG/g en churritos, superando a los productos testigo. Finalmente, la actividad antioxidante fue mayor en los churritos (DPPH: 156.21 mg ET/g; FRAP: 216.46 mg ET/g), mientras que las galletas mostraron valores menores, aunque significativamente mayores que los de los productos comerciales. En conclusión, las galletas y churritos elaborados son seguros, nutritivos y funcionales, con un perfil químico que respalda su potencial benéfico para la salud y su viabilidad como alternativa sustentable e innovadora en el aprovechamiento de materias primas locales.

Palabras clave: Cúrcuma, banano de desecho, bromatológicos, fitoquímicos, antioxidantes.

1.- Matute Castro, N. L. 2017. Diseño de una bebida potencialmente funcional de tomate (*Lycopersicum esculentum*) con tumeric (*Curcuma longa* Linn). Cumbres, 2(2), 49–55.

2.- Amini Khoozani, et al., 2019. Production, application and health effects of banana pulp and peel flour in the food industry. Journal of Food Science and Technology, 56(2), 548–559.



CUALTIA

12° CICLO DE CONFERENCIAS Y 7° SIMPOSIUM AGROALIMENTARIO

"Donde la Tecnología, la Alimentación y la Cultura se encuentran" **2025**

Síntesis y caracterización de nanopartículas de ZnO-Citrus limon para su aplicación en la industria alimentaria

Rosa H. Martínez Duarte^a, Fernanda S. Juárez Alvarado^a, Pablo E. Escamilla García^b, Luis M. González Rodríguez^c, Alain R. Picos Benítez^c, Blanca L. Martínez Vargas^{c,*}

^aCentro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 18, Instituto Politécnico Nacional, Zacatecas, México. ^b Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, ^c Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Zacatecas, Instituto Politécnico Nacional, Zacatecas, México.

*Autor de correspondencia: bmartinezv@ipn.mx

Resumen: Actualmente ciertas investigaciones están enfocadas en la síntesis verde con el objetivo de obtener nanomateriales con propiedades ópticas y antimicrobianas que puedan ser aplicados en la industria alimentaria como modificadores de superficies o bien como desinfectantes en frutas y verduras. En este sentido, se ha propuesto la síntesis verde de nanopartículas híbridas entre semiconductores y compuestos orgánicos provenientes de hojas de limón amarillo que existen en la zona norte del estado de Zacatecas. El *Citrus limon* es un árbol que crece en un tamaño mediano de 3-6 m y da limón amarillo perteneciente a la familia de las *Rutaceae* [1], de las hojas se aprovecha el extracto para sintetizar nanopartículas híbridas de ZnO-Citrus limon. El ZnO es un semiconductor de fácil obtención, amigable con el ambiente y ha presentado excelentes propiedades antimicrobianas [2]. Por tal razón, en este proyecto se presenta la síntesis verde en un solo paso [3] de nanopartículas híbridas de ZnO-Citrus limon empleando el extracto de hojas de árbol de limón, así mismo se presenta su caracterización mediante espectroscopía UV-Vis, DRX, HR-TEM y EDS, se realiza una comparación con el semiconductor individual donde las nanopartículas híbridas de ZnO-Citrus limon presentan altos porcentajes de compuestos con carbón, un band-gap de 3.43 eV, estructura cristalina tipo hexagonal y un tamaño de diámetro inferior a los 10 nm, dichas propiedades dan pauta para evaluar su actividad antimicrobiana.

Palabras clave: Nanopartículas híbridas, ZnO-Citrus Limon, síntesis verde, propiedades antimicrobianas.

1.- M. Sharma, H. Sondhi, R. Krishna, S.K. Srivastava, P. Rajput, S. Nigam, M. Joshi, Assessment of GO/ZnO nanocomposite for solar-assisted photocatalytic degradation of industrial dye and textile effluent, Environ. Sci. Pollut. Res. 27 (2020) 32076–32087. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08849-3>.

2.- M. Chennimalai, V. Vijayalakshmi, T.S. Senthil, N. Sivakumar, One-step green synthesis of ZnO nanoparticles using Opuntia humifera fruit extract and their antibacterial activities, Mater. Today Proc. 47 (2021) 1842–1846. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.03.409>.

3.- B.L. Martínez-Vargas, M. Cruz-Ramírez, J.A. Díaz-Real, J.L. Rodríguez-López, F.J. Bacame-Valenzuela, R. Ortega-Borges, Y. Reyes-Vidal, L. Ortiz-Frade, Synthesis and characterization of n-ZnO/p-MnO nanocomposites for the photocatalytic degradation of anthracene, J. Photochem. Photobiol. A Chem. 369 (2019) 85–96. <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2018.10.010>.



Uso de *Acheta domestica* para el desarrollo de complementos alimenticios altos en proteína

Daniela del Sagrario Calderón Rodríguez^{a,*}, Melissa García Núñez^b, Lucía Rincón Pereyra^a, María Esperanza Gallegos Rangel^c, Emmanuel Cabañas García^a

^aInstituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Zacatecas, Zac., México. ^bUniversidad Autónoma de Durango Campus Zacatecas, Zac., México. ^cInstituto Politécnico Nacional, Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 18 "Zacatecas", Zac. México.

*Autor de correspondencia: danycalro07@gmail.com

Resumen: Las proteínas son macromoléculas esenciales en la dieta humana, sus principales fuentes son tanto vegetales como animales. En la actualidad, la demanda de recursos alimenticios por la población es elevada y se ha demostrado que es la industria más contaminante del planeta, con un 12% de toneladas de CO₂ anuales. Por otro lado, la entomofagia es el consumo de insectos como los grillos, que suele realizarse de manera común en algunas regiones de México y es una práctica sostenible con beneficios para el planeta y la salud humana. Con relación a la entomofagia y la alta demanda alimenticia, se conoce que, el grillo *Acheta domestica* presenta una alta capacidad de reproducción (200 huevos por hembra al día), contiene alto porcentaje en masa de proteínas, además de hierro, calcio, vitamina B₁₂, ácidos grasos omega 3 y quitina, que mejora el microbiota intestinal. Estos insectos son una alternativa rentable por su rápida reproducción y bajo costo de crianza. En el presente proyecto se llevó a cabo la formulación de dieta, crianza de los grillos, sacrificio, y posterior análisis proteico por el método de Biuret. Se encontró que el alimento con un balance de nutrientes de 20% proteína, 5% grasa, 8% fibra dietética y 10% de humedad presentó un tamaño de partícula de 0,5 a 1 mm, y los grillos consumieron más del 95% del alimento en 24 horas, demostrando buena aceptación. Con los resultados este proyecto busca continuar optimizando la alimentación del grillo y con ello el contenido de proteínas para su uso en alimentos.

Palabras clave: Grillos, nutrición, sustentabilidad, dieta.

1. Gyventzly, G., et al. (2022). Plan de negocio para la producción, procesamiento y comercialización de proteína a base de grillo (*Acheta domestica*) para consumo humano. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. [En línea]. Consultado el 05 de noviembre de 2024 en: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/1106ad9c-356e-4c4a-819dda12081d533d/content>

2. Eufic.org, et al. (s.f.). ¿Qué son las proteínas y cuál es su función en el cuerpo? [Internet]. Consultado el 06 de noviembre de 2024 en: <https://www.eufic.org/es/que-contienen-los-alimentos/articulo/que-son-las-proteinas-y-cual-es-su-funcion-en-el-cuerpo>

3. Alvarado, R., et al. (2023). Uso de *Acheta domestica* para la elaboración de harina de grillo para su uso en la preparación de productos con alto contenido proteico como alternativa para la reducción del consumo de carne proveniente de la industria ganadera. Instituto Politécnico Nacional. Zacatecas, México.



Desarrollo de un desinfectante de alimentos con extracto de *Larreatridentata*

Eliseo Gaspar Vargas^a, María Fernanda Martínez Medina^a, Gabriel Tadeo Márquez Trejo^b, Emmanuel Cabañas García^a, María Esperanza Gallegos Rangel^{c,*}

^aInstituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Zacatecas, Zac., México. ^bUniversidad Autónoma de Zacatecas, Zac., México. ^cInstituto Politécnico Nacional, Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 18 "Zacatecas", Zac. México.

*Autor de correspondencia: mgallegosr@ipn.mx

Resumen: Las frutas y verduras frescas son propensas a la contaminación natural por microorganismos los cuales representan un riesgo importante para la salud. Aunque actualmente existen desinfectantes comerciales basados en cloro, yodo o plata coloidal, su uso constante genera preocupación debido a los efectos residuales de estos compuestos. Como alternativa, la *Larrea tridentata* (gobernadora), un arbusto abundante en las zonas desérticas del norte de México, del cual se ha documentado un amplio espectro como agente antiséptico natural. Con el objetivo de desarrollar y evaluar una fórmula desinfectante para alimentos a partir de extractos de esta planta, se evaluó la efectividad de estos extractos inoculando muestras de tomate y lechuga en medios de cultivo y comparando el crecimiento bacteriano de los tejidos tratados con el extracto frente a muestras control sin tratamiento. Los ensayos microbiológicos mostraron una efectividad de la fórmula al 0.35%. En las muestras de lechuga (identificadas como 2DL), se observó una disminución significativa en el crecimiento y la carga microbiana en el agar nutritivo en comparación con los cultivos del grupo control. Sin embargo, bajo esta misma concentración, las muestras de tomate no presentaron la inhibición esperada. De esta manera verificando la bioactividad del extracto de *Larrea tridentata* como desinfectante natural, logrando reducir la presencia microbiana de forma efectiva en la lechuga. Aunque el efecto inhibitorio varió en el tomate, los resultados validan el potencial de esta planta como alternativa frente a los desinfectantes químicos tradicionales. Como perspectiva, se plantea evaluar nuevas y mayores concentraciones de la fórmula para estandarizar su espectro de acción en diferentes alimentos.

Palabras clave: *Larrea tridentata*, desinfectante natural, inocuidad alimentaria, extractos vegetales, actividad antimicrobiana.

1.- Morales-Ubaldo, A. L., Rivero-Pérez, N., Ávila-Ramos, F., Aquino-Torres, E., Prieto-Méndez, J., Hetta, H. F., Batiha, G. E., & Zaragoza-Bastida, A. (2021). Bactericidal activity of *Larrea tridentata* hydroalcoholic extract against phytopathogenic bacteria. *Agronomy*, 11(5), 957. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050957>

2.- Rivera-Escareño, D., Cadena-Iñiguez, J., García-Flores, D. A., Loera-Alvarado, G., Aguilar-Galaviz, L., & Ortega-Amaro, M. A. (2025). Microbicidal activity of extract *Larrea tridentata* (Sessé and Moc. ex DC.) Coville on *Pseudomonas syringae* Van Hall and *Botrytis cinerea* Pers. *Microorganisms*, 13(5), 1055. <https://doi.org/10.3390/microorganisms13051055>

3.- Turner, T., Ruiz, G., Gerstel, J., & Langland, J. (2021). Characterization of the antibacterial activity from ethanolic extracts of the botanical, *Larrea tridentata*. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 21, 177. <https://doi.org/10.1186/s12906-021-03344-9>



CUALTIA

12° CICLO DE CONFERENCIAS Y 7° SIMPOSIUM AGROALIMENTARIO

"Donde la Tecnología, la Alimentación y la Cultura se encuentran" **2025**

Valorización de residuos refractarios plomíferos mediante la recuperación pirometalúrgica de plata

Victor Hugo Gutiérrez Pérez^{a,*}, Seydy Lizbeth Olvera Vázquez^a, Ernesto Emmanuel Vázquez Sánchez^a, Daniel Israel Alaníz Hernández^a, Mario Cesar Ordoñez Gutiérrez^a, Luis Antonio Rodríguez Vázquez^a, Juan Pablo Honorato López^a, Diana Patricia Chavira Rodríguez^a

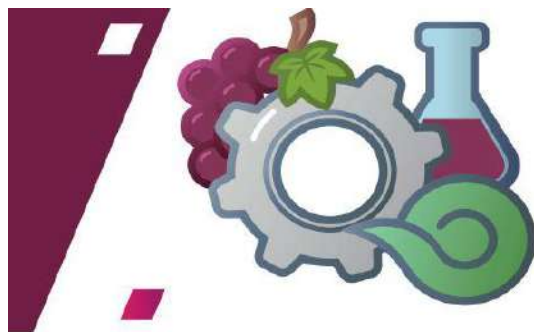
^aInstituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Zacatecas, Zac., Zacatecas, México.

*Autor de correspondencia: vhgutierrez@ipn.mx

Resumen: La gestión de los materiales refractarios que la industria de refinación de plomo desecha es un reto ambiental pero también abre una vía para recuperar metales de valor, principalmente la plata. Esta investigación presenta un estudio sobre la viabilidad y optimización de la recuperación pirometalúrgica de plata a partir de residuos industriales. La investigación se enfoca en la utilización de plomo metálico como un colector eficaz de plata. Los resultados mostraron una relación entre la temperatura del proceso y la eficiencia en la recuperación de plata, alcanzando mejores resultados a 1100 °C. Se validó que la aplicación de agitación durante la fusión es un factor crucial para mejorar la transferencia de masa, lo que generó un incremento en la recuperación de plata. Además, la implementación de una doble agitación aumentó la recuperación de plata en ≈38%. En la evaluación de la influencia de la cantidad de plomo metálico, las pruebas que emplearon una mayor proporción de plomo en relación con el material refractario (1:2) mostraron un incremento del 37% en la recuperación de plata, alcanzando recuperaciones entre el 88.72% y el 99.85% bajo las condiciones óptimas de temperatura (1100 °C) y agitación (doble). También analizó el uso de otros aditivos como el bórax y el sinter de plomo, confirmando el uso efectivo del plomo metálico como colector de plata dentro del proceso pirometalúrgico. Esta investigación pone de manifiesto la viabilidad técnica de la recuperación pirometalúrgica de plata a partir de materiales refractarios procedentes de la industria del plomo. Los resultados resaltan la importancia de optimizar la temperatura, aplicar una agitación efectiva y utilizar estratégicamente el plomo como colector para maximizar la eficiencia en la extracción. Este estudio representa un avance hacia soluciones más sostenibles y económicamente viables para tratar estos residuos industriales, permitiendo recuperar un metal valioso como la plata.

Palabras clave: Plata, refractario, reciclado de plata, plomo.

1.- Sánchez-Vite, J. E., Cruz-Ramírez, A., Flores-Favela, M. E., Romero-Serrano, J. A., Pérez-Labra, M., Gutiérrez-Pérez, V. H., Sánchez-Alvarado, R. G., & Jiménez-Lugos, J. C. (2024). Waste minimization of lead paste and jarosite to recover a silver-rich alloy by the pyrometallurgical route. *Recycling*, 9(6), 119. <https://doi.org/10.3390/recycling9060119>



CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y BIOACTIVA DE MIEL Y PROPÓLEO DE DOS ESPECIES DE ABEJAS: *SCAPTOTRIGONA MEXICANA* Y *APIS MELLIFERA*

Ana Karen Mejía Islas^a, Rubén Jiménez Alvarado^a, Erik Gerardo Rojo Gómez^b, Iridiam Hernández Soto^a, Lucio González Montiel^c, Antonio de Jesús Cenobio Galindo^{a,*}

^a Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Agropecuarias, Tulancingo de Bravo, 43600.

^b Universidad Autónoma del estado de Hidalgo, Unidad Central de Laboratorios, Mineral de la Reforma, 42184.

^c Universidad de la cañada, Instituto de Tecnología de los Alimentos, Teotitlán de Flores Magón, 68540.

*Autor de correspondencia: antonio_cenobio@uaeh.edu.mx

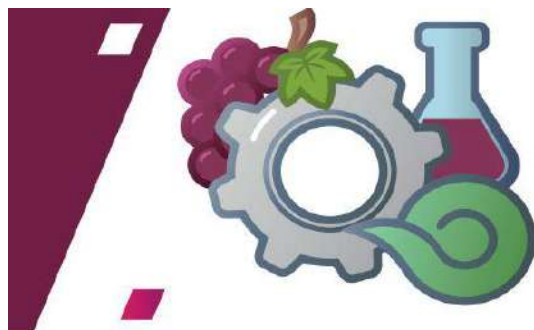
Palabras clave: Compuestos bioactivos, meliponas, actividad antioxidante, fenoles, acidez.

Resumen: La miel y el propóleo son productos altamente valorados en México y el mundo, debido a su uso tradicional con fines medicinales y ceremoniales. En este estudio, se analizaron dos muestras de miel y dos muestras de propóleo de dos diferentes especies de abeja provenientes del estado de Puebla, México; una con aguijón, *Apis mellifera*, y una sin aguijón, *Scaptotrigona mexicana*, con el objetivo de determinar su composición físicoquímica (humedad, acidez libre, pH, viscosidad, °Brix y color) y cuantificar compuestos bioactivos y de capacidad antioxidante, mediante métodos colorimétricos (método de Folin-Ciocalteu e inhibición del radical ABTS y DPPH). Se identificaron diferencias estadísticamente significativas en el perfil físicoquímico de ambas mieles, siendo la miel de *S. mexicana* la que contenía mayor porcentaje de humedad y acidez libre, de igual manera el perfil bioactivo de esta especie fue favorable, teniendo una mayor cantidad de fenoles (82.28 ± 0.58 mg EAG/100 g) y flavonoides (5.21 ± 0.17 mg EQ/100g). Por otro lado, el Extracto Etanólico de Propóleo (EEP) de *A. mellifera*, mostró tener una mayor concentración de flavonoides (115.32 ± 3.56 mg EQ/100 g), mientras que el EEP de *S. mexicana* se caracterizó por un contenido más elevado de fenoles totales (1092.27 ± 7.24 mg EAG/100 g). Los hallazgos evidencian que la especie de abeja influye significativamente en las características de sus productos apícolas, y de los dos productos analizados el propóleo exhibió la mayor concentración de compuestos bioactivos.

Introducción.

La producción de productos apícolas como la miel y el propóleo lo realizan principalmente las abejas melíferas europeas seguidas de las abejas sin aguijón [1]. La miel es un edulcorante natural de composición compleja, constituida principalmente por azúcares simples y agua, además de contener en menor proporción proteínas, ácidos orgánicos, enzimas, minerales, aminoácidos, vitaminas y compuestos fenólicos [2, 3]. El propóleo es una sustancia resinosa producida por las abejas a partir de exudados vegetales, liberaciones salivares y cera, compuesta por resinas, ceras, aceites esenciales, polen y compuestos fenólicos [4, 5, 6]. La cantidad de compuestos fenólicos presentes en productos apícolas (miel y propóleo) está directamente

asociada a la fuente floral visitada por las abejas [7]. Los polifenoles son metabolitos secundarios sintetizados por las plantas para protegerse y se han asociado a actividades antioxidantes y antimicrobianas [8]. De igual manera, diversos estudios han demostrado que las características físicoquímicas y el contenido fenólico de la miel y el propóleo; dependen en gran parte de los géneros y las especies de abejas que los producen [9, 8]. Actualmente, las normas nacionales e internacionales establecen un único estándar de calidad para todos los tipos de mieles, el cual no es cumplido por las producidas por abejas sin aguijón, lo que hace que la meliponicultura sea una actividad poco valorada y reconocida [10, 11]. Por tal motivo, el objetivo de este trabajo es caracterizar, mediante



pruebas fisicoquímicas, de compuestos bioactivos y antioxidantes la miel y propóleo proveniente de dos especies diferentes de abeja y de esta manera evaluar las diferencias entre ellas y sustentar la necesidad de que no sean evaluadas bajo los mismos criterios normativos.

Materiales y Métodos.

La miel y el propóleo de ambas especies de abeja fueron recolectados en el estado de Puebla, México, durante mayo de 2024. En el Cuadro 1 se indican las coordenadas del municipio de donde se obtuvo cada muestra.

Cuadro 1. Origen geográfico de las muestras de miel y propóleo de *Apis mellifera* y *Scaptotrigona mexicana*.

Especie	Municipio	Coordenadas
<i>Apis mellifera</i>	Pahuatlán	Latitud: 20.321872
		Longitud: -98.084977
<i>Scaptotrigona mexicana</i>	Hueytamalco	Latitud: 19.940100
		Longitud: -97.289600

Extracción Etanólica de Propóleo (EEP).

La extracción etanólica de las dos muestras de propóleo se realizó siguiendo la metodología propuesta por Pérez-Vergara *et al.* [12] con ligeras modificaciones. Se colocaron 40 g de propóleo previamente pulverizado en 100 mL de etanol al 70%, la mezcla obtenida se agitó constantemente durante 1 h a 50 °C a 100 rpm. Posteriormente, se dejó enfriar a temperatura ambiente durante 24 h y en condiciones de oscuridad. La solución se filtró con papel filtro Whatman No.1 y se centrifugó en una centrifugadora (HERMLE, Alemania) durante 5 min a 10,000 rpm. El sobrenadante se almacenó en condiciones de oscuridad a 4 °C para su uso posterior.

Determinación de parámetros fisicoquímicos.

El color tanto de mieles como de propóleo pulverizado se determinó con un colorímetro CR-

400/410 (Konica Minolta, Japón), dicho equipo nos arrojó valores de L (negro-blanco), a* (verde-rojo) y b* (azul-amarillo). Se realizaron 12 mediciones de cada muestra.

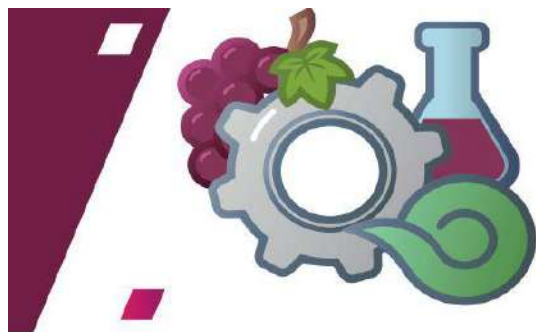
La viscosidad se determinó utilizando un viscosímetro vibracional de onda sinusoidal SV-100 (A&D Company, Colombia), siguiendo la metodología descrita en el manual del equipo. Para cada medición, se colocaron 40 mL de miel (36 °C) en el recipiente del equipo y se procedió a leer. Se realizaron 12 lecturas de cada muestra. Los resultados se expresaron en mPas.

El pH fue medido conforme a lo establecido en el método 962.19 [13]. Se preparó una solución en donde se disolvieron 10 g de miel en 75 mL de agua destilada. Las alícuotas se midieron con un potenciómetro (HANNA, EE. UU.) previamente calibrado. De cada muestra se obtuvieron 10 réplicas. La determinación de acidez en miel se llevó a cabo siguiendo la metodología descrita en la NOM-004-SAG/GAN [14]. Se pesaron 5 gramos de miel homogénea y se disolvió en 75 mL de agua destilada. Se tomaron alícuotas de 10 mL y se les agregó 0.3 mL de fenolftaleína (1%) como indicador, se procedió a titular con NaOH 0.1 N. Se realizaron tres réplicas de cada muestra. El resultado se expresó como % de ácido glucónico.

Los sólidos solubles totales de la miel se midieron con el método establecido por Zaldívar-Ortega *et al.* [3] con un refractómetro digital (ATAGO, Japón), se calibró con agua destilada y se realizaron 10 lecturas para cada muestra. Los resultados se reportaron como °Brix.

La determinación de humedad se realizó conforme a lo establecido por la AOAC 925.10 [15], en donde se pesaron 5 g de muestra que posteriormente se sometieron a calor en horno de secado (CRAFT, México) durante 12 h. Las pruebas se realizaron por triplicado. Los resultados se expresaron en g/100 g de muestra.

La cuantificación de grasa se realizó mediante el método Goldfish conforme a lo establecido en la norma AOAC 920.39 [16]. Las pruebas se realizaron por triplicado y se expresaron en g/100 g de muestra.



La proteína se cuantificó mediante el método de Kjeldahl conforme a lo establecido por la norma AOAC 955.04 [15], basado en la conversión del nitrógeno orgánico presente en la muestra a $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ sulfato de amonio. El experimento implica la digestión de la muestra con H_2SO_4 y un catalizador para convertir el nitrógeno en $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, para que posteriormente éste se libere con una base fuerte y se destile en una solución de H_3BO_3 . Para la digestión, se colocaron 5 g de una mezcla digestora (K_2SO_4 y $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), 1 g de la muestra y 15 mL de H_2SO_4 . La solución se colocó en el digestor Kjeldahl durante 3 h. La solución obtenida se tituló con HCL. El porcentaje de nitrógeno cuantificado se transformó a contenido proteico mediante la multiplicación por el factor de conversión (6.25). Los resultados se expresaron en g/100 g de muestra.

El método empleado para la determinación de la fibra total fue el 991.43 [15]. La muestra desengrasada se trató con soluciones en ebullición de H_2SO_4 e KOH. Se separó el residuo por filtración, se lavó, se secó y se calcino a 500 °C. La prueba se realizó por triplicado y los resultados se expresaron en g/100 g de muestra.

El contenido de cenizas se determinó por lo establecido en el método de la AOAC 923.03 [15]. Se colocaron 5 g de muestra seca en un crisol previamente calcinado, el crisol se llevó a una mufla (Felisa, México) a 550 °C por 12 h. Los resultados se expresaron en g/100 g de muestra y se realizó por triplicado.

La determinación de ELN (constituido principalmente por carbohidratos digeribles) se realizó con la siguiente ecuación:

$$\text{ELN} = 100 - (\text{humedad} + \text{proteína} + \text{grasa} + \text{fibra} + \text{ceniza})$$

Determinación de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante.

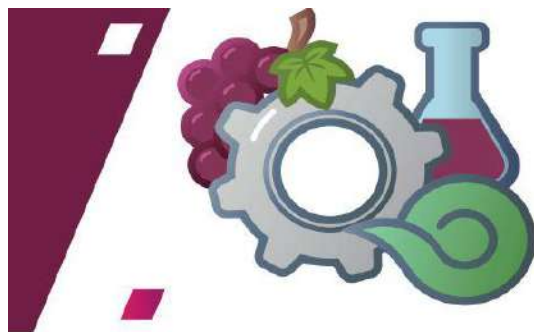
El contenido fenólico total se determinó utilizando el método colorimétrico de Folin-Ciocalteu, previamente descrito por Hernández-Fuentes *et al.* [17], con algunas modificaciones. 0.5 mL de extracto se mezclaron con 2.5 mL de reactivo de Folin-

Ciocalteu al 0.1 N, se dejó reposar durante 5 min y se añadieron 2 mL de Na_2CO_3 al 7.5 % (p/v). La mezcla se conservó durante 2 h en condiciones de oscuridad. La lectura de las muestras se llevó a cabo en un espectrofotómetro UV/VIS (Jenway 6715, Reino Unido) a una longitud de onda de 760 nm. Todas las muestras se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron en mg EAG/100 g de muestra.

La cuantificación de flavonoides se detectó siguiendo la metodología descrita por Zaldívar-Ortega *et al.* [3], con algunas modificaciones. Se preparó una solución de AlCl_3 al 2 % (p/v), de la cual se tomaron 2 mL y se mezclaron con 2 mL de muestra. La mezcla se dejó reposar durante 10 min en condiciones de oscuridad antes de proceder a su lectura a 415 nm. Los resultados se expresaron como mg EQ/100 g de muestra; la prueba se realizó por triplicado a cada muestra.

La actividad antioxidante se determinó mediante la decoloración del radical DPPH, siguiendo la metodología de Cenobio-Galindo *et al.* [18], con ligeras modificaciones. Se preparó la solución de DPPH 0.2 mM, la mezcla se agitó durante 2 horas en condiciones de oscuridad. Transcurrido el tiempo se procedió a estabilizar el radical a una concentración conocida. Se mezclaron 2.5 mL del radical DPPH estable y 0.5 mL de la muestra, se dejó reaccionar durante 30 min en condiciones de oscuridad y se procedió a leer en un espectrofotómetro UV/VIS (Jenway 6715, Reino Unido) a una longitud de onda de 515 nm. La actividad antioxidante del radical DPPH se reportó como mg EAA/100 g de muestra. Los ensayos se realizaron por triplicado.

La disminución de la absorbancia del radical catión ABTS se midió según lo descrito por Zaldívar-Ortega *et al.* [3], con algunas modificaciones. Se prepararon 10 mL de una solución a 7 mM ABTS, la cual se hizo reaccionar con 10 mL de $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 2.45 mM. La mezcla se agitó durante 16 horas en condiciones de oscuridad y temperatura ambiente. Posteriormente, se procedió a estabilizar el radical ABTS a una concentración conocida. Se mezclaron 3 mL del radical ABTS estable y 100 μL del extracto, se dejó reaccionar durante 2 horas en completa



oscuridad y a temperatura ambiente. Las lecturas se realizaron en un espectrofotómetro UV/VIS (Jenway 6715, Reino Unido) a una longitud de onda de 734 nm. Los resultados se expresaron en mg EAA/100 g de muestra. Los ensayos se realizaron por triplicado.

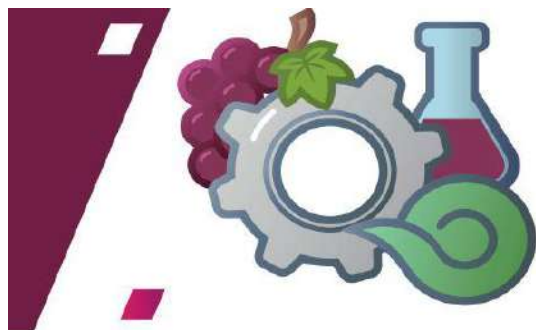
Resultados, discusiones, implicaciones técnicas y científicas del trabajo.

Los resultados obtenidos en la determinación de los parámetros fisicoquímicos de las mieles de *A. mellifera* y *S. mexicana* mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$), las cuales se resumen en el Cuadro 2. Estas variaciones nos indica la influencia de factores biológicos propios de cada especie, así como de condiciones ambientales; en la composición y características fisicoquímicas de las mieles.

El contenido de humedad mostró diferencias marcadas entre especies: la miel de *A. mellifera* registró un valor de 15.74 ± 0.05 g/100 g muestra, menor al valor presentado en la miel de *S. mexicana*, lo cual se correlaciona con su menor contenido de sólidos solubles. En un metaanálisis realizado por Zaldivar-Ortega *et al.* [9], reportaron que la humedad en mieles producidas por abejas sin aguijón es mayor en comparación con la de las mieles obtenidas de *A. mellifera*, además de la especie, los autores mencionan que esta diferencia podría deberse a la fuente floral visitada, condiciones climáticas y zona geográfica. La humedad es un parámetro fisicoquímico crucial en la miel, ya que influye directamente en propiedades como la viscosidad, el grado de madurez, la vida útil y el proceso de cristalización [3]. Rozman *et al.* [1], mencionan que la humedad es atribuible al origen botánico del néctar, así como al clima de la zona, sin embargo, también podría deberse a su manejo dentro del panal. Es importante destacar que el porcentaje de humedad presente en la miel afecta directamente en su acidez libre, dado que, a una mayor concentración de ésta, se observa un incremento en el nivel de acidez libre y, en consecuencia, una disminución del pH, lo cual ocurre por una fermentación de los azúcares y la producción de ácidos orgánicos.

La acidez libre (% de ácido glucónico) presente en la miel de *S. mexicana* fue mayor con respecto a la de la miel de *A. mellifera*. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Zaldivar-Ortega *et al.* [9], quienes en un metaanálisis comparativo entre mieles producidas por abejas con y sin aguijón, encontraron que la acidez libre fue significativamente mayor en las mieles de abejas sin aguijón en comparación con las de *A. mellifera* (abejas con aguijón). Esto se debe a que las abejas sin aguijón procesan su miel con una fermentación adicional, siendo el alto contenido de humedad el determinante para que el microbiota del panal aumente la acidez libre y permitan la conservación del material en el nido [19, 11]. La fermentación de la miel se produce principalmente por la acción de levaduras osmotolerantes sobre azúcares reductores (fructosa y glucosa), siendo *Saccharomyces spp.*, una levadura presente naturalmente en mieles, aunque también se han descrito otros géneros [20]. Es importante medir la acidez libre ya que constituye un indicador relevante en la evaluación de calidad de la miel, además contribuye en su perfil organoléptico, potencia su actividad antioxidante y proporciona una defensa natural frente a microorganismos [21, 3]. El ácido glucónico es el principal responsable de la acidez de la miel, producto de la acción de la enzima glucosa oxidasa presente en la miel sobre la glucosa [22].

El valor de pH obtenido en la miel de *S. mexicana* fue más bajo en comparación con el de la miel de *A. mellifera*. En el análisis de mieles, el pH constituye un parámetro de referencia para estimar la acidez del producto, éste depende de los ácidos ionizados, elementos minerales y su origen botánico (néctar) [22, 21, 3]. En un estudio realizado por Jimenez *et al.* [23] a mieles de *S. mexicana* en diferentes años de cosecha determinó que el pH variaba de 3.5 a 3.96, nuestro resultado fue de 3.42, relativamente más bajo a los que obtuvieron, sin embargo, esto se puede deber a la fuente floral visitada por la abeja. Como previamente se mencionaba, la miel de abejas sin aguijón se transforma con una fermentación adicional, lo que ocasiona un aumento de acidez libre y un pH más bajo (ácido), aunque de igual manera



Rozman *et al.* [1] indican que este parámetro puede cambiar por las condiciones de almacenamiento.

En lo que respecta a la viscosidad (mPas), la miel de *A. mellifera*, mostró un valor significativamente mayor que el de la miel de *S. mexicana*. La viscosidad se ve influenciada por la concentración de azúcares reductores (glucosa y fructosa), además de que coincide con el alto contenido de agua presente en la miel [23]. La miel de *A. mellifera* tiene una mayor concentración de sólidos solubles y en consecuencia un menor contenido de humedad lo que ocasiona una baja fluidez y un valor de viscosidad mayor.

Respecto al contenido proteico, la miel de *A. mellifera* presentó valores más elevados que los obtenidos en la miel de *S. mexicana*. Las principales proteínas presentes en la miel son enzimas y pueden tener su origen en la abeja, el néctar o el polen [3]. La concentración de cenizas presentes en la miel de *A. mellifera* fue ligeramente mayor con respecto a las presentes en la miel de *S. mexicana*. Las cenizas representan la concentración mineral total en la miel,

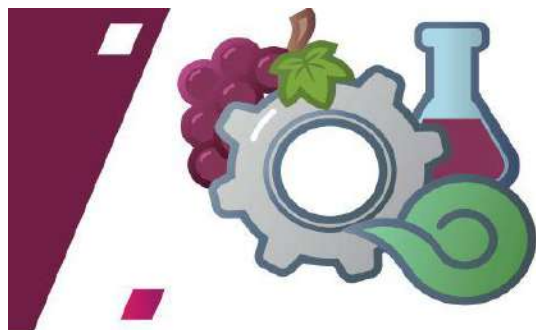
y depende primordialmente de la composición del néctar obtenido de la flora presente en la zona [1].

En relación con el color, la miel de *S. mexicana* presentó una mayor luminosidad en comparación con la miel de *A. mellifera*, además los valores de a^* y b^* fueron más altos, indicando una tonalidad menos amarilla y rojiza. El color de la miel esta influenciado principalmente por su contenido de pigmentos, minerales, compuestos fenólicos y la fuente floral de donde se obtuvo el néctar [3]. Jiménez *et al.* [23], menciona que un valor de L menor o igual a 50 es una miel oscura y a su vez Zaldívar-Ortega *et al.* [3] enfatiza que entre más oscura sea la miel tiene un mayor contenido mineral. Esto es comprobable, ya que a pesar de que ambas mieles se clasifican como oscuras, la miel de *A. mellifera* tuvo un valor de L más cercano al 0 (negros) y su concentración mineral fue mayor.

Cuadro 2. Parámetros fisicoquímicos de la miel de *Apis mellifera* y *Scaptotrigona mexicana*.

Propiedad	Miel de <i>A. mellifera</i>	Miel de <i>S. mexicana</i>
pH	4.05 ± 0.02 ^a	3.42 ± 0.02 ^b
Acidez libre (% de ácido glucónico)	0.52 ± 0.12 ^a	0.85 ± 0.07 ^b
° Brix	82.37 ± 0.68 ^a	71.61 ± 0.36 ^b
Viscosidad (mPas)	65.00 ± 0.17 ^a	26.27 ± 0.12 ^b
Humedad (g/ 100 g)	15.74 ± 0.51 ^b	28.76 ± 1.01 ^a
Proteína (g/ 100 g)	1.03 ± 0.00 ^a	0.68 ± 0.00 ^b
Cenizas (g/ 100 g)	1.70 ± 0.55 ^a	0.37 ± 0.04 ^b
ELN (g /100 g)	81.53 ± 0.78 ^a	70.19 ± 0.97 ^b
Color		
L	26.89 ± 0.08 ^b	31.74 ± 0.06 ^a
a^*	0.79 ± 0.05 ^b	3.45 ± 0.05 ^a
B^*	7.14 ± 0.04 ^b	18.80 ± 0.09 ^a
Hue	7.18 ± 0.04 ^b	19.11 ± 0.09 ^a
Croma	83.90 ± 0.27 ^a	79.61 ± 0.13 ^b

Los valores se presentan como la media ± desviación estándar, letras diferentes dentro de la misma fila indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).
ELN=Extracto libre de Nitrógeno.



El Cuadro 3 indica los resultados de los parámetros fisicoquímicos de los propóleos provenientes de *A. mellifera* y *S. mexicana*, todos los valores obtenidos tienen una diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0.05$) a excepción del contenido de cenizas.

El contenido de humedad presente en el propóleo de *A. mellifera* presentó un valor significativamente mayor respecto al de *S. mexicana*. Este comportamiento podría atribuirse a la diferencia en la composición de las resinas recolectadas por la abeja, así como a su producción de cera. La amplia variación del contenido de humedad en propóleos se le relaciona con las condiciones climáticas de la estación de cosecha, por las técnicas de apicultura y el acondicionamiento del almacenamiento [24].

El contenido de proteínas fue superior en el propóleo de *S. mexicana* comparado con el presente en el de *A. mellifera*, esto podría deberse a las secreciones

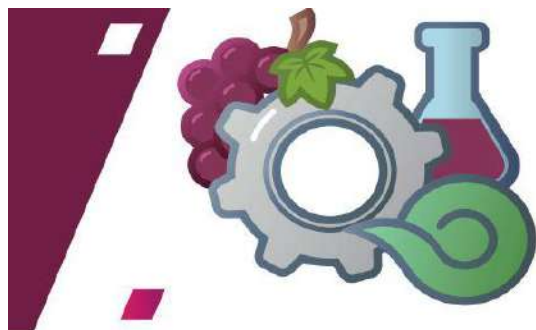
enzimáticas incorporadas por parte de la especie de abeja durante la recolección y procesamiento del material. En cuanto al contenido lipídico, el propóleo de *A. mellifera* presentó un valor superior con respecto al de *S. mexicana*. Este parámetro podría estar asociado a la cantidad de ceras presentes. Shanahan & Spivak [25], indican que el propóleo producido por las abejas sin aguijón, en su gran mayoría es hecho con la mezcla de resinas mezcladas con secreciones salivares de la abeja y una pequeña cantidad de cera comparada con la utilizada por las abejas como *A. mellifera*, lo cual justifica la mayor cantidad en el propóleo de *A. mellifera*.

En relación con el Extracto libre de Nitrógeno (ELN) y la fibra total, el propóleo de *S. mexicana* presentó valores superiores en comparación con los obtenidos en *A. mellifera*.

Cuadro 3. Parámetros fisicoquímicos de la miel de *Apis mellifera* y *Scaptotrigona mexicana*.

Propiedad	Propóleo de <i>A. Mellifera</i>	Propóleo de <i>S. mexicana</i>
Humedad (g/ 100 g)	5.71 ± 0.12^a	2.14 ± 0.06^b
Proteína (g/ 100 g)	3.54 ± 0.20^b	6.79 ± 0.11^a
Cenizas (g/ 100 g)	3.92 ± 0.04^a	4.54 ± 0.42^a
lípidos (g/ 100 g)	28.84 ± 0.60^a	26.09 ± 0.65^b
ELN (g /100 g)	54.76 ± 0.50^b	55.88 ± 0.08^a
Fibra total (g/ 100 g)	3.23 ± 0.06^b	4.57 ± 0.22^a
Color		
L	27.76 ± 0.13^a	17.98 ± 0.13^b
a*	4.94 ± 0.04^a	3.41 ± 0.05^b
b*	17.21 ± 0.09^a	10.20 ± 0.07^b
Hue	17.96 ± 0.09^a	10.80 ± 0.03^b
Croma	73.99 ± 0.10^a	71.50 ± 0.26^b

Los valores se presentan como la media $\pm$ desviación estándar, letras diferentes dentro de la misma fila indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$). ELN=Extracto libre de Nitrógeno.



Bankova *et al.* [26] realizaron un estudio con una amplia variedad de propóleos, en el cual propusieron límites máximos para parámetros fisicoquímicos con el fin de establecer estándares de calidad, de acuerdo con sus resultados, el contenido de cenizas no debería superar el 8%, mientras que el porcentaje de humedad debería mantenerse por debajo del 5%. Tomando como referencia ambos valores, nuestros resultados entran en lo establecido por este autor.

Los valores obtenidos en las propiedades de color para ambos propóleos mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$), siendo el propóleo de *A. mellifera* el que muestra los valores más altos en comparación con los de *S. mexicana*. Esto quiere decir que el propóleo de *A. mellifera* presenta un color amarillo-rojo, con tonalidad oscura y coloración intensa. Los valores obtenidos para el propóleo de *S. mexicana* indican un color aún más oscuro, y tonalidades amarillas-rojizas, pero menos marcadas y una intensidad de color alta pero menos que la presentada por el de *A. mellifera*.

El Cuadro 4 resume los resultados obtenidos en las propiedades antioxidantes de la miel proveniente de

Apis mellifera y *Scaptotrigona mexicana*, estos resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$). En el contenido de fenoles totales, la miel de *S. mexicana* presentó una mayor concentración con respecto a los presentes en la miel de *A. mellifera*. De igual manera la cantidad de flavonoides presentes en la miel de *S. mexicana* fue estadísticamente mayor que en la miel de *A. mellifera*. Esto indica que las mieles de abejas sin aguijón como la de *S. mexicana*, poseen una mayor concentración de compuestos bioactivos, los cuales están estrechamente relacionados con la capacidad antioxidante y las propiedades biológicas benéficas que pudiera tener. Esto se puede deber a la manera en que las abejas sin aguijón almacenan su miel. En lugar de utilizar panales rígidos, estas abejas optan por una estructura flexible en forma de recipientes hechos de cerumen, compuesto por resinas, cera y secreciones salivares propias de las abejas, que al estar en contacto directo con la miel les impregna compuestos bioactivos presentes en este [27, 19].

Cuadro 4. Contenido fenólico, flavonoides y capacidad antioxidante en miel de *Apis mellifera* y *Scaptotrigona mexicana*.

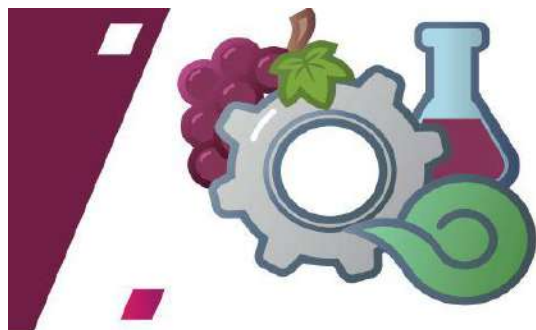
Propiedades antioxidantes	Miel de <i>A. mellifera</i>	Miel de <i>S. mexicana</i>
Flavonoides (mg EQ/100 g)	4.657 ± 0.193^b	5.211 ± 0.174^a
Fenoles (mg EAG/100 g)	51.300 ± 3.553^b	82.277 ± 0.582^a
Radical ABTS (mg EAA/100 g)	58.994 ± 0.927^a	33.278 ± 2.966^b
Radical DPPH (mg EAA/100 g)	10.263 ± 0.526^a	9.814 ± 0.613^a

Los valores se presentan como la media $\pm$ desviación estándar ($n=3$), letras diferentes dentro de la misma fila indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$). EQ=Equivalentes de Quercetina. EAG=Equivalentes de Ácido Gálico. EAA=Equivalentes de Ácido Ascórbico.

En la capacidad antioxidante medida mediante el radical ABTS, se observó que la miel de *A. mellifera* presentó un valor significativamente superior al obtenido en la miel de *S. mexicana*, lo cual se puede deber a la naturaleza estructural de los compuestos fenólicos presentes. Por otro lado, la capacidad antioxidante evaluada mediante el radical DPPH no mostró diferencias estadísticamente significativas entre las mieles provenientes de ambas especies ($p \leq 0.05$). Esto indica que ambas mieles poseen una capacidad similar para donar electrones al radical

DPPH, atribuyendo que la presencia de compuestos antioxidantes en las mieles es común en ambas especies, aunque Sousa *et al.* [28], mencionan que la capacidad antioxidante también puede deberse a otros compuestos presentes en la miel como son péptidos, ácidos orgánicos, enzimas y minerales.

Cabe resaltar que la meliponicultura es una actividad poco valorada y reconocida debido a la falta de información y la ausencia de una legislación que regule la producción y comercialización del producto, por tal hecho el producto suele venderse de



manera informal (sin certificados de calidad y autenticidad) siendo objeto de fraude [10]. Muchas normas alimentarias internacionales y nacionales utilizan el mismo estándar de calidad para todos los tipos de miel, pero estas con frecuencia no se cumplen por la miel producida por abejas sin aguijón [11].

Los resultados obtenidos en las propiedades antioxidantes del propóleo producido por *A. mellifera* y *S. mexicana* enlistados en el Cuadro 5, evidencian diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$). En particular, el contenido

de fenoles totales fue mayor en el propóleo de *S. mexicana* en comparación con el de *A. mellifera*, todo lo contrario, al contenido de Flavonoides, en donde el contenido fue estadísticamente mayor en el propóleo de *A. mellifera*. Estos resultados indican que, si bien la concentración total de fenoles es mayor en una muestra, no necesariamente la cantidad de flavonoides presente tendría que ser mayor en la misma. La composición cualitativa de dichos compuestos podría diferir entre especies por las diferentes resinas recolectadas y la diversidad vegetal disponible en su entorno.

Cuadro 5. Contenido fenólico, flavonoides y capacidad antioxidante en EEP de *Apis mellifera* y *Scaptotrigona mexicana*.

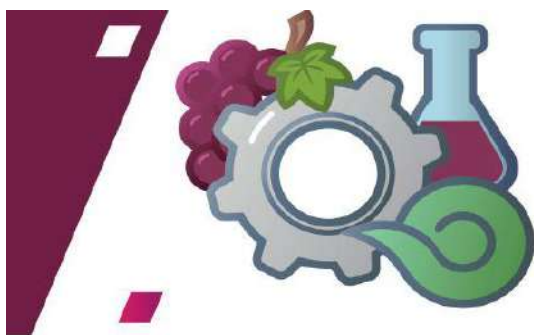
Propiedades antioxidantes	Propóleo de <i>A. mellifera</i>	Propóleo de <i>S. mexicana</i>
Flavonoides (mg EQ/100 g)	115.318 $\pm$ 3.565 ^a	48.945 $\pm$ 2.190 ^b
Fenoles (mg EAG/100 g)	997.573 $\pm$ 10.274 ^b	1092.267 $\pm$ 7.236 ^a
Radical ABTS (mg EAA/100 g)	1795.208 $\pm$ 5.353 ^a	1643.479 $\pm$ 8.267 ^b
Radical DPPH (mg EAA/100 g)	216.811 $\pm$ 1.113 ^a	18.146 $\pm$ 0.234 ^b

Los valores se presentan como la media $\pm$ desviación estándar ($n=3$), letras diferentes dentro de la misma fila indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$). EQ=Equivalentes de Quercetina. EAG=Equivalentes de Ácido Gálico. EAA=Equivalentes de Ácido Ascórbico.

La composición del propóleo esta influenciada por factores como son la altitud, la iluminación, las variaciones estacionales, la vegetación presente y las especies de abejas [4]. En un estudio realizado por Laaroussi *et al.* [24] a propóleos obtenidos de diferentes zonas de marruecos, obtuvieron valores de fenoles totales que variaban de los 599 a los 11781 mg EAG por cada 100 g de muestra y flavonoides que iban de los 403 a 11,245 mg EQ por cada 100 g de muestra. Enfatizando en la cantidad de flavonoides con respecto a los fenoles totales, ambos valores son muy similares y esto se puede deber a que la mayor cantidad de polifenoles pertenezca a los flavonoides, esto se explica ya que Marruecos es una zona en la cual la altitud va de los 800 a los 4,167 m.s.n.m. Los polifenoles presentes en las plantas influyen directamente en su concentración en la miel, dado que se encuentran en el néctar que recolectan las abejas, se ha observado que los flavonoides

tienden a encontrarse en mayor concentración en mieles producidas en zonas con altitud elevada (superiores a 1700 m.s.n.m), debido a que las plantas son sometidas a condiciones de mayor radiación y estrés ambiental [29, 3].

Surek *et al.* [8], analizaron propóleos de diferentes especies de abejas, así como de diferentes zonas, utilizando la técnica UPLC-ESI-MS/MS; identificaron diferentes clases químicas de ácidos cinámicos prenilados, ácidos fenólicos, flavonoides, ácidos grasos, polifenoles y lípidos fenólicos, lo cual se lo atribuyeron a las resinas de la fuente vegetal. No obstante, destacaron particularmente dos muestras de propóleo provenientes del mismo meliponario pero de diferente especie de abeja, observando composiciones químicas distintas, por lo cual concluyeron que la especie de abeja constituye un factor determinante en la composición de los productos apícolas.



CUALTIA

12° CICLO DE CONFERENCIAS Y 7° SIMPOSIUM AGROALIMENTARIO

"Donde la Tecnología, la Alimentación y la Cultura se encuentran" **2025**

En cuanto a la capacidad antioxidante medida mediante la inhibición de los radicales ABTS y DPPH, se observó una mayor actividad antioxidante en el propóleo de *A. mellifera* para ambos radicales. Los compuestos fenólicos actúan como antioxidantes naturales, su método de acción varía; puede ser por la eliminación de radicales libre, la donación de hidrógeno, la quelación de iones metálicos, la neutralización de especies reactivas de oxígeno o bien como sustrato para radicales superóxido e hidroxilo [2, 30]. Cabe resaltar que el poder antioxidante también puede ser por otros componentes como los carotenoides y las vitaminas E y C [3]. Lo cual explica que a pesar de que el propóleo de *S. mexicana* tiene mayor cantidad de fenoles totales el propóleo de *A. mellifera* tiene mayor capacidad antioxidante.

Conclusiones.

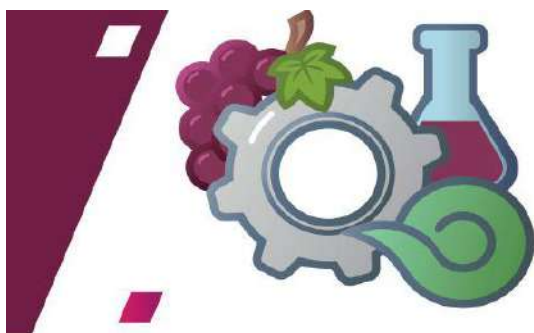
La miel de *Scaptotrigona mexicana* posee un porcentaje de humedad significativamente mayor al de *Apis mellifera*, impactando de manera directa en la concentración de otros compuestos como son: cenizas, proteínas y carbohidratos, además de proporcionar las condiciones favorables para que se lleve a cabo una fermentación; ocasionando cambios en otras características como el pH y la acidez total. Los resultados obtenidos indican que las mieles procedentes de diferentes especies de abejas no pueden ser evaluadas bajo las mismas normativas de calidad, ya que presentan características físico-químicas muy diferentes. Asimismo, el propóleo demostró tener una alta capacidad antioxidante; sin embargo, la ausencia de normativas oficiales de calidad incrementa el riesgo de adulteración y limita su adecuada comercialización. Por tal motivo, se resalta la necesidad de establecer criterios normativos que permitan garantizar la calidad, autenticidad e inocuidad de cada uno de estos productos y así promover su valorización en el mercado.

Agradecimientos.

El presente trabajo fue apoyado por el Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo y financiado por la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación.

Referencias.

1. Rozman AS, Hashim N, Maringgal B, Abdan K. A Comprehensive Review of Stingless Bee Products: Phytochemical Composition and Beneficial Properties of Honey, Propolis, and Pollen. *Applied Sciences*. 2022;12(13).
2. Al-Kafaween MA, Alwahsh M, Mohd Hilmi AB, Abulebdah DH. Physicochemical Characteristics and Bioactive Compounds of Different Types of Honey and Their Biological and Therapeutic Properties: A Comprehensive Review. *Antibiotics*. 2023;12(2).
3. Zaldivar-Ortega AK, Morfin N, Angeles-Hernandez JC, González-Montiel L, Vicente-Flores M, Aguirre-Álvarez G, et al. Functional Characterization of *Scaptotrigona mexicana* Honey: Physicochemical Properties, Antioxidant Capacity, and α -Amylase Inhibition for Food Process Applications. *Processes*. 2025;13(9).
4. Almuhayawi MS. Propolis as a novel antibacterial agent. *Saudi J Biol Sci*. 2020;27(11):3079–86.
5. Bouchelaghem S. Propolis characterization and antimicrobial activities against *Staphylococcus aureus* and *Candida albicans*: A review. *Saudi J Biol Sci*. 2022;29(4):1936–46.
6. Salleh SNAS, Hanapiah NAM, Johari WLW, Ahmad H, Osman NH. Analysis of bioactive compounds and chemical composition of Malaysian stingless bee propolis water extracts. *Saudi J Biol Sci*. 2021;28(12):6705–10.
7. Kivima E, Tanilas K, Martverk K, Rosenvall S, Timberg L, Laos K. The Composition, Physicochemical Properties, Antioxidant Activity, and Sensory Properties of Estonian Honeys. *Foods*. 2021;10(3).
8. Surek M, Fachi MM, de Fátima Cobre A, de Oliveira FF, Pontarolo R, Crisma AR, et al. Chemical composition, cytotoxicity, and antibacterial activity of propolis from Africanized honeybees and three different Meliponini species. *J Ethnopharmacol*. 2021; 269:113662.
9. Zaldivar-Ortega AK, Cenobio-Galindo A de J, Morfin N, Aguirre-Álvarez G, Campos-Montiel RG, Esturau-Escofet N, et al. The Physicochemical Parameters, Phenolic Content, and Antioxidant Activity of Honey from Stingless Bees and *Apis mellifera*: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Antioxidants*. 2024;13(12).
10. Braghini F, Biluca FC, Schulz M, Gonzaga L V, Costa ACO, Fett R. Stingless bee honey: a precious but unregulated product - reality and expectations. *Food Reviews International*. 2022;38:683–712.



CUALTIA

12° CICLO DE CONFERENCIAS Y 7° SIMPOSIUM AGROALIMENTARIO

"Donde la Tecnología, la Alimentación y la Cultura se encuentran" **2025**

11. Zawawi N, Zhang J, Hungerford NL, Yates HSA, Webber DC, Farrell M, et al. Unique physicochemical properties and rare reducing sugar trehalulose mandate new international regulation for stingless bee honey. *Food Chem.* 2022;373:131566.
12. Pérez-Vergara LD, Cifuentes MT, Franco AP, Pérez-Cervera CE, Andrade-Pizarro RD. Development and characterization of edible films based on native cassava starch, beeswax, and propolis. *NFS Journal.* 2020;21:39–49.
13. Association of Official Analytical Chemists (AOAC). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. In official Method of Analysis, 18th ed.; AOAC International: Gaithersburg, MD, USA, 2005.
14. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). NOM-004-SAG/GAN-2018: Producción de miel y especificaciones. México: Diario de la Federación; 2018.
15. Association of Official Analytical Chemists (AOAC). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. In official Method of Analysis, 17th ed; AOAC International: Nielsen, Nueva York, USA, 2000.
16. Association of Official Analytical Chemists (AOAC). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. In official Method of Analysis, 21st ed; AOAC International: Rockville, MD, USA, 2019.
17. Hernández-Fuentes AD, Chávez-Borges D, Cenobio-Galindo A de J, Zepeda-Velázquez AP, Figueira AC, Jiménez-Alvarado R, et al. Characterization of total phenol and flavonoid contents, colour, functional properties from honey samples with different floral origins. *International Journal of Food Studies.* 2021;10(2):346–58.
18. Cenobio-Galindo A de J, Ocampo-López J, Reyes-Munguía A, Carrillo-Inungaray ML, Cawood M, Medina-Pérez G, et al. Influence of Bioactive Compounds Incorporated in a Nanoemulsion as Coating on Avocado Fruits (*Persea americana*) during Postharvest Storage: Antioxidant Activity, Physicochemical Changes and Structural Evaluation. *Antioxidants.* 2019;8(10).
19. Vit P, Chuttong B, Ramírez-Arriaga E, Enríquez E, Wang Z, Cervancia C, et al. Stingless bee honey: Nutraceutical properties and urgent call for proposed global standards. *Trends Food Sci Technol.* 2025;157:104844.
20. Chirife J, Zamora MC, Motto A. The correlation between water activity and % moisture in honey: Fundamental aspects and application to Argentine honeys. *J Food Eng.* 2006;72(3):287–92.
21. Seraglio SKT, Silva B, Bergamo G, Brugnerotto P, Gonzaga LV, Fett R, et al. An overview of physicochemical characteristics and health-promoting properties of honeydew honey. *Food Research International.* 2019;119:44–66.
22. Cavia MM, Fernández-Muiño MA, Alonso-Torre SR, Huidobro JF, Sancho MT. Evolution of acidity of honeys from continental climates: Influence of induced granulation. *Food Chem.* 2007;100(4):1728–33.
23. Jimenez M, Beristain CI, Azuara E, Mendoza MR, Pascual LA. Physicochemical and antioxidant properties of honey from *Scaptotrigona mexicana* bee. *J Apic Res.* 2016;55(2):151–60.
24. Laaroussi H, Ferreira-Santos P, Genisheva Z, Bakour M, Ousaaïd D, Teixeira JA, et al. Unraveling the chemical composition, antioxidant, α -amylase and α -glucosidase inhibition of Moroccan propolis. *Food Biosci.* 2021;42:101160.
25. Shanahan M, Spivak M. Resin Use by Stingless Bees: A Review. *Insects.* 2021;12(8):719.
26. Bankova V, Bertelli D, Borba R, Conti BJ, da Silva Cunha IB, Danert C, et al. Standard methods for Apis mellifera propolis research. *J Apic Res.* 2019;58(2):1–49.
27. Ávila S, Hornung PS, Teixeira GL, Malunga LN, Apea-Bah FB, Beux MR, et al. Bioactive compounds and biological properties of Brazilian stingless bee honey have a strong relationship with the pollen floral origin. *Food Research International.* 2019;123:1–10.
28. Sousa JM, de Souza EL, Marques G, Meireles B, de Magalhães Cordeiro ÂT, Gullón B, et al. Polyphenolic profile and antioxidant and antibacterial activities of monofloral honeys produced by Meliponini in the Brazilian semiarid region. *Food Research International.* 2016;84:61–8.
29. Qi N, Zhao W, Xue C, Zhang L, Hu H, Jin Y, et al. Phenolic Acid and Flavonoid Content Analysis with Antioxidant Activity Assessment in Chinese *C. pi. Shen* Honey. *Molecules.* 2025;30(2).
30. Martinello M, Mutinelli F. Antioxidant Activity in Bee Products: A Review. *Antioxidants.* 2021;10(1):7



CUALTIA

12° CICLO DE CONFERENCIAS Y 7° SIMPOSIUM AGROALIMENTARIO

"Donde la Tecnología, la Alimentación y la Cultura se encuentran" **2025**

CUANTIFICACIÓN DE ANTOCIANINAS DE ESPECIES SILVESTRES DE FRIJOL (*PHASEOLUS*) DE DURANGO, MÉXICO

Liliana Wallander Compéan^{a,*}, Rene Torres Ricario^a, Shaila Nayeli Pérez Salinas^a,
Marcela Verónica Gutiérrez Velázquez^a, Fernanda Yoana Chávez Aguilar^a, Vicente
Hernández Vargas^a, Diana Laura Salazar Palacios^a, José Antonio Ávila Reyes^a, José
Manuel Molina Amaya^a.

^aInstituto Politécnico Nacional CIIDIR Unidad Durango, Av. Sigma 119, Fraccionamiento
20 de noviembre II, C.P. 34220. Durango, Durango, México.

*Autor de correspondencia: llwallander@ipn.mx

Palabras clave: *Pigmentación, compuesto fenólico, parientes silvestres, género Phaseolus.*

Resumen: El objetivo del presente estudio fue evaluar la composición de antocianinas de semillas de poblaciones silvestres de *Phaseolus* de Durango, México. Las antocianinas son compuestos polifenólicos naturales que aportan pigmentación a una diversidad de frutos y flores, responsables de aportar los distintos tonos de pigmentación que van desde el rojo, azul y violeta. Se estudiaron seis especies silvestres *P. leptostachyus*, *P. acutifolius*, *P. coccineus*, *P. lunatus*, *P. vulgaris* y *P. maculatus* (dos accesiones por especie) del Estado de Durango. Los extractos se prepararon con un 1 g de semillas molidas, la harina se maceró en 10 mL de metanol al 80 % (v/v) durante 2 horas, en oscuridad y a temperatura ambiente en un sonicador. El extracto total se concentró a sequedad y se resuspendió en metanol al 80 %. Los datos se sometieron a análisis de componentes principales (PCA) y análisis de agrupamiento. Las semillas con mayor contenido de antocianinas totales expresadas en microgramos de cianidina-3-O-glucósido (C3OG) se encontraron en la muestra 8N en la especie de *P. leptostachyus* con 672.33 µg C3OG/ 100g ES y las de menor concentración en la muestra B en la especie de *P. maculatus* con 212.91 µg C3OG/ 100g ES. Las especies silvestres son importantes para la conservación y el mejoramiento genético. Los niveles de antocianina están influenciados por factores genéticos y condiciones ambientales, lo que lleva a una amplia gama de concentraciones en varios tipos de frijol. La cuantificación de estos compuestos permite identificar materiales con mayor potencial y gran valor nutricional.

Introducción.

Las antocianinas son compuestos polifenólicos naturales que aportan

pigmentación a una diversidad de frutos y flores, responsables de aportar los distintos tonos de pigmentación que van

desde el rojo, azul y violeta (1). Son un grupo de pigmentos hidrosolubles, ampliamente distribuidos en el reino vegetal (2). Químicamente están constituidas por una molécula de antocianidina, que es la aglicona, a la que se le une un azúcar por medio de un enlace β -glucosídico. La estructura química básica de estas agliconas es el ión flavilio (3), también llamado 2-fenilbenzopirilio (4), que consta de dos grupos aromáticos: un benzopirilio (A) y un anillo fenólico (B); el flavilio normalmente funciona como un catión (3). Las agliconas libres raramente existen en los alimentos, excepto posiblemente como componentes traza de las reacciones de degradación (5). De todas las antocianidinas que actualmente se conocen (aproximadamente 20), las más importantes son la pelargonidina, delphinidina, cianidina, petunidina, peonidina y malvidina (6), nombres que derivan de la fuente vegetal de donde se aislaron por primera vez; la combinación de éstas con los diferentes azúcares genera aproximadamente 150 antocianinas (7).

Las especies silvestres de frijol (*Phaseolus*) se han reconocido por su potencial como alimento funcional debido a la presencia de compuestos bioactivos, entre ellos las antocianinas, pigmentos con propiedades antioxidantes y que actúan como precursores de la vitamina A, estudios que se han hecho sobre todo *Phaseolus vulgaris*, que es la especie más estudiadas (8, 9). En las variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris*), el contenido total de antocianinas (CTA) en semillas enteras varió de 37.7 a 71.6 mg por 100 g de grano, observándose diferencias significativas entre cultivares. Semillas de colores claros exhiben menores niveles de antocianina, particularmente en la raza mesoamericana, con valores entre 10.1 y 18.1 mg g⁻¹ (10).

Por lo tanto, los niveles de antocianina están influenciados por factores genéticos y condiciones ambientales, lo que lleva a una amplia gama de concentraciones en varios tipos de frijol. La cuantificación de estos compuestos permite identificar materiales con mayor potencial y gran valor nutricional.

Materiales y Métodos

2.1 Materiales

Durante el tiempo que se reporta en este primer informe, se utilizaron semillas de la Colección de especies silvestres del CIIDIR IPN unidad Durango, de las colectas del 2020 y 2021, se hizo uso de las bases de datos de los registros georreferenciados y se hicieron registros morfométricos de las poblaciones silvestres de diez localidades, para cada especie silvestre se eligieron dos de diferente municipio, para *P. leptostachyus*, de Nombre de Dios y Pueblo Nuevo, *P. acutifolius*, de los municipios de Durango y Nazas, *P. coccineus*, de Pueblo Nuevo y San Dimas, *P. lunatus*, del mismo municipio, pero diferente localidad, de Pueblo Nuevo, *P. vulgaris*, del municipio de Durango, de la localidad de la Ferrería, y por último *P. maculatus*, de Nuevo Ideal y Panuco de Coronado. Estas poblaciones van desde el sur del estado: en los municipios de El Mezquital y Pueblo Nuevo, en la zona centro: Durango, Panuco de Coronado, y Nazas, y en la zona Norte: San Dimas, Nuevo Ideal y San Juan del Río.

Tabla 1. Georreferencias de los sitios de colecta de especies silvestres de frijol (*Phaseolus*) analizadas en el presente estudio.



Especie silvestre	Año colecta	Municipio	Localidad	Latitud	Longitud "N"
<i>P. leptostachyus</i> M	2019	Nombre de Dios	Tuitán	24°01'09.2"	104°14'40.0"
<i>P. leptostachyus</i> 8N	2021	Pueblo Nuevo	El Amole	23°51'36.4"	105°35'46.9"
<i>P. acutifolius</i> 9	2021	Nazas	Nazas	25°13'17.1"	104°07'31.1"
<i>P. acutifolius</i> 22	2021	San Juan del Río	Ignacio López Rayón	24°58'40.3"	104°28'12.9"
<i>P. coccineus</i> 26	2021	San Dimas		24°08'45.0"	105°57'15.5"
<i>P. coccineus</i> 7	2021	Pueblo Nuevo	El Amole	23°51'34.3"	104° 35'45.2"
<i>P. lunatus</i> K	2020	Pueblo Nuevo	Cueva de Santos	23°52'53.1"	105°37'02.2"
<i>P. lunatus</i> 33	2020	Pueblo Nuevo	San Pedro	23°52'04.0"	105°36'50.1"
<i>P. vulgaris</i> FB	2021	Durango	La Ferrería	23°57'45.6"	104°38'59.4"
<i>P. vulgaris</i> FO	2021	Durango	La Ferrería	23°57'46.2"	104°38'57.3"
<i>P. maculatus</i> B	2020	Panuco de	Coronado	24°32'34.5"	104°18'51.7"
<i>P. maculatus</i> I	2020	Nuevo Ideal	Téjamen	24°48'22.8"	105°08'35.7"



Figura 1. Semillas seleccionadas de la colección de semillas del CIIDIR IPN Unidad Durango. a: Nombre de Dios; b: Pueblo Nuevo, c: Durango, d: San Juan del Río, e: Pueblo Nuevo, f: San Dimas, g y h: Pueblo Nuevo, i y j: Durango, k: Nuevo Ideal, l: Panuco de Coronado.

2.2 Métodos

2.1 Preparación de extractos

Los extractos fenólicos se prepararon según Kim y Lee (11). Un gramo de muestras secas molidas se maceró en 10 mL de metanol al 80 % (v/v) durante 24 horas, en oscuridad y a temperatura ambiente. Los extractos se centrifugaron a 1013 g en una centrífuga BOECO U-32R, 230-240 V, 50/60 Hz, durante diez minutos a temperatura ambiente y se separaron los sobrenadantes. Los pellets se re-extrajeron y se maceraron en 10 mL de metanol al 20 % (v/v) durante una hora

y se centrifugaron en las mismas condiciones. Ambos disolventes de la misma muestra se combinaron para formar el extracto total, que se concentró a sequedad (por evaporación) y se resuspendió en metanol al 80 %. Para el análisis HPLC-DAD de muestras foliares y de semillas, los extractos totales se concentraron a sequedad (por evaporación) y se disolvieron en 3 ml de metanol; estos extractos fueron enriquecidos con fenólicos.

2.2 Análisis espectrométrico de compuestos de antocianinas

El equipo utilizado fue el espectrofotómetro Multiskan Go, un espectrofotómetro UV/VIS de alta calidad basado en monocromador. Se utiliza en análisis de barrido espectral, de punto final y cinético. Mide la absorbancia en el rango de longitud de onda de 200 a 1000 nm y es adecuado para placas de 96 o 384 pocillos.

2.2.4 Contenido de antocianinas (AC)

Como referencia, las antocianinas monoméricas se determinaron mediante el método de pH diferencial descrito por Giusti y Wrolstad (12), Abs 510 nm y Abs 700 nm, utilizando el peso molecular (449,2) y la absorción molar (26,900) del cianidina-3-O-glucósido como referencia. Los valores se expresaron en microgramos de cianidina-3-O-glucósido por extracto seco (mg C3OG/100 g ES).

2.4 Diseño experimental y análisis de datos

Los datos del contenido de antocianinas totales se sometieron a un análisis de varianza ($P \leq 0,05$) y las medias se compararon mediante la prueba de Tukey. Para determinar la capacidad del contenido de antocianinas totales para

discriminar entre muestras, los datos se sometieron a análisis de componentes principales (PCA) y análisis de agrupamiento XLSTAT (13).

Resultados.

Los contenidos de antocianinas variaron entre 17.95 mg/g TS para las semillas de El Mezquital, y 3.03 mg/g TS para las de Pinto Saltillo (Figura 24). Estos valores fueron más altos que los encontrados por Espinosa-Alonso et al. (14) para las semillas de 50 frijoles común silvestre y 12 escapados (entre 0.01 y 1.85 mg/g harina). Los valores de AC encontrados para las especies silvestres de frijol analizados fueron también más altos que los reportados para algunos cultivares de la especie, tales como Flor de Junio Marcela y Pinto Zapata, para los cuales Reynoso et al. (15) reportaron 3.75 mg/100 g y 1.77 mg/100 g, respectivamente. Los niveles de antocianinas encontrados sugieren que los cinco frijoles silvestres analizados son importante fuente de estos compuestos.

Tabla 1. Contenido de antocianinas totales en especies silvestres de frijol colectadas en el Estado de Durango.

Especie Silvestre	Antocianinas μg C3OG/ 100g ES.
<i>P. leptostachyus</i> M	260.29 $\pm$ 74.16 d
<i>P. leptostachyus</i> 8N	672.33 $\pm$ 83.54 a
<i>P. acutifolious</i> 9	480.37 $\pm$ 82.48 b
<i>P. acutifolious</i> 22	330.63 $\pm$ 58.44 cd
<i>P. coccineus</i> 26	666.56 $\pm$ 88.03 a
<i>P. coccineus</i> 7	441.40 $\pm$ 43.32 bc
<i>P. lunatus</i> K	345.66 $\pm$ 25.38 cd
<i>P. lunatus</i> 33	495.95 $\pm$ 15.94 b
<i>P. vulgaris</i> FB	302.87 $\pm$ 49.29 d

<i>Pr</i> > F(Modelo)	<0.0001
Significativo	Sí

Los análisis muestran que las especies silvestres de frijol presentan alta variabilidad en el contenido total de antocianinas, lo que indica un acervo genético con diferencias significativas entre accesiones. En comparación con variedades cultivadas, algunos genotipos silvestres alcanzan niveles superiores de antocianinas, mientras que otros muestran concentraciones más bajas.

En la figura 2. Se observa el dendograma resultante del análisis del contenido de antocianinas estudiado en las especies silvestres de frijol, se formaron tres grupos, el C1: agrupando a las especies silvestres en donde se encontró mayor concentración de antocianinas de 630.80 - 672.33 µg C3OG/ 100g ES (color rojo), C2: las que tuvieron concentraciones medias de 441.40 – 495.95 µg C3OG/ 100g ES. Y el C3: grupo a las poblaciones silvestres en donde se encontró menor cantidad de antocianinas que van desde los 212.91 – 345.66 µg C3OG/ 100g ES.

Las especies silvestres en las que se encontraron mayores concentraciones de antocianinas fue en *P. vulgaris*, *P. leptostachyus* 8N y *P. coccineus* 26, donde las últimas dos pertenecen a climas fríos, las concentraciones más bajas se encontraron en la especie de *P. maculatus* B, perteneciente al municipio de Nuevo Ideal.

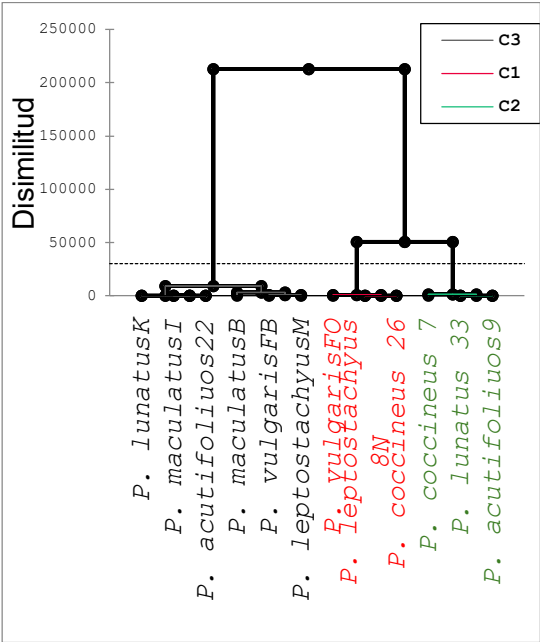


Figura 2. Resultados del análisis de agrupamiento, el dendrograma resulto de la comparación de los diferentes contenidos fenólicos de semillas de especies silvestres de frijol (*Phaseolus*) de Durango, México.

Conclusiones.

Las formas silvestres de frijol común constituyen una fuente valiosa de recursos genéticos en el contenido de antocianinas. Los resultados respaldan que, al ser especies silvestres de diferentes localidades del estado de Durango, las condiciones ambientales, así como los factores genéticos tienen influencia en la concentración de las antocianinas, por lo tanto, la utilización de germoplasma silvestre en programas de mejoramiento, están orientados a la biofortificación.

Se recomienda ampliar los estudios para incluir análisis cromatográficos (HPLC) que permitan identificar y cuantificar individualmente cada antocianina, como lo son las más importantes reportadas en la literatura, pelargonidina, delfinidina, cianidina, petunidina, peonidina y malvidina.

Agradecimientos. A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) y al Instituto Politécnico Nacional por su apoyo en la realización de este trabajo.

Referencias.

1. Farheen, H., Kumar, A., Kumar, D., Parmar, S., Pathak, D., Sharma, P., & Chahar, S. S. (2025). Anthocyanins: Natural Pigments with Multifaceted Health Benefits for Humans. *Journal of Science Innovations and Nature of Earth*, 5(3), 01–03. <https://doi.org/10.59436/jsiane.407.2583-2093>
2. F. de la Rosa Reyna, Xóchitl, García León, Israel, Hernández Mendoza, José, Morales Baquera, Jaime, & Quiroz Velásquez, Jesús Di Carlo. (2022). Antocianinas, propiedades funcionales y potenciales aplicaciones terapéuticas. *Revista Boliviana de Química*, 39(5), 1-9. Epub 00 de diciembre de 2022. <https://doi.org/10.34098/2078-3949.39.5.1>
3. Celli, G. B., Tan, C., & Selig, M. J. (2015). Anthocyanidins and Anthocyanins. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21780-0>
4. Cruz, L., Basílio, N., Mateus, N., de Freitas, V., & Pina, F. (2021). Natural and Synthetic Flavylum-Based Dyes: The Chemistry Behind the Color. *Chemical Reviews*. <https://doi.org/10.1021/ACS.CHEMREV.1C00399>
5. Justesen, U., Arrigoni, E., Larsen, B. R., & Amadó, R. (2000). Degradation of Flavonoid Glycosides and Aglycones During in vitro Fermentation with Human Faecal Flora. *Lwt - Food Science and Technology*, 33(6), 424–430. <https://doi.org/10.1006/FSTL.2000.0681>
6. Veberic, R., Slatnar, A., Bizjak, J., Stampar, F., & Mikulic-Petkovsek, M. (2015). Anthocyanin composition of different wild and cultivated berry species. *Lwt - Food Science and Technology*, 60(1), 509–517. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2014.08.033>
7. Hasso, S. S., & Ahamad, J. (2025). Bioactive Anthocyanins in Fruits and Berries. 107–128. <https://doi.org/10.1201/9781003498254-7>
8. Wallander-Compéan, L., Almaraz-Abarca, N., Alejandre-Iturbide, G., Uribe-Soto, J. N., Ávila-Reyes, J. A., Torres-Ricario, R., & Delgado-Alvarado, E. A. (2022). Variación fenológica y morfométrica de *Phaseolus vulgaris* (Fabaceae) de cinco poblaciones silvestres de Durango, México. *Botanical Sciences*, 100(3), 563–578.
9. Rochín-Medina, J. J., Mora-Rochín, S., Navarro-Cortez, R. O., Tovar-Jimenez, X., Quiñones-Reyes, G., Ayala-Luján, J. L., & Aguayo-Rojas, J. (2021). Contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de variedades de frijol sembradas en el estado de Zacatecas. *Acta universitaria*, 31.
10. Damián-Medina, K. A., Higuera-Ciapara, I., Marino-Marmolejo, E. N., Figueroa-Yañez, L. J., Salinas-Moreno, Y., & Lugo-Cervantes, E. (2018). Potencial bioactivo de las antocianinas sobre los mecanismos involucrados en el control de la diabetes mellitus tipo 2. *Acta de Ciencia en Salud*, (5), 7-13.



CUALTIA

12° CICLO DE CONFERENCIAS Y 7° SIMPOSIUM AGROALIMENTARIO

"Donde la Tecnología, la Alimentación y la Cultura se encuentran" **2025**

11. Kim, D. O., Lee, C. Y. 2002. Extraction and isolation of polyphenolics. In: Wrolstad RE, ed. Current Protocols in Food Analytical Chemistry. John Wiley & Sons: New York.

<https://doi.org/10.1002/0471142913.fai0102s06>

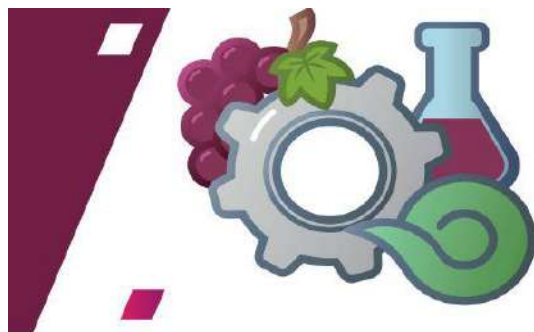
12. Giusti, M. M., Wrolstad, R. E. 2001. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. CPFAC. 0(1): 1-13.

<https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0102s00>

13. Addinsoft, 2021. XLSTAT statistical and data analysis solution. New York, USA. <https://www.xlstat.com>

14. Espinosa-Alonso, L. G.; Lygin, A.; Widholm, J. M.; Valverde, M. E. and Paredes-López, O. 2006. Polyphenols in wild and weedy mexican common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). J. Agric. Food Chem. 54: 4436-4444.

15. Reynoso Camacho, R., Ríos Ugalde, M. D. C., Torres Pacheco, I., Acosta Gallegos, J. A., Palomino Salinas, A. C., Ramos Gómez, M., & Guzmán Maldonado, S. H. (2007). El consumo de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y su efecto sobre el cáncer de colon en ratas Sprague-Dawley. Agricultura técnica en México, 33(1), 43-52.



SMART GREENHOUSE (IOT) PARA MEJORAR LA INOCUIDAD Y PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE ALIMENTOS EN ZONAS RURALES

Rodrigo Palomino Aviles^a, Martín Rafael Corona Hernández^a, Emmanuel Cabañas García^b, Claudia Hernández González^c, Rocío García Cortés^{c,*}

^a Instituto Politécnico Nacional – Escuela Superior de Cómputo, Ingeniería en Sistemas Computacionales, Ciudad de México, C.P. 07738, México

^b Instituto Politécnico Nacional - Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Zacatecas, Ciudad Administrativa, C.P. 98160, México

^c Instituto Politécnico Nacional – Secretaría de Investigación y Posgrado, Ciudad de México, C.P. 07738, México.

*Autor de correspondencia: rgarciaco@ipn.mx

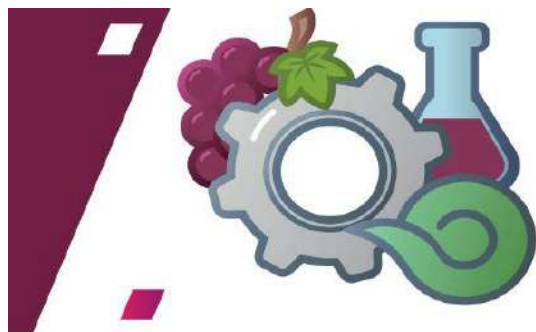
Palabras clave: Internet de las cosas, Invernadero inteligente, inocuidad alimentaria, agricultura.

Resumen: La integración de tecnologías emergentes como el *Internet of Things* (IoT) en el sector agroalimentario constituye una estrategia innovadora que impacta de manera directa en la calidad, inocuidad y sostenibilidad de los alimentos. La aplicación de estas herramientas tecnológicas permite un control preciso de las condiciones de cultivo, asegurando productos más estables y seguros para el consumo humano, al mismo tiempo que optimiza el uso de recursos naturales esenciales como el agua y la energía. En este contexto, se desarrolló un invernadero inteligente controlado mediante una Raspberry Pi, orientado a la automatización del monitoreo de variables agroclimáticas. El sistema integra sensores y actuadores que recolectan y procesan datos, lo que posibilita la activación de mecanismos de control para mantener condiciones óptimas de crecimiento. Este proyecto ayuda a la agricultura de precisión y a la tecnología de alimentos, al proporcionar información confiable para mejorar la eficiencia de los procesos productivos y garantizar la inocuidad de los cultivos. Este tipo de herramientas son clave para resolver los problemas actuales y lograr una producción realmente sostenible, contribuyendo a la innovación en la cadena alimentaria y consolidando un vínculo entre la formación científica, el desarrollo tecnológico y las necesidades del sector agroalimentario.

Introducción.

La producción de alimentos enfrenta en la actualidad desafíos crecientes relacionados con la calidad, la inocuidad y la sostenibilidad. La creciente población mundial demanda sistemas agrícolas más eficientes, capaces de garantizar una oferta constante de productos seguros para el consumo humano, al mismo tiempo que se preservan los recursos naturales y se reducen los impactos ambientales negativos. En este contexto, tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT) son clave para modernizar la agricultura y conectar de manera eficiente a la ciencia con la seguridad alimentaria [1].

El Internet de las Cosas consiste en conectar dispositivos físicos a una red para que puedan recopilar, procesar y compartir datos en tiempo real [2]. Esta capacidad de obtener información constante y precisa ha transformado sectores clave como la industria, la salud y la educación, y en los últimos años ha mostrado un impacto cada vez más notorio en la agricultura y en las áreas relacionadas con la Ciencia y Tecnología de Alimentos [3]. La posibilidad de medir y controlar de forma automatizada variables agroclimáticas como la humedad, la temperatura o la luminosidad constituye una oportunidad única para garantizar la calidad de los cultivos, mejorar su rendimiento y reducir la



exposición a riesgos sanitarios que puedan comprometer la inocuidad de los alimentos [4].

La agricultura de precisión, sustentada en tecnologías de monitoreo y control, permite tomar decisiones basadas en datos, optimizando el uso de agua, fertilizantes y energía. Este modelo promueve no solo a la eficiencia productiva, sino también a la sostenibilidad, ya que reduce el desperdicio de insumos y promueve prácticas responsables en el manejo de los recursos naturales [5]. Especialmente, la automatización de invernaderos se ha posicionado como una de las aplicaciones más relevantes de las tecnologías IoT dentro del sector agroalimentario, al ofrecer ambientes controlados que aseguran condiciones óptimas para el desarrollo de los cultivos. Dichos espacios representan una alternativa viable frente a los problemas que enfrentan los sistemas tradicionales, como la variabilidad climática, la degradación de los suelos o la propagación de plagas [6].

El presente trabajo propone el diseño e implementación de un sistema de monitoreo automatizado para invernaderos, utilizando una Raspberry Pi como controlador central de sensores y actuadores que permitan automatizar el monitoreo de variables ambientales críticas para el desarrollo de las plantas. El sistema está planeado como una herramienta que favorece tanto la investigación aplicada en el área de la Ciencia y Tecnología de Alimentos como la formación de competencias técnicas en programación, electrónica y análisis de datos. Al recolectar y procesar información en tiempo real, el prototipo busca demostrar la viabilidad de este tipo de tecnologías para optimizar la producción agrícola, asegurar la calidad de los cultivos y contribuir a la inocuidad alimentaria.

El objetivo principal de este proyecto es mostrar cómo la convergencia entre IoT, agricultura de precisión y ciencia de alimentos puede dar lugar a soluciones innovadoras que atiendan los retos actuales de la producción sustentable. Asimismo, se pretende evidenciar la adecuación de incorporar este tipo de herramientas en contextos educativos y de investigación, fomentando el desarrollo de competencias científicas y tecnológicas que fortalezcan el sector agroalimentario en México y a nivel internacional [7].

Materiales y Métodos.

El proyecto se llevó a cabo a través del diseño y construcción de un prototipo de invernadero inteligente, con el propósito de automatizar el monitoreo y control de variables climáticas críticas para la producción de alimentos. El sistema se estructuró en tres componentes principales: hardware, software y actuadore.

En el apartado de hardware, se utilizó una tarjeta Raspberry Pi como unidad central de procesamiento, seleccionada por su capacidad de integración con múltiples periféricos, bajo costo y facilidad de programación. Esta tarjeta se complementó con módulos de conexión para garantizar la comunicación con los sensores y actuadores.

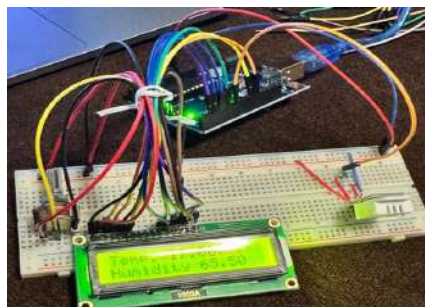
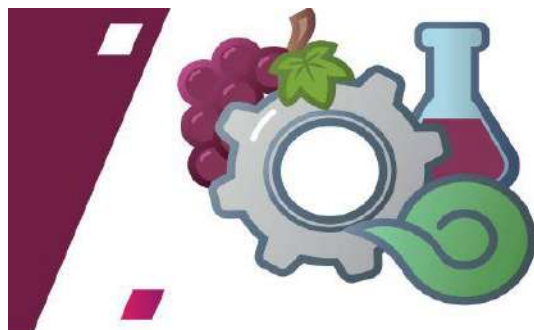


Figura 1. integración entre sistema de control y sensores



La estructura del invernadero se construyó utilizando materiales ligeros y de bajo costo, como policarbonato, lo cual permitió simular un ambiente cerrado y controlado. En cuanto a los sensores, se emplearon dispositivos para medir temperatura y humedad relativa del aire, humedad del suelo e intensidad lumínica. Estos sensores fueron seleccionados con base en su precisión, compatibilidad con la Raspberry Pi y disponibilidad en el mercado.

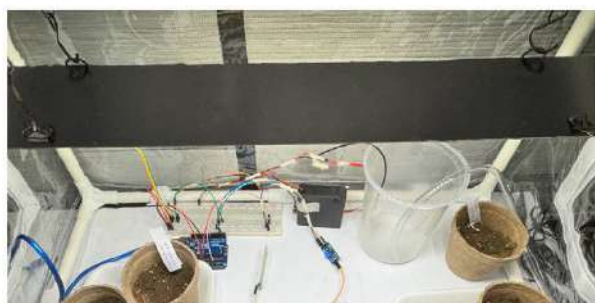


Figura 2. Estructura principal del invernadero

Para el control activo del entorno, el sistema cuenta con tres mecanismos clave: bombas de agua que alimentan el riego por goteo, ventiladores encargados de la renovación del aire y módulos LED para la suplementación lumínica. La implementación de estos actuadores permite estabilizar las condiciones ambientales dentro del invernadero, favoreciendo un crecimiento óptimo.



Figura 3. Principales actuadores del sistema

El software fue desarrollado en Python, aprovechando librerías específicas para la adquisición de datos y el control de dispositivos mediante la Raspberry Pi. Se programaron algoritmos de monitoreo continuo, con registro periódico de datos y activación automática de los actuadores en función de umbrales previamente definidos para cada variable ambiental. Asimismo, se diseñó una base de datos local para almacenar los registros históricos y facilitar el análisis la información obtenida.

La metodología de implementación se organizó en varias etapas. En la primera, se realizó la instalación física de los sensores y actuadores dentro del prototipo, asegurando su calibración y correcto funcionamiento. Posteriormente, se desarrollaron y depuraron los programas de control, aplicando pruebas unitarias para verificar la comunicación entre la Raspberry Pi y cada componente. En una segunda etapa, se realizaron pruebas de integración, en las cuales el sistema operó de manera continua durante periodos de 24 horas para evaluar la estabilidad de los algoritmos y la respuesta del invernadero ante cambios en las condiciones externas. Finalmente, se ejecutó una fase de análisis de datos, en la que se procesó la información recolectada con el fin de validar la capacidad del sistema para mantener condiciones ambientales dentro de los rangos adecuados para el cultivo.

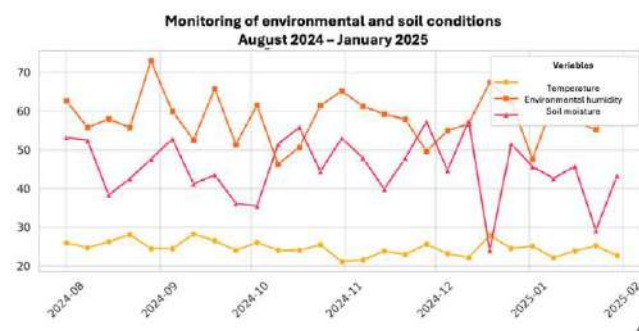
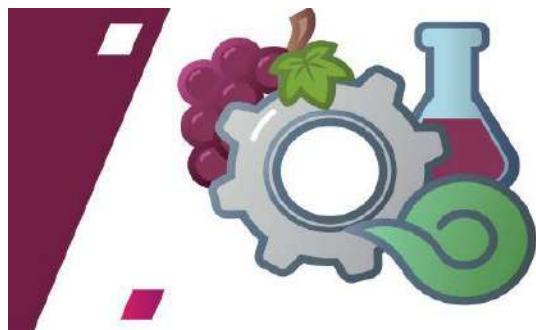


Figura 4. Recolección de datos

Resultados, discusiones, implicaciones técnicas y científicas del trabajo.



CUALTIA

12° CICLO DE CONFERENCIAS Y 7° SIMPOSIUM AGROALIMENTARIO

"Donde la Tecnología, la Alimentación y la Cultura se encuentran" **2025**

El proyecto demostró la capacidad de mantener controladas las condiciones adecuadas para el cultivo de plantas, resaltando la viabilidad del uso de IoT en la automatización de invernaderos. La integración de sensores y actuadores permitió recolectar datos confiables y optimizar la gestión de recursos.

La implementación de este sistema impacta de manera directa a la calidad de cultivos, al favorecer las condiciones para el desarrollo de estos, manteniendo condiciones estables y reduciendo riesgos asociados a factores externos.

Además, el proyecto contribuye a mejorar los estándares de inocuidad de los alimentos al disminuir la exposición a contaminantes e impulsando sistemas productivos con bajo impacto ambiental.



Figura 6. Bien producido en el invernadero



Figura 5. Productos obtenidos cultivado en invernadero

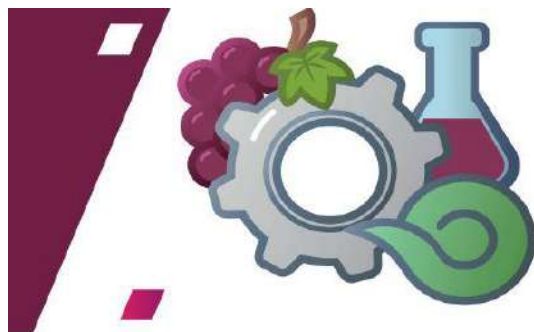
Conclusiones.

El desarrollo del invernadero inteligente controlado por la Raspberry Pi confirma el potencial de las tecnologías IoT en beneficio del sector agrícola, permitiendo optimizar recursos, mejorar la productividad y garantizar la calidad de los alimentos.

La implementación del prototipo demostró que es posible integrar sensores y actuadores de bajo costo en un sistema funcional capaz de monitorear en tiempo real variables ambientales críticas.

Así mismo, contribuye en el ámbito educativo y científico al integrar conocimientos de las diferentes áreas como programación, electrónica y agricultura sustentable.

Facilita el diseño de soluciones innovadoras que responden a los desafíos actuales de la producción sustentable, tales como la reducción del consumo de agua y energía, el control de plagas mediante ambientes regulados y la disminución de riesgos que comprometen la inocuidad de los cultivos.



Referencias

1. Bell S. Project-based learning for the 21st century: Skills for the future. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*. 2010;83(2):39-43.
2. Atzori L, Iera A, Morabito G. The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*. 2010;54(15):2787-2805.
3. Aldowah H, Ul Rehman S, Ghazal S, Naufal Umar I. Internet of Things in higher education: A study on future learning. *Journal of Physics: Conference Series*. 2017;892(1):012017.
4. Farooq MS, Riaz S, Abid A, Umer T, Zikria YB. Role of IoT technology in agriculture: A systematic literature review. *Electronics*. 2020;9(2):319.
5. Zhang Y, Zhao Y, Qian J. IoT-enabled tracking and tracing of agrifood supply chains: Benefits, limitations, and prospects. *Sustainability*. 2019;11(14):3903.
6. Divitini M, Giannakos MN, Mora S, Papavlasopoulou S, Iversen OS. Make2Learn with IoT: Engaging children into joyful design and making of interactive connected objects. *Proceedings of the 2017 Conference on Interaction Design and Children*. 2017;757-760.
7. García-Cortés R, Marciano-Melchor M, Padilla-Pérez DA, Palomino-Avilés R, Miranda-Delgado JR, Gómez-Aguirre YA, et al. Project-based learning with IoT technology: Smart greenhouse with Raspberry Pi. *Proceedings of EDULEARN25 Conference*. 2025;Palma de Mallorca, Spain.

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

