



**UJAT**

UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



**JEEOS**

# JOURNAL OF ENERGY ENGINEERING OPTIMIZATION AND SUSTAINABILITY

**2025**



Reserva de Derechos al Uso Exclusivo

No. 01-2016-050908471400-203. ISSN: 2448-8186

Vol. 9 Núm. 3 (2025)



**UJAT**

UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



## DIRECTORIO

**L.D. GUILLERMO NARVÁEZ OSORIO**

Rector

**DR. WILFRIDO MIGUEL CONTRERAS SÁNCHEZ**

Secretario de Investigación, Posgrado y Vinculación

**DR. LUIS MANUEL HERNÁNDEZ GOVEA**

Secretario de Servicios Académicos

**LIC. ALEJANDRINO BASTAR CORDERO**

Encargado del Despacho de la Secretaría de Servicios  
Administrativos



**UJAT**

UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



Esta revista está citada en:

Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal LATINDEX.<http://www.1atindex.unam.mx/>

JOURNAL OF ENERGY, ENGINEERING OPTIMIZATION AND SUSTAINABILITY, Vol 9, No. 3, Año 2025, es una publicación continua editada por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Av. Universidad S/N, Zona de la Cultura, Col. Magisterial, C.P. 86040, Villahermosa, Tabasco, México. Tel. (+52) (933) 358 1500 Ext. 5040, <https://revistajeeos.ujat.mx/JEEOS/es/>, Email: jeeos@ujat.mx. Indizada en LATINDEX. Editora responsable: Laura Lorena Díaz Flores. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2016-050908471400-203, ISSN: 2448-8186, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Pauly González Mayo, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Av. Universidad S/N, Zona de la Cultura, Col. Magisterial, Centro, Tabasco. C.P. 86040. Fecha de última actualización, 17 de diciembre de 2025.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution- NonCommercialShareAlike 4.0 International License.

**Dra. Laura Lorena Díaz Flores**  
**EDITORIA EN JEFE**

**MSI. Alva del Rocío Pulido Téllez**  
**GESTORA**

**M.A. Pauly González Mayo Dra. Antonia del Rocío López Guemez**  
**ASISTENTE EDITORIAL Y MAQUETADO**

**MIS Dalia Exaltación Medina Mandujano MAEE. Mary Cruz Valenzuela Jiménez**  
**ASISTENTE DE DISEÑO Y ESTILO**

**MC Sulma Guadalupe Gómez Jiménez MC Sirleni Ordóñez Frías**  
**ASISTENTE DE TRADUCCION**

#### **EDITORES ASOCIADOS POR ÁREA**

**Dra. Angélica del Carmen Lizardo Pérez**

**M en C en Arq. Margarita del Carmen Noguera Miceli**

**Dra. Haydee Pérez Castro**

**Dr. Luis Manuel López Manrique**

**Dra. Karla María Aguilar Castro**

**Dr. Edgar Vicente Macias Melo**

**Dr. José de los Santos López Lázaro**

**Dra. Lizeth Rojas Blanco**

**Dr. Erik Ramírez Morales**

**M. C. Cristina Ponce Parra**

**Dr. Reymundo Ramírez Betancour**

**Dr. Emmanuel Munguía Balvanera**

**Dr. René Sebastián Mora Ortiz**

## COMITÉ EDITORIAL

Dr. Bassam Ali, Facultad de Ingeniería, **Universidad Autónoma de Yucatán**

Dr. Fabricio Nápoles Rivera, **Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo**

Dr. Francisco López Villareal, **Instituto Tecnológico de Villahermosa.**

Dr. Fernando Israel Gómez Castro, **Universidad de Guanajuato**

Dr. Juan Serrano Arellano, **Instituto Tecnológico de Pachuca**

Dra. Isabel María Valdivia Fernández, **Universidad de la Habana- Facultad de Geografía**

Dra. Ivett Zavala Guillén, **Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California**

Dr. Luis Alfonso García Cerda, **Centro de Investigación de Química Aplicada**

Dra. Nancy del Pilar Medina Herrera, **Universidad Autónoma de Nuevo León**

Dra. Ma. Guadalupe Garnica Romo, **Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.**

Dra. María Guadalupe Alpuche Cruz, **Universidad de Sonora**

Dr. Pedro Cruz Alcantar, **Universidad Autónoma de San Luis Potosí**

Dr. Salvador Tututi Ávila, **Universidad Autónoma de Nuevo León**

Dra. Santa del Carmen Herrera Sánchez, **Universidad Autónoma del Carmen**

**UJAT**UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO

“ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE”

**Índice Vol. 9 Núm. 3 (2025)**

<b>APROVECHAMIENTO DE LOS ESCOMBROS DE CERÁMICA COMO AGREGADO FINO EN MEZCLAS DE MORTERO</b> De la Cruz-López L.F. <sup>1</sup> , Gómez-May E. <sup>1</sup> , Mora-Ortiz R.S. <sup>1*</sup> , Díaz-Alvarado S.A. <sup>1</sup> , Álvarez-Reyes J. <sup>2</sup>	<b>1-14</b>
<b>ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE ABONOS ORGÁNICOS ELABORADOS CON RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS PROCESADOS AERÓBICA Y ANAERÓBICAMENTE</b> San Juan- Martínez A. <sup>1*</sup> , Casanova-Pérez L. <sup>1</sup> , García-Alonso F. <sup>1</sup>	<b>15-32</b>
<b>EFECTO DE LA CONCHA DE OSTIÓN CALCINADA EN LA RESISTENCIA DEL MORTERO DE ALBAÑILERÍA</b> López-López J.M., Jiménez-Bautista J.R., Rodríguez-Martínez K.J., Mora-Ortiz R.S.*., Díaz-Alvarado S.A.	<b>33-46</b>
<b>DESAFÍOS NUMÉRICOS Y SOLUCIONES HIDRÁULICAS PRÁCTICAS A ESCALA LOCAL: CASO UNIDAD CHONTALPA, TABASCO, MEX.</b> Pérez- De la Cruz A. <sup>1</sup> ,Priego-Hernández G. <sup>1</sup> ,Rivera-Trejo F. <sup>1*</sup> .	<b>47-62</b>
<b>ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE LA PRODUCCIÓN DE BIOTURBOSINA A PARTIR DE LODO RESIDUAL: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO</b> Contreras-Vázquez E. <sup>1</sup> , Vargas-Ibáñez L.T. <sup>2</sup> , Cano-Gómez J.J. <sup>1*</sup>	<b>63-78</b>
<b>CUANTIFICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE COMPUESTOS EXTRAIDOS POR MACERACION DE SEMILLAS DE UN ÁRBOL SILVESTRE</b> Juárez-Madrazo E. <sup>1</sup> , Pantoja-Castro M. A. <sup>1*</sup> , García-Gómez J.O. <sup>2</sup> , Vázquez-Guerrero A. <sup>2</sup> , Del Ángel-Meraz E. <sup>1</sup> , Rojas-Blanco L <sup>1</sup>	<b>79-92</b>

## CUANTIFICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE COMPUESTOS EXTRAÍDOS POR MACERACION DE SEMILLAS DE UN ÁRBOL SILVESTRE

### QUANTIFICATION AND IDENTIFICATION OF COMPOUNDS EXTRACTED BY MACERATION OF SEEDS FROM A WILD TREE

Juárez-Madrazo E.<sup>1</sup>, Pantoja-Castro M. A.<sup>1\*</sup>, García-Gómez J.O.<sup>2</sup>, Vázquez-Guerrero A.<sup>2</sup>, Del Ángel-Meraz E.<sup>1</sup>, Rojas-Blanco L<sup>1</sup>

<sup>1</sup> División Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Cunduacán-Jalpa KM. 1, Col. La esmeralda, C.P. 86690. Cunduacán, Tabasco, México.

<sup>2</sup> División Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco-Estancia posdoctoral por México-Inicial CONAHCYT. Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez Kilómetro 1, La Esmeralda, 86690 Cunduacán, Tabasco.

\*mayra.pantoja@ujat.mx

#### Artículo Científico

Publicado: 17 de diciembre 2025

#### RESUMEN

En la naturaleza existen especies que crecen de forma silvestre y que no son aprovechadas completamente por la población. Una de ellas es el árbol Gmelina arborea o melina (nombre común), que crece en muchas regiones de México produciendo un fruto abundante no comestible del que se puede aprovechar su semilla. Considerando lo anterior, en este trabajo se presenta la importancia de demostrar el valor agregado que se le puede dar a esta parte del árbol a partir de la identificación y cuantificación de los compuestos principales presentes. Como primer aporte de este estudio, se presenta el análisis de Espectroscopía Ultravioleta Visible, Espectroscopía de Infrarrojo por Transformada de Fourier (FTIR) y Cromatografía de Gases acoplada a Espectroscopía de Masas

(GC-MS), a muestras obtenidas por extracción por maceración de semillas de melina usando agua, etanol y acetona como solventes, considerando tres tamices de la serie ASTM (20, 40 y 60 mallas) así como extracción por maceración. A partir de los resultados de ultravioleta e infrarrojo se manifiesta la evidencia de grupos funcionales orgánicos y presencia de ácidos de cadenas cortas, sin evidencia de fenoles o polifenoles. Mientras que por CG-MS se identifica que el ácido erúcico se encuentra en un 50.2% para muestras extraídas en acetona y etanol principalmente, y obteniendo también hasta un 23.04% de ácido 9,12-octadecadienoico cuando se emplea agua como solvente seguido por acetona y luego etanol. Lo anterior demuestra que el uso de las semillas de la melina bajo esta técnica de extracción le confiere un



valor agregado del cual la población se puede beneficiar.

**Palabras clave:** Gmelina arborea, perfil fitoquímico, semilla.

## ABSTRACT

In nature, there are species that grow wild and are not fully utilized by the population. One of these is the Gmelina arborea tree, or melina (common name), which grows in many regions of Mexico, and produces an abundant, inedible fruit whose seeds can be used. Considering the above, this work presents the importance of demonstrating the added value that can be given to this part of the tree through the identification and quantification of the main compounds present. As a first contribution of this study, analysis of ultraviolet-visible spectroscopy, Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), and Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) are presented for samples obtained by maceration extraction of melina seeds using water, ethanol, and acetone as solvents. Three ASTM series sieves (20, 40, and 60) were considered during the extraction process. Based on the Ultraviolet and Infrared results, evidence of organic functional groups and the presence of short-chain fatty acids is observed, with no evidence of phenols or polyphenols. Meanwhile GC-MS analysis identified erucic acid at 50.2% mainly in samples extracted with acetone and ethanol, as well as up to 23.04% 9,12-octadecadienoic acid when water was used as the solvent, followed by acetone and then ethanol. These results

demonstrate that the use of melina seeds under this extraction technique provides added value from which the population can benefit.

**Keywords:** Gmelina arborea, phytochemical profile, seed.

## INTRODUCCION

La naturaleza ha dotado de productos y alimentos al ser humano desde su aparición en la tierra, beneficiándose de las diferentes partes de las plantas. Antiguamente se basaba en la observación para determinar e identificar plantas comestibles de las que no lo eran y clasificándolas para diferentes usos. De forma posterior, con la revolución tecnológica y el avance de la ciencia, se generaron nuevos estudios obteniendo un conocimiento importante sobre el uso de las plantas, formas de darle valor agregado, metodologías para obtener compuestos de calidad y pureza, así como la forma de analizar los elementos y compuestos presentes.

En este sentido, la extracción de compuestos a partir de especies vegetales es un proceso fundamental en la obtención de compuestos activos y bioactivos con aplicaciones en diversas industrias, entre las que destacan la farmacéutica, alimentaria y cosmética por destacar algunas de ellas.

Este proceso se basa en la separación selectiva de los compuestos deseados de la matriz vegetal utilizando diferentes métodos y condiciones [1,2].

Existen tanto técnicas convencionales como no convencionales de extracción de compuestos vegetales. Las primeras de ellas incluyen la maceración, la percolación, la extracción con solventes, la destilación y la decocción, entre otras. Por otro lado, las técnicas no convencionales abarcan métodos como la extracción con fluidos supercríticos, la extracción asistida por microondas y la extracción por ultrasonido [3]. En el caso de las técnicas convencionales se clasifican principalmente según el tipo de solvente utilizado y el proceso de extracción. Por ejemplo, la maceración implica la inmersión de la muestra vegetal que puede ser cualquier parte de la planta o árbol en un solvente durante un período de tiempo determinado, mientras que la percolación implica el paso continuo de solvente a través del material vegetal.

El efecto de la temperatura en la extracción de compuestos vegetales es significativo ya que pueden degradarse los compuestos, o bien si esta es muy baja se puede obtener cantidades muy pequeñas o nula concentración de algún compuesto [4,5].

Por otra parte, el tamaño de partícula empleado en el proceso de extracción también juega un papel crucial, ya que partículas más finas proporcionan una mayor área de superficie para la interacción entre el solvente y la muestra vegetal, lo que puede aumentar la eficiencia de extracción [6, 7, 8]. Mientras que partículas más grandes pueden obstaculizar la difusión de los

compuestos hacia el solvente, reduciendo la eficacia del proceso.

La elección del solvente adecuado es otro factor determinante en el éxito de cualquier proceso de extracción. El solvente debe ser capaz de disolver selectivamente los compuestos de interés sin extraer impurezas no deseadas.

Se prefieren solventes con polaridades similares a los compuestos de interés, ya que esto facilita su solubilización y extracción eficiente [9,10].

Bajo este análisis la extracción de compuestos de árboles no solo ofrece beneficios económicos al aprovechar una fuente renovable y natural de materiales, sino que también conlleva ventajas ambientales significativas.

Por otra parte, el árbol de Gmelina arbórea, conocido comúnmente como melina o gamhar, ha ganado reconocimiento por su amplia gama de usos y aplicaciones en diversas industrias [10]. Es una especie de árbol de hoja perenne perteneciente a la familia Lamiaceae, originario de las regiones tropicales y subtropicales del sur y sureste de Asia, y se caracteriza por su rápido crecimiento y altura impresionante llegando a alcanzar hasta 30 metros.

En cuanto a su follaje, sus hojas son simples, opuestas y lanceoladas, con bordes ligeramente dentados, y sus flores, de color amarillo pálido, se agrupan en inflorescencias axilares [11].

En México, el árbol de Gmelina arbórea (**Figura 1**), se encuentra principalmente en las regiones cálidas y húmedas del sur y sureste del país, donde las condiciones climáticas favorecen su crecimiento, desarrollo y abundante producción de frutos no comestibles en que caen directamente en el piso sin aprovechamiento alguno, lo que propicia en ocasiones infestación de moscas principalmente.



**Figura 1.** Árbol de Gmelina arbórea y sus partes

Particularmente, la melina se puede encontrar en los estados de Chiapas, Tabasco, Veracruz, Oaxaca, y en algunas zonas de la península de Yucatán.

La importancia de impulsar el uso de procesos de extracción de todas las partes de este árbol, incluyendo hojas, tallos, corteza y frutos, radica en el potencial que estas partes poseen para la obtención de compuestos valiosos.

La literatura define que los compuestos en este tipo de árboles incluyen alcaloides, flavonoides, taninos, terpenoides y otros fitoquímicos con propiedades medicinales y funcionales [12,13, 14], acciones que contribuyen a la conservación de los recursos naturales al

reducir la dependencia de la producción sintética, que a menudo conlleva impactos negativos en el medio ambiente.

Además, el uso de procesos de extracción de compuestos de árboles, como la Gmelina arbórea, puede fomentar el desarrollo económico local al promover la creación de empleos en comunidades rurales y la diversificación de la economía basada en recursos forestales [15,16]. Asimismo, alentar la extracción sostenible de compuestos de esta especie puede ayudar a conservar los bosques y promover prácticas de manejo forestal responsable [17].

En este trabajo, se analizó la extracción por maceración de compuestos de la semilla del árbol Gmelina arbórea utilizando diferentes solventes (agua, acetona y etanol) y tres tamaños de partícula (20, 40 y 60 mallas) para su posterior caracterización e identificación de compuestos.

## METODOLOGÍA

**Materiales.** En la obtención de extractos de las semillas de Gmelina arbórea, se emplearon semillas secas, así como solventes agua, etanol y acetona. Todos los solventes son de alta pureza (99%) y de la marca Sigma Aldrich.

**Proceso experimental.** Para obtener las semillas del árbol Gmelina arbórea, se recolectaron sus frutos maduros no comestibles en la localidad de Cunduacán, Tabasco, los cuales fueron despulpados para obtener la semilla. De

forma posterior éstas fueron lavadas y secadas durante tres días a 70 °C en una estufa a peso constante. Posteriormente estas semillas fueron molidas y tamizadas usando 20, 40 y 60 mallas que generaron tamaño de partículas de 0.17-0.60 mm (muestra 20 mallas), 0.70-4.00 mm (muestra 40 mallas) y de 5.0-15.00 mm (muestra 60 mallas), respectivamente.

Estos tamices fueron empleados ya que otros estudios han evidenciado que el tamaño de partícula modifica la cantidad y tipo de compuestos extraídos.

Para llevar a cabo el proceso de extracción, se utilizó una relación básica de 1:10 solvente: muestra de semilla triturada de *Gmelina arborea* para cada experimento de extracción, añadiendo la semilla tamizada a cada solvente y dejando cada muestra en maceración durante 30 horas a la temperatura correspondiente indicada en la **Tabla 1**, valores correspondientes a las temperaturas próximas de ebullición de cada solvente etanol (E), acetona (A) y agua (W).

Una vez concluida la etapa de calentamiento, los extractos fueron filtrados y almacenados para su posterior caracterización por espectroscopía de infrarrojo, Uv-visible, así como cromatografía de gases acoplada a masas.

**Caracterización de las muestras.**  
Durante la experimentación se realizó un análisis visual del cambio de coloración en todas las muestras para observar la

evolución de la extracción, como primer análisis indagatorio.

Los extractos obtenidos fueron analizados mediante espectroscopía de Infrarrojo con Transformada de Fourier utilizando un espectrofotómetro FTIR marca Shimadzu, modelo IRAffinity-1 en un intervalo de longitud de onda que va desde 500 a 4000 cm<sup>-1</sup>, espectroscopía de infrarrojo empleando un espectrofotómetro UV-Vis Agilent 8453 (G1103A) a una resolución 1.6 nm así como en un cromatógrafo de gases Shimadzu (GCMS-QP2010 Ultra) acoplado a un espectrómetro de masas usando una columna convencional SH-RXI- 5SIL MS de 30 metros, con un diámetro interno de 0.25 mm y un espesor de película de 0.25 µm.

**Tabla 1.** Condiciones de extracción empleadas en las muestras

ID	Tamaño (mm)	Solvente	T (°C)
ET <sub>1</sub> A	0.17 – 0.60	Etanol	60
ET <sub>1</sub> B	0.70 – 4.00	Etanol	60
ET <sub>1</sub> C	5.0 – 15.00	Etanol	60
AT <sub>2</sub> A	0.17 – 0.60	Acetona	50
AT <sub>2</sub> B	0.70 – 4.00	Acetona	50
AT <sub>2</sub> C	5.0 – 15.00	Acetona	50
WT <sub>3</sub> A	0.17 – 0.60	Agua	80
WT <sub>3</sub> B	0.70 – 4.00	Agua	80
WT <sub>3</sub> C	5.0 – 15.00	Agua	80

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En muchos estudios la observación visual puede parecer subjetiva en comparación con técnicas cuantitativas más precisas, pero su importancia radica en permitir realizar una comprensión inmediata e intuitiva de los cambios y patrones en los datos experimentales, por lo que sirve como una herramienta complementaria a las técnicas cuantitativas, y precisamente los análisis visuales se respaldan con mediciones cuantitativas.

En la **Tabla 2** se aprecia el análisis visual para los extractos para los tres tamaños de partícula y utilizando agua como solvente como una primera apreciación de las tonalidades de este extracto en este solvente, y que para el caso del etanol y acetona son similares. Se tomaron fotografías al inicio de la extracción, a la primera semana de extracción (15 horas de operación) y al finalizar el proceso de extracción (30 horas). Se observa que hay un cambio progresivo de color a medida que aumenta el tiempo de extracción, así, mismo hay una variación del color de acuerdo con el tamaño de partícula como evolución de la extracción de los compuestos a lo largo del tiempo.

Por otra parte, en la **Figura 2** se presentan los resultados de las pruebas de UV-Vis para el tamaño de partícula más fina usando agua (color azul), acetona (color rojo) y etanol (color negro) como solventes.

En el espectro UV- Vis para estas tres muestras se aprecian espectros con

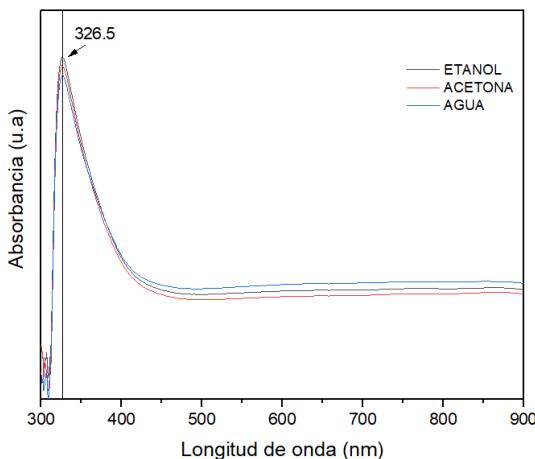
tendencias similares con un pico máximo alrededor de 326.5 nm que corresponde a la presencia de compuestos de cadenas cortas, principalmente a las familias de los ácidos pentadecanoico, hexadecanoico y octadecanoico, que son compuestos de cadenas abiertas formadas por elementos como carbono, hidrógeno y oxígeno [18-19].

Además, este resultado pone de evidencia que no hay presencia de picos asociados a compuestos polifenólicos de gran peso molecular que suelen aparecer por arriba de los 400 nm o sus moléculas más simples que son los fenoles y que

aparecen por debajo de los 250 nm en la mayoría de los compuestos, que en este caso para esta especie tampoco aparecen.

**Tabla 2.** Evolución visual de la extracción utilizando agua

Clave	0 horas	15 horas	30 horas
WT <sub>3A</sub>			
WT <sub>3B</sub>			
WT <sub>3C</sub>			



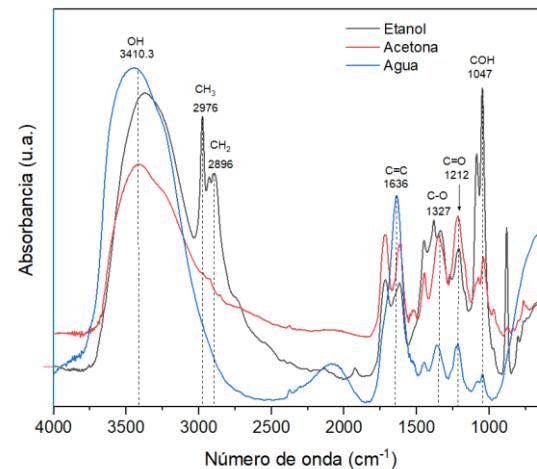
**Figura 2.** Espectros de Uv-visible para muestras de tamaño fino

En la **Figura 3** se presentan los espectros FTIR de los extractos de la semilla obtenidos en agua (color azul), acetona (color rojo y etanol (color negro) para el tamaño más fino de partículas (60 mallas) encontrándose picos bien definidos para la banda del grupo hidroxilo (OH) en el intervalo de 3700 a 3050 cm<sup>-1</sup> asociado al agua del medio ambiente y a las contribuciones de alcoholos presentes en los extractos y a los grupos funcionales de los propios solventes.

De forma general muy cerca de 2976 y 2896 cm<sup>-1</sup> respectivamente, aparecen dos picos asociados a los estiramientos del grupo CH<sub>3</sub>- y CH<sub>2</sub>- respectivamente de las vibraciones de tipo asimétricas de las cadenas de los alcanos.

También en estos espectros se aprecia a 1636 cm<sup>-1</sup> la contribución de las vibraciones de tensión de los enlaces

conjugados de tipo C=C. Entre 1327 y 1047 cm<sup>-1</sup> es posible identificar las contribuciones de los grupos funcionales asociados a ácidos carboxílicos (estiramientos de moléculas de tipo C-O, C=O y COH).



**Figura 3.** Espectros de infrarrojo para muestras de tamaño fino

Como se aprecia en estos análisis, los espectros de infrarrojo son diferentes respecto a cada muestra debido a que la contribución mayor de especies que se detecta por esta técnica es debido al tipo de solvente usado (etanol, acetona y agua), sin embargo, si se comparan los espectros puros de estos solventes se nota que hay algunas señales que no corresponden y son las analizadas previamente propias de los compuestos presentes en las semillas de este árbol.

Estos resultados marcan un estudio del tipo de grupos funcionales que se pueden encontrar en este tipo de extractos con lecturas muy próximas a las que se reportan en otras fuentes [20-21].

Por otra parte, los resultados obtenidos en la caracterización por cromatografía de gases de los extractos para las muestras empleando etanol, acetona y agua, para los tamaños de partículas finas (A) se reportan en la **Tabla 3** mientras que para las medianas (B) y grande (C) se muestran en la **Tabla 4**. Los resultados del análisis cromatográfico de gases de estas dos tablas demuestran que la extracción por maceración de semillas de melina fue exitosa en la obtención de ácido erúcico y ácido 9,12-octadecadienoico. Se observó que el porcentaje de extracción de ácido erúcico se encuentra entre 41.35-50.20%, mientras que el ácido 9,12-octadecadienoico se encuentra presente entre 22.39-29.3%.

Para el caso de las muestras con tamaños de partícula media (B) y grande (C), se logró extraer el ácido n-hexadecanoico, el ácido pentadecanoico y el ácido octadecanoico en porcentajes considerables, mientras que las muestras con tamaños de partícula fina (A) los cinco compuestos con mayor porcentaje encontrados GC-MS fueron: 9,12-ácido octadecadienoico (Z,Z)-, ácido cis-vaccenico, beta.-d-Mannofuranoside, (9Z,12Z,15Z) -3,7-dimetilloct-6-en-1-yl octadeca-9,12,15-trienoata y 8,12-ácido tetradecadienoico, 5-etenil-3,5,9,13-tetrametil-, metil ester.

Con este análisis, se demuestra que la extracción de ácido erúcico de las semillas de melina alcanza un rendimiento máximo del 50.2% con agua como solvente, seguido

por acetona (47.17%) y etanol (46.26%). Además, la extracción de ácido 9,12-octadecadienoico mostró un rendimiento máximo del 29.30% con acetona, seguido por agua (24.83%) y etanol (22.39%). Ambos compuestos son importantes para la industria farmacéutica, alimenticia e industrial.

El ácido erúcico es precursor para la elaboración de plásticos, lubricantes y tensoactivos, mientras que el ácido octadecanoico es muy usado en la industria de los cosméticos como cremas, jabones y cosméticos. Los resultados anteriores indican, la viabilidad y facilidad para utilizar la técnica extracción por maceración para obtener compuestos bioactivos de interés de las semillas de Gmelina arborea en cantidad considerable, y que puede ser utilizada por la población para su propio beneficio, al aprovechar esta parte de la planta que generalmente es considerada como un desecho natural. que puede ser usada por la población en general.

La afinidad química de un solvente para la extracción de un determinado compuesto se atribuye a su capacidad para interactuar con los grupos funcionales presentes en el compuesto, facilitando su solubilización.

El ácido erúcico es un ácido graso monoinsaturado que posee una cadena hidrocarbonada larga y un grupo carboxilo (-COOH) en su estructura, lo que le da una naturaleza lipofílica, lo que hace que el ácido erúcico tienda a disolverse mejor en solventes orgánicos como la acetona y el etanol, en lugar del agua.

**Tabla 3.** Compuestos identificados por GC/SM en extractos con muestras de tamaño A

Compuesto	Área (%)		
	ET <sub>1</sub> A	AT <sub>2</sub> A	WT <sub>3</sub> A
Propanoic acid, 2-hydroxy-, ethyl ester	---	---	3.99
Dihidroxiacetona	---	---	3.37
Cyclopantanona	---	---	2.09
Cyclohexanona	---	---	5.34
1,3-Dioxolano, 2,4,5-trimetil-	---	---	0.82
Diglicerol	---	---	15.16
Etil 3-(2,6-dimetilmorfolino)propionato	---	---	5.83
Glicerina	---	---	22.72
Ácido acetico	---	---	6.74
1,4-Dioxin, 2,3-dihydro-5,6-dimethyl-	---	---	10.21
Furaneol	---	---	1.9
Ciclopropil carbinol	---	---	0.46
1,2-Heptanodiol	---	---	1.32
4H-Piran-4-one, 2,3-dihidro-3,5-dihidroxi-6-metil-	---	---	4.78
16-Hexadecanoil hidrazida	---	0.09	---
2-Ciclohexeno-1-ácido carboxylico	5.37	---	---
Ácido estearico		0.12	---
2,6,10-Dodecatrieno-1-ol, 3,7,11-trimetil	0.4	---	---
Citronel butirato	1.04	---	---
Decanohydrazida	---	0.15	---
Citronelol	0.39	---	---
Citronelal	3.85	---	---
(E)-3,7-Dimetillocta-2,6-dien-1-il dodecanoate	2.7	---	---
Ciclohexeno, 4-(4-ethylcyclohexil)-1-pentil-	1.39	---	---
Ciclopropanemethanol, .alpha.,2-dimethyl-2-(4-methyl-3-pentenyl)-, [1.alpha.(R*),2.alpha.]-6-ácido octenoico, 3,7-dimetil-, 3,7-dimetil-6-octenil ester	1.31	---	---
beta.-d-Mannofuranosida, O-geranil	10.66	---	---
n-ácido hexadecanoico	---	8.48	1.39
Ácido hexadecanoico	---	0.28	---
3,7-Dimetilloct-6-en-1-yl decanoate	4.74	---	---
9-Ácido octadecenoico (Z)-, methyl ester	---	0.21	3.71
4,8-Decadienal, 5,9-dimetil	1.43	---	---
Ácido eurico	---	---	7.94
9,12-ácido octadecadienoico	---	29.38	---
2,10-Dodecadieno-1-ol, 3,7,11-trimetol	5.01	---	---
Ácido linoelaidico	---	2.65	---
Ácido eicosanoic	---	7.6	1.67
Ácido octadecanoic	5.37	---	---
Ácido Octadecanoico	---	0.14	---

Los resultados muestran un efecto contrario al esperado, lo que indicaría que la composición de la semilla de Gmelina arbórea es clave en la eficacia de la extracción, es decir, el proceso de extracción tiene que ver más con las interacciones entre la matriz de la semilla y el solvente, junto con las características moleculares del ácido erúcico. Algunas semillas contienen componentes adicionales, como lípidos, proteínas y compuestos fenólicos, que pueden interactuar de manera única con el agua, facilitando la solubilidad del ácido erúcico. Además, la estructura física de la semilla puede influir en la accesibilidad del solvente a los ácidos grasos. Lo que demuestra o resalta la importancia de considerar la composición específica de la muestra al diseñar procesos de extracción, desafiando las convenciones sobre la elección del solvente óptimo.

Los análisis realizados a los extractos muestran una clara influencia del tamaño de partícula y del tipo de solvente en la eficiencia de la extracción. Las partículas más finas permitieron la extracción de un mayor número de compuestos, aunque las partículas más grandes facilitaron la extracción de ciertos compuestos en concentraciones más altas.

Lo anterior se atribuye por la mayor área superficial disponible en las partículas más finas, lo que facilita la transferencia de los compuestos hacia el solvente. No obstante, las partículas más grandes pueden proporcionar condiciones más favorables para la extracción de compuestos específicos debido a una mayor interacción entre la muestra y el solvente.

**Tabla 4.** Compuestos identificados por GC/SM en extractos con muestras de tamaño B y C

Compuesto	Área (%)					
	ET <sub>1</sub> B	ET <sub>1</sub> C	AT <sub>2</sub> B	AT <sub>2</sub> C	WT <sub>3</sub> B	WT <sub>3</sub> C
Ácido n-hexadecanoico	15.94	13.86	10.6	10.88	9.79	11.23
Éster etílico del ácido hexadecanoico	1.08	---	0.59	---	---	---
9,12-Ácido octadecadienoico	22.79	22.39	29.3	23.71	23.04	24.83
Ácido erúcico	41.35	46.29	44.53	47.17	---	---
Ácido pentadecanoico	18.84	13.12	---	---	50.2	47.43
(E)-9-éster etílico del ácido octadecenoico	---	4.34	---	2.48	---	---
cis-11-ácido eicosenoico	---	---	---	2.22	3.92	2.06
Ácido octadecanoico	---	---	7.28	9.83	9.11	10.07
Oleato de etilo	---	---	1.83	---	3.93	4.38
Compuestos en menor proporción*	---	---	*	*	---	---

## CONCLUSIONES

En este trabajo se encontró que la semilla del árbol Gmelina arborea contiene compuestos de interés que son empleados en la industria farmacéutica, alimenticia y de cosméticos principalmente. Este árbol genera de forma abundante semillas de gran tamaño que son consideradas un desecho; sin embargo, su estudio es de gran importancia debido al valor agregado que puede otorgárseles. El estudio realizado se centró en analizar la cantidad y tipo de extraíbles presentes en esta parte de la planta al usar agua, etanol y acetona como solventes, empleando tres tamaños de partícula y extracción por maceración para todos los casos.

Los análisis realizados por espectroscopía visible e infrarrojo muestran la presencia de compuestos orgánicos característicos de esta especie con tendencia a encontrar estructuras derivadas de los ácidos grasos y grupos carboxílicos principalmente.

Por otra parte, al analizar todos los extractos de la semilla por cromatografía de gases acoplada a masas, se identificaron y cuantificaron una gran variedad de compuestos que difieren entre cada muestra, pero con mayor presencia de ácido erúcico, al utilizar agua como solvente, seguido por acetona y etanol.

Los resultados obtenidos de este trabajo proporcionan información valiosa del

contenido de las semillas y la relevancia que tiene este trabajo para el desarrollo de procesos de extracción más eficientes, sostenibles, que pueden estar al alcance y ser realizadas por la población considerando además el uso de solventes de baja toxicidad y bajo costo como son etanol, acetona y agua.

Este trabajo cuenta con muchas áreas de desarrollo y oportunidad a futuro ya que se puede estudiar a más detalle la interacción del tamaño de partícula con el solvente usado para lograr extraer nuevos o en mayor proporción los compuestos encontrados, así como la purificación y separación de estos analizando su capacidad como lubricantes y emulsificantes para la generación de nuevos productos como jabones, cremas, entre otros. Otro aporte para estudiar en este árbol es el aprovechamiento de la pulpa de sus frutos no comestibles.

## REFERENCIAS

- [1] Mannino, G., Perrone, A., Campobenedetto, C., Schittone, A., Margherita Berte, C.; Gentile, C. (2020). Phytochemical profile and antioxidative properties of plinia trunciflora fruits: a new source of nutraceuticals. *Journal of Food Chemistry*, 307, 125515.
- [2] Tzima K, Brunton NP, Rai DK. (2018). Qualitative and quantitative analysis of polyphenols in lamiaceae plants-a review. *Journal of Plants*. 7(2) 1-25.
- [3] Manousi, N., Sarakatsianos, I., Samanidou, V. (2019). Extraction techniques of phenolic compounds and other bioactive compounds from

- medicinal and aromatic plants. In *Engineering tools in the beverage industry* (283-314). Woodhead Publishing.
- [4] Mannino, G., Chinigò, G., Serio, G., Genova, T., Gentile, C., Munaron, L., Berte, C. M. (2021). Proanthocyanidins and where to find them: a meta-analytic approach to investigate their chemistry, biosynthesis, distribution, and effect on human health. *Journal of Antioxidants*, 10(8), 1229-1283.
- [5] Muñoz, W., Chávez, W., Pabón, L. C., Rendón, M. R., Patricia C., M., Otálvaro-Álvarez, A. M. (2015). Extracción de compuestos fenólicos con actividad antioxidante a partir de Champa (Campomanesia lineatifolia). *Revista CENIC. Ciencias Químicas*, 46, 38-46.
- [6] López F., O., Domínguez, R., Pateiro, M., Munekata, P. E. S., Rocchetti, G., Lorenzo, J. M. (2020). Determination of polyphenols using liquid chromatography-tandem mass spectrometry technique (LC-MS/MS): a review. *Journal of Antioxidants*, 9(6), 479.
- [7] Trujillo, A. S. D., Insuasti, J. A. P. (2018). Influencia del tamaño de partícula, la agitación y el tiempo en la extracción de sustancias bioactivas de filaseta ostra (*Pleurotus ostreatus*). *Revista Biorrefinería* 1(3), 26-36.
- [8] Soto G., M., Rosales C., M. (2016). Efecto del solvente y de la relación masa/solvente, sobre la extracción de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de extractos de corteza de *Pinus durangensis* y *Quercus sideroxyla*. *Maderas. Ciencia y Tecnología*, 18(4), 701-714.
- [9] Gómez M., E., Rosales C., N., León G., M.E., Madrid, Y. (2019). Determination of phenolic compounds in residual brewing yeast using matrix solid-phasedispersion extraction assisted by titanium dioxide nanoparticles. *Journal of Chromatography A*, 1601, 255-265.
- [10] Li, W., Zhang, X., Chen, R., Li, Y., Miao, J., Liu, G., Lan, Y., Chen, Y., Cao, Y. (2020) HPLC fingerprint analysis of phyllanthus emblica ethanol extract and their antioxidant and anti-inflammatory properties. *Journal of Ethnopharmacol.* 2254, 112740.
- [11] Santos, I. E. M., Fiallo, V. R. F. (2002). Plantas ornamentales en Cuba I. Lámiales. *Revista del Jardín Botánico Nacional*, 263-284.
- [12] Xueling C., Weiqing L., Jing X., (2024). Natural phenolic compounds: antimicrobial properties, antimicrobial mechanisms, and potential utilization in the preservation of aquatic products. *Journal of Food Chemistry*, 440, 138198.
- [13] Jiayi W., Shufang Z., Futai L., Shuo W., Qiliang D., (2024). Polyphenols functionalized MOF encapsulated BPQDs for synergistic photothermal/photodynamic antibacterial properties and multifunctional food preservation. *Journal of Food Chemistry*, 451, 139451.
- [14] Azmir, J., Zaidul, I. S. M., Rahman, M. M., Sharif, K. M., Mohamed, A., Sahena, F., Omar, A. K. M. (2013). Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of Food Engineering*, 117(4), 426-436.
- [15] Boarino A., Klok H. A. (2023). Opportunities and challenges for lignin valorization in food packaging, antimicrobial, and agricultural applications. H. *Journal of Biomacromolecules*, 24, 3,1065-1077.

- [16] Shikai Z., Xinxin C., Wenjing Y., Quanbin F., Feng S., Peng W., Yijing L., Fen W., Houshen L., Shiyun A., (2024). Converting fruit peels into biodegradable, recyclable and antimicrobial eco-friendly bioplastics for perishable fruit preservation, *Journal of Bioresource Technology*, 406, 131074.
- [17] Jha, A. K., Sit, N. (2022). Extraction of bioactive compounds from plant materials using combination of various novel methods: A review. *Trends in Journal of Food Science and Technology*, 119, 579-591.
- [18] Ayag, O. A., Padonat, K. L., Minguita, K. E. S., Vergara, J. A. O., Jusoy, J. C., Cornelio S. C. (2025). Disease spectral identification and analysis on the bark of Gmelina (Gmelina arborea Roxb). *Journal Sylva Lestari*. 13 (1) 60-74.
- [19] Leufen, G., Noga, G., and Hunsche, M. (2014). Proximal sensing of plant-pathogen interactions in spring barley with three fluorescence techniques. *Sensors* 14(6): 11135–11152.
- [20] Domínguez-Pérez, L. A., Lagunes-Gálvez, L. M., Barajas-Fernández, J., Olán-Acosta, M. A., García-Alamilla, R., & García-Alamilla, P. (2019). Caracterización vibracional de grupos funcionales en granos de cacao durante el tostado usando espectroscopía de infrarrojo por transformada de Fourier. *Acta Universitaria* 29, e2172.
- [21] Sócrates, G. (2004). Infrared and raman characteristic group frequencies: tables and charts. John Wiley & Sons.

