

Biotecnología agropecuaria aplicada

Leandris Argentel-Martínez
Ofelda Peñuelas-Rubio
Lucila Perales-Aguilar
Ugur Azizoglu
Editores



Pantanal Editora

2024

Leandris Argentel-Martínez
Ofelda Peñuelas-Rubio
Lucila Perales-Aguilar
Ugur Azizoglu
Editores

Biotecnología agropecuaria aplicada



Pantanal Editora

2024

Copyright© Pantanal Editora

Editor Jefe: Dr. Alan Mario Zuffo

Editores Ejecutivos: Dr. Jorge González Aguilera y Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diseño: El editor. **Diseño y arte:** el editor. Imágenes de portada y contraportada: Canva.com. **Reseña:** Autor(es), organizador(es) y editor.

Consejo editorial

Grado académico y nombre

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos
Prof. MSc. Adriana Flávia Neu
Prof. Dra. Allys Ferrer Dubois
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior
Prof. MSc. Aris Verdecia Peña
Prof. Arisleidis Chapman Verdecia
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva
Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo
Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu
Prof. Dr. Carlos Nick
Prof. Dr. Claudio Silveira Maia
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos
Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva
Prof. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos
Prof. MSc. David Chacon Alvarez
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira
Prof. Dra. Denise Silva Nogueira
Prof. Dra. Dennyura Oliveira Galvão
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves
Prof. Me. Ernane Rosa Martins
Prof. Dr. Fábio Steiner
Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza
Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez
Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira
Prof. MSc. Javier Revilla Armesto
Prof. MSc. João Camilo Sevilla
Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales
Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski
Prof. MSc. Lucas R. Oliveira
Prof. Dr. Luciano Façanha Marques
Prof. Dra. Keyla Christina Almeida Portela
Prof. Dr. Leandro Argentel-Martínez
Prof. MSc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann
Prof. MSc. Marcos Pisarski Júnior
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla
Prof. MSc. Mary Jose Almeida Pereira
Prof. MSc. Núbia Flávia Oliveira Mendes
Prof. MSc. Nila Luciana Vilhena Madureira
Prof. Dra. Patrícia Maurer
Prof. Dra. Queila Pahim da Silva
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty
Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo (*In Memoriam*)
Prof. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos
MSc. Tayronne de Almeida Rodrigues
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca
Prof. MSc. Wesclen Vilar Nogueira
Prof. Dra. Yilan Fung Boix
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

Institución

OAB/PB
Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã
UO (Cuba)
IF SUDESTE MG
Facultad de Medicina (Cuba)
ISCM (Cuba)
UFESSPA
UEA
UNEMAT
UFV
AJES
UFGD
UEMS
IFPA
UNICENTRO
IFMT
UFMG
URCA
ISEPAM-FAETEC
IFG
UEMS
UFF
(Colômbia)
UNAM (Peru)
IFRR
UCG (México)
Rede Municipal de Niterói (RJ)
UNMSM (Peru)
UFMT
SED Mato Grosso do Sul
UEMA
IFPR
Tec-NM (México)
Consultório em Santa Maria
UFJF
UEG
FAQ
UNAM (Peru)
SEDUC/PA
IFB
IFPA
UNIPAMPA
IFB
UO (Cuba)
UFMS
UFPI
UFG
UEMA
IFB
UFPI
FURG
UO (Cuba)
UFT

Consejo Científico Técnico
- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior
- Esp. Maurício Amormino Júnior
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Hoja de catálogo

Catalogación en publicación
Preparado por Bibliotecario Janaina Ramos – CRB-8/9166

B616

Biotecnología agropecuaria aplicada / Edición de Leandris ArgenteL-Martínez, Ofelda Peñuelas-Rubio, Lucila Perales-Aguilar, Ugur Azizoglu. – Nova Xavantina-MT: Pantanal, 2024.
203p. ; il.

Reserva en PDF

ISBN 978-65-85756-36-5

DOI <https://doi.org/10.46420/9786585756365>

1. Biotecnología en la agricultura. 2. Microorganismos. I. ArgenteL-Martínez, Leandris (Editores). II. Peñuelas-Rubio, Ofelda (Editores). III. Lucila Perales-Aguilar (Editores). IV. Azizoglu, Ugur (Editores). V. Título.

CDD 631.52

Índice del catálogo sistemático

I. Biotecnología en la agricultura



Nuestros libros electrónicos son gratuitos y se permite el acceso público, la descarga y el intercambio, pero solicitamos que se dé el debido crédito a Pantanal Editora y también a los organizadores y autores. Sin embargo, no se permite el uso de libros electrónicos con fines comerciales, salvo autorización expresa de los autores y acuerdo de Pantanal Editora.

Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br

Presentación

Sin duda, la biotecnología representa una de las áreas científicas de mayor avance y aplicación en la actualidad. Aun cuando sus inicios fueron hace miles de años, con la obtención de cerveza y queso, gracias al avance científico-tecnológico en las ciencias relacionadas con la biología, se ha potenciado la rama agropecuaria.

En México, considerando que las actividades de producción agrícola y pecuaria son primordiales para el desarrollo del país, existe gran interés de la comunidad científica para buscar alternativas que den solución a los problemas más relevantes que limitan la producción de alimentos.

El presente compendio científico “**Biología agropecuaria aplicada**” aborda temas relevantes del área agropecuaria. Se hace énfasis en el aprovechamiento de microorganismos bacterianos y fúngicos y su potencial uso en los agroecosistemas. Estas aplicaciones con la finalidad de promover prácticas sustentables de producción, desde la promoción del crecimiento vegetal en condiciones ambientales adversas, el biocontrol de fitopatógenos y malezas, así como la biorremediación. También se exploran metodologías novedosas para la obtención de compuestos antioxidantes y antifúngicos. Además, se presentan avances en la elaboración de nuevos alimentos para la producción acuícola, como alternativas para la nutrición efectiva.

Los trabajos aquí presentados constituyen evidencias de los pasos sólidos que dan los diferentes grupos de investigación nacionales e internacionales del área de la biología agropecuaria. Se agradece la participación de los autores que pertenecen al Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNI-CONACYT) de los Estados Unidos Mexicanos.

Los Autores


Resumen

Presentación	4
Capítulo 1	6
Perspectivas de la aplicación del microbioma bacteriano de <i>Parkinsonia aculeata</i> en suelos salinos	6
Capítulo 2	17
Microorganismos promotores del crecimiento vegetal y yeso agrícola en el cultivo de uva industrial variedad <i>Cabernet sauvignon</i> , Valle del Yaqui	17
Capítulo 3	26
Efecto de pulsos ultrasónicos en la extracción de compuestos antioxidantes y antifúngicos en <i>Euphorbia prostrata</i> (golondrina)	26
Capítulo 4	36
Evaluación de la sustitución parcial de harina de pescado por harina de <i>Amaranthus hybridus</i> para cultivo de tilapia (<i>Oreochromis aureus</i>)	36
Capítulo 5	48
Potencial del género <i>Pleurotus</i> como agente biorremediador en la eliminación de metales pesados de suelos: un enfoque biotecnológico para la agricultura sostenible	48
Capítulo 6	59
El papel de las bacterias quitinolíticas en interacciones planta-patógeno y su potencial empleo biotecnológico en la agricultura	59
Capítulo 7	71
Avances en el desarrollo de micoherbicidas para el manejo agroecológico de la correhuela (<i>Convolvulus arvensis</i> L.) en la agricultura	71
Capítulo 8	84
Caracterización fisicoquímica parcial de la harina de grillo domestico <i>Acheta domesticus</i> como ingrediente novedoso en formulaciones	84
Capítulo 9	93
El género <i>Bacillus</i> como aliado en la agricultura sostenible	93
Capítulo 10	114
<i>Trichoderma</i> , bioinsumo para la agricultura sustentable y protegida	114
Capítulo 11	135
El papel de la Agrobiotecnología en la Agricultura	135
Capítulo 12	148
Cromatografía: Una técnica esencial en la Biotecnología Agropecuaria	148
Capítulo 13	186
Propagación <i>in vitro</i> de Cactáceas y Agaváceas tolerantes a metales pesados en el suelo	186
Índice Remissivo	202
Editores	203

Efecto de pulsos ultrasónicos en la extracción de compuestos antioxidantes y antifúngicos en *Euphorbia prostrata* (golondrina)

Recibido en: 19/04/2024


Aprobado en: 10/06/2024

 10.46420/9786585756365cap3

Francisco Cadena Cadena¹ 

Dulce Alondra Cuevas Acuña² 

Ofelda Peñuelas-Rubio¹ 

Leandris ArgenteL-Martínez¹ 

Mayra Gisela Islas Cruz¹

Frank Denis Torres-Huaco³

Joe Luis Arias Moscoso^{1*}

RESUMEN

El propósito de esta investigación fue evaluar el efecto de los pulsos ultrasónicos en la extracción de compuestos bioactivos de *Euphorbia prostrata* (Golondrina). Se extrajo la fracción lipídica de la planta para determinar su capacidad antioxidante y antifúngica. La extracción se realizó mediante arrastre de vapor y maceración con solventes, con y sin la asistencia de pulsos ultrasónicos. Los resultados obtenidos mostraron mayor rendimiento en ambos métodos cuando se utilizó los pulsos ultrasónicos como asistente de extracción. Además, la evaluación de la capacidad antifúngica reveló un mayor porcentaje de inhibición frente al hongo *Saprolegnia*, permitiendo un crecimiento del 30% y 51% a los 10 días cuando se utilizó el extracto de golondrina obtenido por arrastre de vapor y maceración con la asistencia de pulsos ultrasónicos, respectivamente. Congruentemente, la capacidad antioxidante fue más alta en los métodos de extracción asistidos por pulsos ultrasónicos, destacando la fracción lipídica obtenida mediante arrastre por vapor la que obtuvo el valor más alto.

INTRODUCCIÓN

Euphorbia Prostrata (Golondrina), es una especie fanerógama perteneciente a la familia de las *Euforbiáceas*. Es endémica desde Estados Unidos hasta Sudamérica siendo una hierba anual cuyos tallos delgados postergados alcanzan hasta unos 20 centímetros de largo, a veces de color púrpura.

¹ Departamento de Ingeniería, Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui, Bacúm 85276, México.

² Departamento de Ciencias de la Salud, Universidad de Sonora, Ciudad Obregón 85040, México.

³ Coordinación de Investigación, Universidad Continental, Avenida los Incas s/n, Arequipa, Perú.

*Autor correspondiente: jarias.moscoso@itvy.edu.mx

Las hojas de forma oval, de hasta un centímetro de largo con bordes finamente dentados (Rojas et al., 2010).

Estudios recientes han demostrado que los compuestos bioactivos presentes en extractos de *E. prostrata* (Golondrina) tiene propiedades antioxidantes (Valenzuela-Soto et al., 2019). Se ha comprobado también que extractos de la planta ejercen una acción depresora del sistema nervioso central, inhibidora de la actividad espontánea, inmuno estimulante; por otro lado, los extractos acuosos han mostrado capacidad antibacterial (Casado Villaverde, 2018; Usaquén Ramírez & Zafra Agudelo, 2018).

La destilación por arrastre de vapor de agua es el método más común para la obtención o extracción de compuestos bioactivos, específicamente de las fracciones lipídicas o aceites esenciales, consiste en un proceso de separación por el cual el vapor de agua vaporiza los compuestos volátiles de la materia vegetal, este procedimiento consiste en el paso de flujo de vapor a través de la materia prima de este modo arrastra consigo los aceites esenciales, posteriormente estos vapores se condensan dando lugar a la destilación líquida formada por dos fases inmiscibles, estas dos fases se pueden separar por medio de decantación gracias a las distintas densidades (Casado-Villaverde, 2018). Otro de los métodos de extracción es por solventes o maceración consiste en exponer a la materia prima en contacto con el solvente basándose en la difusión de la fracción lipídica de la planta y el solvente a través de la materia prima (Pérez-Pezo, 2000; Paucarchuco-Soto et al., 2023).

Los pulsos ultrasónicos son ondas acústicas cuya frecuencia está por encima de la capacidad de audición del oído humano; esas ondas viajan en una frecuencia superior a la percibida por el oído humano menores a los 16kHz y viajan por la superficie y del material a una velocidad determinada dependiendo de la naturaleza de este (Villamiel et al, 2017). Por lo que tienen distintas aplicaciones entre las cuales destaca su uso en ciencias de alimentos en donde la onda de ultrasonido generado provoca ondas mecánicas que originan unos esfuerzos cortantes muy elevados lo cual facilita la ruptura de estructuras y permiten la destrucción de paredes celulares, extracción compuestos de interés (Bermúdez-Aguirre, 2017). Con el fin de elucidar si esta tecnología emergente tiene un efecto sobre el rendimiento, propiedades antioxidantes y anti-fúngicas de los extractos se desarrolló la presente investigación.

Por otro lado, considerando el potencial de la planta golondrina como fuente de compuestos bioactivos con distintas propiedades funcionales, se planteó la obtención de las fracciones lipídicas mediante dos métodos de extracción y con la asistencia de pulsos ultrasónicos, gracias a su alta eficiencia, aunado a ser considerada una tecnología emergente, con el propósito de dar un mayor valor agregado a esta planta, y con el fin de disminuir su impacto ambiental y proyectar la generación de una industria de ingredientes funcionales de gran interés.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en el Tecnológico Nacional de México campus Valle del Yaqui, ubicado en avenida Tecnológico del Valle del Yaqui, Block 611, Bácum, San Ignacio Río Muerto, Ciudad Obregón, Sonora, México. C.P. 85276, específicamente en el área del laboratorio de pulsos ultrasónicos y en el laboratorio de acuicultura. Ambos laboratorios cuentan con el equipo adecuado para la realización de esta investigación.

Colecta de la planta *Euphorbia Prostrata* (Golondrina)

El lugar de donde se obtuvo la hierba fue en las inmediaciones del ejido Cuauhtémoc o llamado también Campo 5, en el Municipio de Cajeme. Se ubica en el sur del estado de Sonora, con coordenadas 27°26'00"N 110°01'00"O. Se colectaron aproximadamente 5 kg (hojas).

Extracción de la fracción lipídica

Extracción por arrastre de vapor

Para la extracción de la fracción lipídica se siguió la metodología de Ozel & Kaymaz en el 2004; mediante el principio de la extracción con el uso del vapor saturado o sobrecalentado, y su paso por la muestra ~~seca~~ a través del flujo del condensador formando en el interior del destilador utilizando el agua como agente extractor (Recio-Cázares et al., 2024; Ozel & Kaymaz, 2004; Virk-Pannu et al., 2018).

El proceso de extracción de arrastre por vapor también llamado hidrodestilación; consistió en colocar la materia prima vegetal (hojas) en el hidrodestilador, de manera que forma un lecho fijo compacto, de la materia vegetal cortada. El vapor de agua se inyecta mediante un distribuidor interno, próximo a su base y con la presión suficiente para vencer la resistencia hidráulica del lecho; La generación del vapor fue ~~será~~ mediante la base del recipiente, conforme el vapor entra en contacto con el lecho, la materia prima se calentó y liberaron los compuestos volátiles contenidos, y estos a su vez, debido a su alta volatilidad se evaporaron y fueron "arrastrados" corriente arriba hacia el tope del hidrodestilador (Virk-Pannu et al., 2018). La mezcla, vapor saturado y aceite esencial, fluyó hacia un condensador, donde la mezcla se enfrió y condensó. A la salida del condensador, se obtuvo una emulsión líquida inestable, la cual, fue separada con un embudo de separación (Ozel & Kaymaz, 2004). Se utilizaron aproximadamente 150 gr de muestra de golondrina en el contenedor para su extracción, el proceso se llevó a cabo varias veces hasta la obtención de la suficiente emulsión para su separación y posterior análisis.

Extracción por arrastre de vapor con la asistencia de pulsos ultrasónicos

Previo a seguir la metodología de Ozel y Kaymaz (2004); para la extracción se utilizaron pulsos ultrasónicos siguiendo la metodología de Usaquén Ramírez & Zafra Agudelo (2018). Se utilizó una

relación 1:10 de golondrina y agua, a continuación, se aplicó los pulsos ultrasónicos durante 20 min con intervalos de 20 segundos de pulsos por 10 segundos de descanso a una amplitud del 30% de onda. Luego de este periodo se siguió la metodología antes mencionada para la extracción por arrastre de vapor (Figura 1).

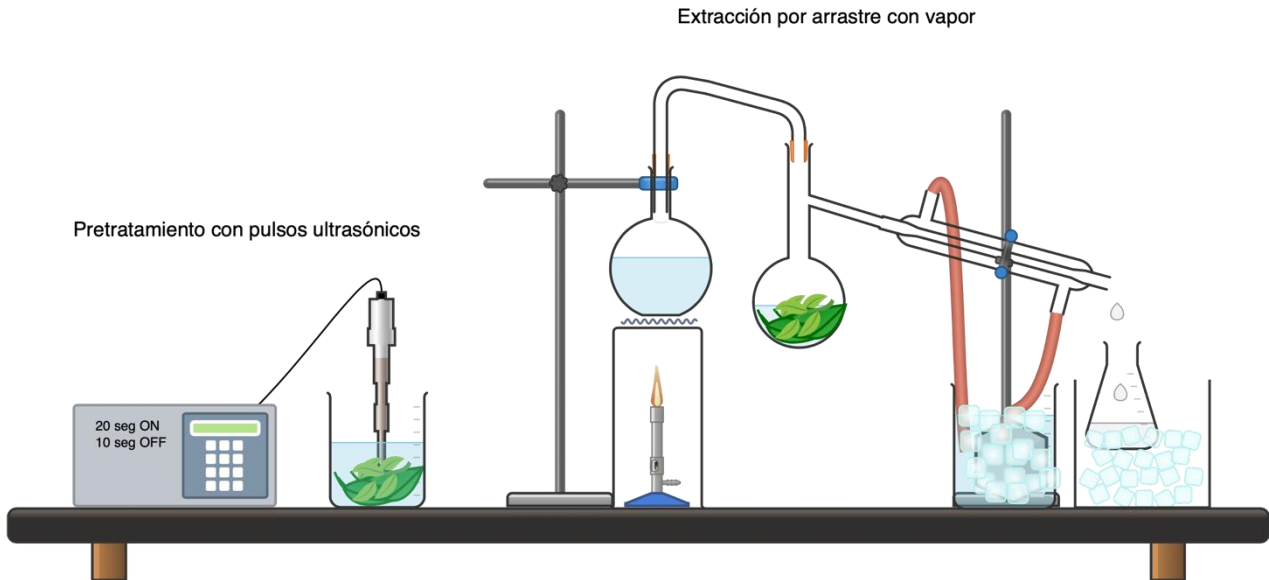


Figura 1. Técnicas de extracción de compuestos bioactivos: Asistencia con pulsos ultrasónicos y Extracción por arrastre con vapor.

Extracción por maceración

Para el método de extracción mediante maceración se siguió la metodología descrita por Melo-Guerrero et al. (2020). En este método de extracción se utilizó la muestra seca y molida, la cual se puso en contacto con alcohol a 96%. Estos disolventes solubilizan la muestra, permitiendo la extracción de distintas sustancias tales como aceites, grasas, proteínas y ceras, obteniéndose así al final una oleorresina o un extracto impuro.

Se trituro la planta golondrina seca en un procesador de alimentos Oster clásico de 1.26 L y se utilizó un molino para reducir el tamaño de partícula. Se pesaron 50 gr de golondrina en matraces y se agregaron 100 mL de etanol al 90%, asegurándose de que cubriera toda la planta triturada y se colocaron en agitación. Una vez sellado se almacenaron en agitación constante durante 10 días protegido de la luz, después de este periodo se procedió a separar el solvente de la muestra mediante filtración con papel whatman número 125 mm con bomba al vacío. El solvente obtenido se guardó en frascos ámbar de vidrio esterilizados previamente.

Extracción por maceración con la asistencia de pulsos ultrasónicos

Después de seguir la metodología descrita por Melo-Guerrero et al. (2020). Se aplicaron los pulsos ultrasónicos siguiendo la metodología de Usaquén Ramírez & Zafra Agudelo (2018). Se aplicaron

directamente en la solución que se preparó en una relación 1:2 de golondrina y alcohol, a continuación, se aplicó los pulsos ultrasónicos durante 20 min con intervalos de 20 segundos de pulsos por 10 segundos de descanso a una amplitud del 30% de onda. Luego de este periodo se siguió la metodología antes mencionada para la extracción por maceración (Figura 2).

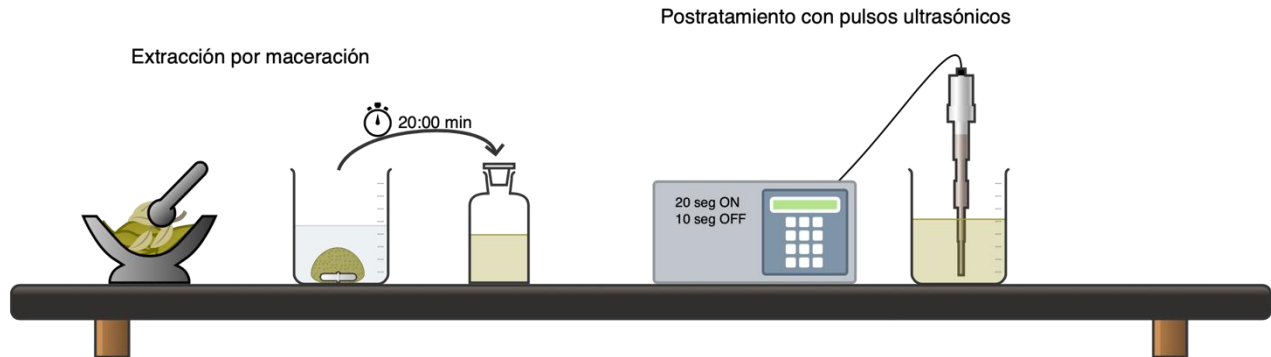


Figura 2. Técnicas de extracción de compuestos bioactivos: Extracción por maceración y asistencia con pulsos ultrasónicos.

Determinación de la capacidad antifúngica

Para la determinación de la capacidad antifúngica se siguió la metodología de Smith y col 1985. El primer paso consistió en reactivar las cepas del hongo *Saprolegnia*, siguiendo la metodología de Flint et al. (2004); se incuban en agar avena, el proceso de reactivación consistió en dejar reposando avena durante 24 horas en agua destilada, a razón de 40 gr/L. Después se prepararon 600 mL de medio de cultivo utilizando el caldo de avena como base para el medio, se adicionaron 2 gr/L de extracto de levadura, 5gr/L de glucosa y 25 gr/L de agar bacteriológico, se llevó a la autoclave a 121 °C, el medio fue acidificado después de la esterilización, con ácido tartárico al 10% a razón de 14mL/L de medio, cuando este alcanzo 45 °C.

A continuación, se evaluó la capacidad antifúngica de los distintos extractos obtenidos siguiendo la metodología de Marqués-Camarena (2015). Se utilizaron dos concentraciones de los distintos extractos 500 µL y 1000 µL, mediante la siembra por difusión en pozo, incubándose a 26 °C para su posterior evaluación radial a los 10 días (Figura 3).

Los extractos evaluados fueron codificados de la siguiente manera, **VSP**: golondrina extraída por arrastre con vapor sin pulsos, **VCP**: golondrina extraída arrastre con vapor asistida con pulsos, **MSP**: golondrina extraída por maceración sin pulsos, **MCP**: golondrina extraída por maceración con pulsos.

Determinación de la actividad antioxidante

Para la determinación de la capacidad antioxidante se siguió la metodología propuesta por Dewanto et al. (2002), con modificación por Tovar del Rio (2013). Se pesaron 1.23 mg de 2,2-difenil-1-

picrilhidracilo (DPPH) en un matraz volumétrico y se disolvieron en 25 ml de dimetilsulfóxido (DMSO) para obtener una solución 125 μ M, la cual se puso en agitación, esta solución madre se utilizó para preparar las diluciones de los distintos viales con los extractos lipídicos obtenidos de la golondrina y se diluyeron en 1 ml de DMSO para obtener soluciones stock de las cuales se tomaron 100 μ l y se diluyeron en 900 μ l para obtener la primera dilución y así sucesivamente. Los resultados se han expresado en equivalentes a Trolox (Figura 3).

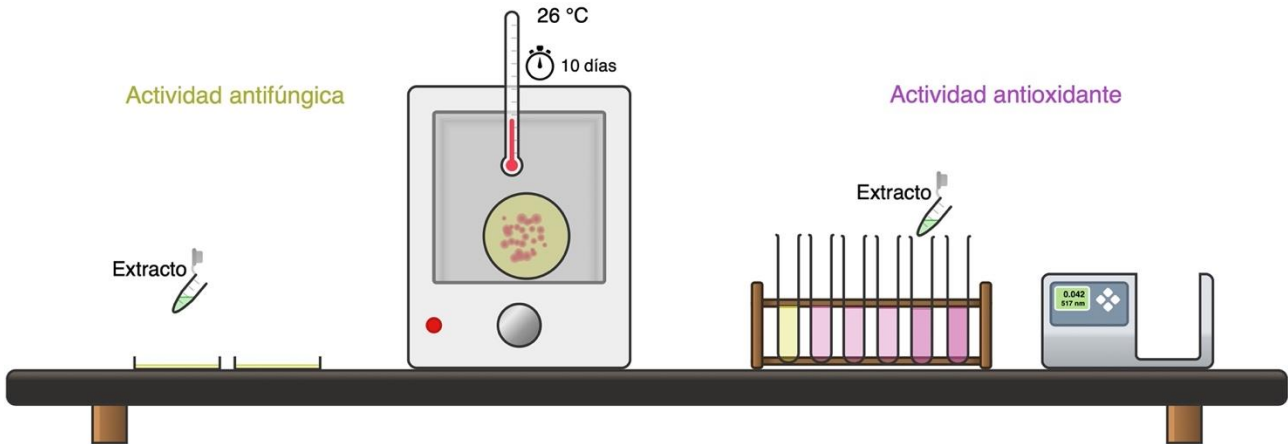


Figura 3. Determinación de actividad antifúngica y actividad antioxidante.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento de los extractos lipídicos

En el Cuadro 1. se observa que el método de extracción por arrastre con vapor con asistencia de pulsos ultrasónicos muestra una diferencia estadísticamente significativa, siendo superior al método sin la asistencia de pulsos. Un comportamiento similar se aprecia en el método de extracción por maceración con asistencia de pulsos ultrasónicos, donde se registran valores más altos comparados con la maceración sin pulsos ultrasónicos.

Cuadro 1. Rendimiento de extracción de fracciones lipídicas

Método de extracción	Pulsos ultrasónicos	Rendimiento %
Arrastre por vapor	Con asistencia	13 \pm 1.2 ^a
	Sin asistencia	10 \pm 0.9 ^b
Maceración	Con asistencia	29 \pm 0.8 ^c
	Sin asistencia	25 \pm 1.0 ^d

Los resultados son promedio de 3 repeticiones \pm desviaciones estándar. Letras diferentes entre columnas indican diferencia significativa entre tratamientos por t-Student para $p < 0.05$

Asimismo, el método de extracción que presenta mayor rendimiento en cuanto a la fracción lipídica es la maceración con asistencia de pulsos ultrasónicos. Este comportamiento posiblemente se

relaciona con el efecto de la cavitación proporcionado por los pulsos ultrasónicos, que rompe estructuras internas donde se encuentran las fracciones lipídicas de la planta golondrina, permitiendo así una mayor extracción, independientemente del método utilizado (Paucarchuco-Soto et al., 2023). Comportamientos similares fueron reportados para la extracción de aceite esencial de toronja mediante arrastre de vapor y maceración por Hernández-Castillo (2021).

Determinación de la capacidad antifúngica

En el cuadro 2 se puede observar el efecto antifúngico de los distintos extractos lipídicos de golondrina obtenidos por ambos métodos arrastre de vapor y maceración. Se utilizaron dos concentraciones para su evaluación frente al hongo *Saprolegnia*, durante un periodo de 10 días.

Los porcentajes de inhibición más altos frente al hongo *Saprolegnia* fueron alcanzados por el extracto obtenido mediante arrastre por vapor con asistencia de pulsos ultrasónicos, a una concentración de 1000 µL, permitiendo el crecimiento del hongo en un 30%. Este método fue seguido por el extracto obtenido por maceración con asistencia de pulsos ultrasónicos, a la misma concentración, permitiendo un crecimiento del hongo del 51%. Estos resultados indican que la asistencia de pulsos ultrasónicos potencia significativamente la capacidad antifúngica de los compuestos presentes en las fracciones lipídicas obtenidas mediante diversos métodos de extracción. Comportamientos similares fueron reportados en la evaluación de aceites esenciales incorporados a películas de quitosano (Valencia-Sullca, et al., 2018).

Cuadro 2. Capacidad antifúngica.

Extractos	Concentración (µl)	Diámetro (mm)	Crecimiento (%)
Control (Sin extracto)	-	35.2 ± 0.05 ^a	100
VSP	500	35.1 ± 0.05 ^a	100
	1000	24.5 ± 0.02 ^b	70
VCP	500	30.1 ± 0.03 ^c	86
	1000	10.5 ± 0.08 ^d	30
MSP	500	35.2 ± 0.04 ^a	100
	1000	30.3 ± 0.07 ^c	86
MCP	500	32.5 ± 0.06 ^e	93
	1000	17.8 ± 0.03 ^f	51

Los resultados son promedio de 6 repeticiones ± desviaciones estándar. Letras diferentes entre columnas indican diferencia significativa entre tratamientos por t-Student para p<0.05. VSP: golondrina extraída por vapor de agua sin pulsos. VCP: golondrina extraída por vapor de agua asistida con pulsos. MSP: golondrina extraída por maceración sin pulsos. MCP: golondrina extraída por maceración con pulsos

La actividad antifúngica observada se atribuye principalmente a los compuestos volátiles y aceites esenciales presentes en las fracciones lipídicas (Allagui et al., 2024; Álvarez-García et al., 2023). Los

extractos que no fueron tratados con asistencia de pulsos ultrasónicos permitieron un mayor crecimiento del hongo, con valores de inhibición que variaron del 70% al 100%. Esto resalta la eficacia de los métodos asistidos por ultrasonidos en la extracción y activación de componentes antifúngicos, subrayando su potencial en aplicaciones antifúngicas avanzadas (Nazzaro et al., 2017; Pabon et al., 2022).

Determinación de la capacidad antioxidante

Los valores obtenidos en relación con la capacidad antioxidante de los distintos extractos se pueden observar en el Cuadro 3. Los valores más altos fueron alcanzados por el método de extracción por arrastre de vapor asistido con pulsos ultrasónicos, con un valor de 103.30 en capacidad antioxidante. Un comportamiento similar se observa en el extracto obtenido por maceración asistida con pulsos ultrasónicos, que presenta un valor de 92.79. Esto confirma que el uso de pulsos ultrasónicos como asistente en la extracción de fracciones lipídicas mejora las propiedades funcionales de los compuestos extraídos, independientemente del método utilizado para su obtención.

Cuadro 3. Capacidad antioxidante

Tratamiento	Actividad antioxidante
MSP	85.86 ± 0.08 ^a
MCP	92.79 ± 0.11 ^b
VSP	100.66 ± 0.02 ^c
VCP	103.30 ± 0.05 ^d

Los resultados son promedio de 3 repeticiones ± desviación estándar. Letras diferentes entre columnas indican diferencia significativa entre tratamientos por t-Student para $p < 0.05$. VSP: golondrina extraída por vapor de agua sin pulsos. VCP: golondrina extraída por vapor de agua asistida con pulsos. MSP: golondrina extraída por maceración sin pulsos. MCP: golondrina extraída por maceración con pulsos.

CONCLUSIONES

El uso de los pulsos ultrasónicos no solo mejora la eficiencia de la extracción de compuestos bioactivos, sino que también incrementa significativamente el rendimiento y la efectividad de las fracciones lipídicas extraídas. Este método, al aprovechar el fenómeno de la cavitación, facilita la ruptura de las estructuras celulares y la liberación de compuestos bioactivos, logrando así una mayor concentración de sustancias funcionales en los extractos obtenidos.

Por otro lado, los pulsos ultrasónicos, además de mejorar la extracción de compuestos bioactivos, también incrementan su efectividad antifúngica, ofreciendo una estrategia prometedora para el control de patógenos como *Saprolegnia*. Estos hallazgos están en consonancia con investigaciones previas que demuestran la efectividad de los aceites esenciales en aplicaciones antifúngicas.

Los valores obtenidos respecto a la capacidad antioxidante son coherentes con determinaciones anteriores, evidenciando el efecto positivo de la asistencia de pulsos ultrasónicos. Esta técnica también potencia las propiedades antioxidantes de los compuestos extraídos, demostrando ser una herramienta valiosa para mejorar la calidad y eficacia de los extractos obtenidos.

La utilización de pulsos ultrasónicos como asistente en el proceso de extracción de las fracciones lipídicas no solo optimiza la recuperación de compuestos bioactivos, sino que también incrementa su funcionalidad, abriendo nuevas posibilidades de uso en diversas aplicaciones industriales y científicas.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez-García, S.; Moumni, M.; & Romanazzi, G. (2023). Antifungal activity of volatile organic compounds from essential oils against the postharvest pathogens *Botrytis cinerea*, *Monilinia fructicola*, *Monilinia fructigena*, and *Monilinia laxa*. *Frontiers in Plant Science*, 14.
- Allagui, M. B.; Moumni, M.; & Romanazzi, G. (2024). Antifungal Activity of Thirty Essential Oils to Control Pathogenic Fungi of Postharvest Decay. *Antibiotics*, 13(1), 28.
- Bermudez-Aguirre, D. (2017). *Ultrasound: Advances in food processing and preservation*. 1st Edición, Kindle *Londres (ed) elsevier*. 529p.
- Casado-Villaverde, I. (2018). Optimización de la extracción de aceites esenciales por destilación en corriente de vapor. Tesis de Licenciatura en ingeniería en tecnologías industriales, Universidad politécnica de Madrid, Madrid.
- Flint, S. J.; Enquist, L. W.; Krug, R. M.; Racaniello, V. R.; & Skalka, A. M. (2004). *Principles of Virology, Molecular Biology, Pathogenesis and Control*. A S M Press. Washington D C. 663-713 pp.
- Dewanto, V.; Wu, K.; Adom & Liu, R. (2002). Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *Journal of agricultural and food chemistry*, 3010-3014.
- Hernández-Castillo, A. V. (2021). *Extracción De Aceite Esencial De Subproductos De La Toronja (Citrus PARADISI) Asistida Por Pulsos Ultrasónicos*, Sonora: Instituto Tecnológico del Valle Del Yaqui.
- Marqués-Camarena, M. (2015). *Composición química de los aceites esenciales de Lavanda y Tomillo. Determinación de la actividad antifúngica.*, Tesis de licenciatura en ingeniería agronómica y del medio rural. Universidad Politécnica. Valencia. España.
- Melo-Guerrero, M. C.; Ortiz-Jurado, D. E.; & Hurtado-Benavides, A. M. (2020). Comparison of the composition and antioxidant activity of the chamomile essential oil (*Matricaria chamomilla*L.) obtained by supercritical fluids extraction and other green techniques. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 44(172):845-856.
- Nazzaro, F.; Fratianni, F.; Coppola, R.; & De Feo, V. (2017). Essential Oils and Antifungal Activity. *Pharmaceuticals*. 10(4):86, 1:20.

- Ozel, M.; & Kaymaz, H. (2004). Superheated water extraction, steam distillation and Soxhlet extraction of essential oils of *Origanum onites*. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 379:1127-1133.
- Pabon, L. C.; Granados-Flórez, J.; Rodríguez-Álvarez, M. F.; Hernández-Rodríguez, P.; & Velasco, W. J. (2022). Antimicrobial Activity of Plant Extracts against Isolated Staphylococcus Infection in Patients with Bacterial Conjunctivitis. *Revista Ciencias de la Salud*. 21(1):1-14.
- Paucarchuco-Soto, J.; Torres-Gutiérrez, E. R.; Javier-Ninahuaman, H. J.; & Flores-Poma, I. G. (2023). Ultrasound optimization for extraction of essential oils from chamo-mile “*Chamaemelum nobile*” using surface response methodology. *Kanyu*. 1(1):2023.
- Pérez-Pezo, G. (2000). Extracción de aceite esencial a partir de cáscara de naranja valencia (*Citrus sinensis*) por dos métodos: arrastre de vapor y solvente orgánico. Tesis de Licenciatura en ingeniería en industrias alimentarias, *Facultad de industria alimentaria*. Universidad Agraria de la selva Tingo María.
- Recio-Cázares, S. L.; Jiménez-González, O.; López-Malo, A.; Palou, E.; & Ramírez-Corona, N. (2024). Enhancing the extraction of essential oil from Mexican lippia (*Aloysia citriodora*) leaves obtained by hydro-distillation aided by natural deep eutectic solvents (NADES). *Chemical Engineering and Processing*, 195,1-9.
- Rojas, N.; Avellaneda, S.; & Cuellar-Cuellar, A. (2010). Plantas empleadas en medicina tradicional en tierra caliente, guerrero, México para el tratamiento de enfermedades, Colombia-México: *Revista colombiana de ciencia animal-recia*. 2(1) 2010.
- Tovar del Rio, J. (2013). Determinación de la actividad antioxidante por DPPH y ABTS de 30 plantas recolectadas en la ecoregión cafetera. Tesis de licenciatura de químico Industrial. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.
- Usaquén Ramírez, M. J.; & Zafra Agudelo, M. A. (2018). Evaluación del proceso de obtención de aceite esencial de semilla de mango a nivel laboratorio, Tesis: Licenciatura. Facultad de ingeniería química, Fundación Universidad de América, Bogotá Colombia.
- Valenzuela-Soto, R.; Jiménez-Villarreal, J.; García-Garza, R.; Betancourt-Martínez, N.; Lozoya-Martínez, R.; Almaráz-Celis, D.; & Morán-Martínez, J. (2019). Evaluation of the Antioxidant Activity of *Cnidioscolus chayamansa* (Chaya), *Euphorbia prostrata* (Herb of the Swallow) and *Jatropha dioica* (Drago blood) in Wistar rats Induced to Hyperglycemia. *International Journal of Morphology*, 37(1):36-42, 2019.
- Valencia-Sullca, C.; Vargas, M.; Atarés, L.; Chiralt, A. (2018). Thermoplastic cassava starch-chitosan bilayer films containing essential oils. *Food Hydrocolloids*, 75, 107-115.
- Villamiel, M.; Montilla, A.; García-Pérez, J.; Cárcel, J.; & Bénédicto, J. (2017). Ultrasound in food processing: Recent advances. *España John wiley-blackwell*.
- Virk-Pannu, S. K.; Kaur, H.; Kaur, K.; Singh, V. (2018). A Comparative Study Of Various Oil Extraction Techniques In Plants: A Review. *Agriways Journal*, 6(2), 59-65.

Índice Remissivo

A

agar, 194, 203
agaváceas, 191, 192, 203
Análisis proximal, 91

B

Bahía de Lobos, 8, 9, 10, 13
biofertilización, 6, 14

C

cactáceas, 191, 192, 193, 194, 201, 203
Convolvulus arvensis, 73, 74
Cromatografía de gases, 168

E

Extracción por arrastre de vapor, 28, 29
Extracción por maceración, 29, 30
extractos de plantas, 139, 146, 148

F

feromonas, 139, 142
fitoestabilización, 197, 203
Formulación, 206

I

in vitro, 139, 140, 141

M

metales pesados, 191, 192, 193, 194, 195, 196,
197, 198, 199, 200, 201, 202, 203
México, 208

P

Parkinsonia aculeata, 6, 8
Pleurotus, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56
Proteína cruda, 92
Pulsos ultrasónicos, 32

Q

Quitinasas, 63

S

semi-desierto, 9
semioquímicos, 139, 149

T

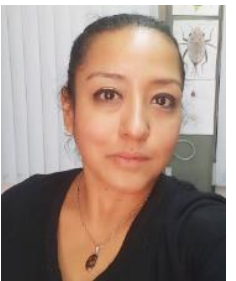
transgénicos, 139



Dr. Leandris Argente-Martínez. Profesor Investigador Titular C, del Tecnológico Nacional de México, Campus valle del Yaqui. Doctorado en Ciencias Biotecnológicas por el Instituto Tecnológico de Sonora. Miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII) Nivel 1. Profesor Perfil Deseable (PRODEP) de la Secretaría de Educación Pública de México, Líder del Cuerpo Académico ITVAYA-CA-3. Línea de investigación: Agricultura sustentable, Fisiología, Bioquímica, Biología Celular y Molecular del estrés.



Dra. Ofelda Peñuelas-Rubio. Profesora Investigadora Titular C, del Tecnológico Nacional de México, Campus valle del Yaqui Doctorado en Ciencias Biotecnológicas por el Instituto Tecnológico de Sonora. Miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII) Nivel 1. Profesora Perfil Deseable (PRODEP) de la Secretaría de Educación Pública de México, Miembro del Cuerpo Académico ITVAYA-CA-3. Línea de investigación: Agricultura sustentable, Fisiología, Bioquímica, Biología Celular y Molecular de sistemas terrestres y costeros.



Dra. Lucila Perales-Aguilar. Profesora Investigadora del Tecnológico Nacional de México, miembro del S.N.I. candidata, con experiencia en biotecnología de plantas del semidesierto y remediación de suelos contaminados con metales pesados. Profesor con perfil deseable de la Secretaría de Educación Pública. Línea de investigación sobre Producción de Cactáceas y Agavaceas *in vitro* y remediación de suelos del semidesierto



Dr. Ugur Azizoglu es profesor asociado en el Departamento de Producción Agrícola y Animal de la Universidad de Kayseri y actualmente continúa su investigación en el Centro de Células Madre y Genoma de la Universidad Erciyes (GENKÖK), Türkiye. Se graduó de la Facultad de Ciencias y del Departamento de Biología de la Universidad Erciyes en julio de 2007 y obtuvo una Maestría en Ciencias en Biología en junio de 2009. Completó su doctorado en el Departamento de Biología de la Universidad Erciyes en 2014. El enfoque de sus estudios es la biotecnología microbiana, el control biológico, las bacterias genéticamente modificadas y las

bacterias promotoras del crecimiento de las plantas. El Dr. Azizoglu ha participado en numerosas conferencias y talleres y se ha desempeñado como revisor de revistas internacionales.



El presente compendio científico “Biotecnología agropecuaria aplicada” aborda temas relevantes del área agropecuaria. Se hace énfasis en el aprovechamiento de microorganismos bacterianos y fúngicos y su potencial uso en los agroecosistemas. Estas aplicaciones con la finalidad de promover prácticas sustentables de producción, desde la promoción del crecimiento vegetal en condiciones ambientales adversas, el biocontrol de fitopatógenos y malezas, así como la biorremediación. También se exploran metodologías novedosas para la obtención de compuestos antioxidantes y antifúngicos. Además, se presentan avances en la elaboración de nuevos alimentos para la producción acuícola, como alternativas para la nutrición efectiva.

Los trabajos aquí presentados constituyen evidencias de los pasos sólidos que dan los diferentes grupos de investigación nacionales e internacionales del área de la biotecnología agropecuaria. Se agradece la participación de los autores que pertenecen al Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII-CONAHCYT) de los Estados Unidos Mexicanos.



Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil
Telefone (66) 9608-6133 (Whatsapp)
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br