

**ESTUDIO MONOGRÁFICO SOBRE OBTENCIÓN DE ACEITES Y MATERIAL
PARTICULADO PARA USO COSMÉTICO A PARTIR DE RESIDUOS COMO
SEMILLAS, GENERADAS EN LA AGROINDUSTRIA CORDOBESA**

VANESSA MONTES AGUILAR

DIRECTOR:

Dra. MARY C. MONTAÑO CASTAÑEDA

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
PROGRAMA DE QUÍMICA
MONTERÍA**

2020

**ESTUDIO MONOGRÁFICO SOBRE OBTENCIÓN DE ACEITES Y MATERIAL
PARTICULADO PARA USO COSMÉTICO A PARTIR DE RESIDUOS COMO
SEMILLAS, GENERADAS EN LA AGROINDUSTRIA CORDOBESA**

MONOGRAFÍA PARA OPTAR AL TÍTULO DE QUÍMICO

VANESSA MONTES AGUILAR

DIRECTOR:

Dra. MARY C. MONTAÑO CASTAÑEDA

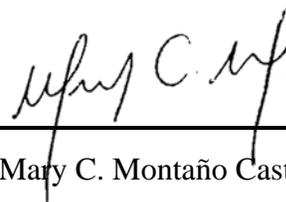
**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
PROGRAMA DE QUÍMICA
MONTERÍA**

2020



NOTA DE ACEPTACIÓN

El informe de trabajo de grado en modalidad monografía titulado: **“ESTUDIO MONOGRÁFICO SOBRE OBTENCIÓN DE ACEITES Y MATERIAL PARTICULADO PARA USO COSMÉTICO A PARTIR DE RESIDUOS COMO SEMILLAS, GENERADAS EN LA AGROINDUSTRIA CORDOBESA”** realizado por la estudiante VANESSA MONTES AGUILAR, cumple con los requisitos exigidos por la facultad de Ciencias Básicas de la Universidad de Córdoba para optar al título de QUÍMICO y ha sido aprobado.



PhD. Mary C. Montaña Castañeda

Directora

MSc. Alberto Angulo Ortiz

Jurado

MSc. Miguel Guzmán Navas

Jurado

AGRADECIMIENTOS

*Agradecida inmensamente con el forjador de mi camino, **mi amado Dios**, quien me sostuvo y me ayudó todo este tiempo; aun cuando creí que todo estaba perdido.*

*A mis Padres **Diomedes Montes y Yaneth Aguilar** que nunca dudaron en darme la mano cuando más lo necesitaba y apoyarme incondicionalmente para ser hoy una mejor persona.*

*A mis hermanas **Meli y Mave** que son mi impulso a seguir para buscar mi superación profesional.*

*A mi compañero **Juan Pablo Franco**, y a todos mis familiares en especial a **Nellis Hernández, Mari Aguilar, Johana Aguilar, Álvaro Aguilar, Teresa Doria** quienes siempre estuvieron apoyándome a cada momento y quienes me tendieron la mano cuando más la necesitaba.*

*A mi querida profe **Mary Montaña**, asesora del presente Trabajo, por confiar en mi desempeño, responsabilidad y por brindarme su apoyo profesional; y a cada miembro del Laboratorio de Productos Naturales de la Universidad de Córdoba.*

*A mis queridos amigos **Karina Causil, Andrés Durán, Marisol Martínez, William Negrete y Senis Montiel** quienes fueron incondicionales en todo este proceso, y a todos mis compañeros y futuros colegas, incluyendo mi peculiar grupo **fusión** por acompañarme en este valioso proceso de formación.*

A mi querida Alma Máter, la Universidad de Córdoba y su cuerpo de docentes por permitirme enriquecer mi intelecto en tan acogedoras instalaciones.

ÍNDICE

ABREVIATURAS	1
LISTA DE TABLAS	2
LISTA DE FIGURAS	3
RESUMEN	4
ABSTRACT	5
INTRODUCCIÓN	6
OBJETIVOS	7
OBJETIVO GENERAL.....	7
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
CAPÍTULOS	8
CAPITULO 1. GENERALIDADES SOBRE LOS ACEITES DE SEMILLAS.....	8
CAPÍTULO 2. SEMILLAS DE INTERÉS PARA ESTE ESTUDIO	12
2.1 Semillas de guanábana <i>Annona muricata</i> (Annonaceae).....	14
2.2 Semillas de guama <i>Inga edulis</i> (Fabaceae)	15
2.3 Semillas de níspero <i>Manilkara zapota</i> (Sapotaceae).....	18
2.4 Semillas de zapote <i>Pouteria sapota</i> (Sapotaceae).....	19
CAPÍTULO 3. MÉTODOS COMUNES PARA LA EXTRACCIÓN DE LOS ACEITES DE LAS SEMILLAS	21
3.1 Extracción por prensado en frío	22
3.2 Extracción por solventes	24
3.2.1 Extracción con solvente asistida por ultrasonido	26
3.2.2 Extracción con solvente asistida por microondas	27
3.2.3 Extracción con fluido supercrítico	28
3.2.4 Extracción por lixiviación	30

CAPÍTULO 4. ALGUNAS ACTIVIDADES BIOLÓGICAS DE ACEITES DE SEMILLAS	31
4.1 Actividad antioxidante	31
4.2 Actividad antimicrobiana, nematocida y otras.....	34
4.3 Actividad antiinflamatoria y actividad citotóxica de algunas semillas	36
CAPÍTULO 5. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LOS ACEITES	38
CAPÍTULO 6. USO DE SEMILLAS Y EXFOLIANTES	42
CONCLUSIÓN	49
REFERENCIAS	50

ABREVIATURAS

SFE: Supercritical Fluid Extraction (Extracción con fluido supercrítico)

MASE: Microwave Assisted Solvent Extraction (Extracción con solvente asistida por microondas)

UASE: Ultrasound-Assisted Solvent Extraction (Extracción con solvente asistida por ultrasonido)

FDA: Food and Drug Administratios (Administración de Alimentos y Medicamentos de EE. UU).

EFSA : European Food Safety Authority (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria)

DPPH: radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazil.

ABTS: catión radical [Ácido 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolin)-6-sulfónico]

LC/MS: Liquid Chromatography-Mass Spectrometry (Cromatografía Líquida-Espectrometría de Masas)

FAMES: Fatty Acids Metil Esters (Ésteres metílicos de ácidos grasos)

ORAC: Oxygen Radical Absorbance Capacity (Capacidad de absorbancia de radicales de oxígeno)

LC/MS: Gas Chromatography-Mass Spectrometry (Cromatografía de Gases-Espectrometría de Masas)

RMN: Resonancia Magnética Nuclear

TMSH: Hidróxido de trimetilsulfonio

DMSO: dimetilsulfóxido

DMF: dimetilformamida

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Análisis cualitativo de fitoquímicos en varios extractos de semillas de *M. zapota* realizado por Mohanapriya y colaboradores (2019) ----- 19

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de ácidos grasos comúnmente utilizados en cosmética -----	10
Figura 2. Semillas de guanábana (<i>Annona Muricata</i>) -----	14
Figura 3. Fitoquímicos encontrados en las semillas de <i>I. edulis</i> -----	16
Figura 4. Semillas de guama (<i>Inga edulis</i>) -----	17
Figura 5. Estructura del ácido palmítico -----	18
Figura 6. Semillas de níspero (<i>Manilkara zapota</i>) -----	18
Figura 7. Semillas de zapote (<i>Pouteria sapota</i>)-----	20
Figura 8. Diagrama de extracción del aceite usando el método Soxhlet -----	25
Figura 9. Equipo experimental para la extracción asistida por ultrasonido. -----	26
Figura 10. Esquema del equipo utilizado para la extracción con solvente asistida por microondas -----	28
Figura 11. Esquema del equipo utilizado para la extracción con fluido supercrítico-----	29
Figura 12. Exfoliante corporal de semillas de Maracuyá (<i>P. edulis</i>) -----	45
Figura 13. Jabón exfoliante de miel con semillas de chía -----	46
Figura 14. Jabón exfoliante de miel con semillas de chía -----	46
Figura 15. Exfoliante corporal de semillas de uva -----	46
Figura 16. Exfoliante de semillas de uva -----	47
Figura 17. Óleo de semillas de uva -----	47
Figura 18. Exfoliante suave natural, con semillas de guanábana-----	47
Figura 19. Exfoliante corporal de guanábana -----	47
Figura 20. Desmaquillante de hueso de mamey -----	48
Figura 21. Máscara para pestañas del aceite de hueso de mamey-----	48

RESUMEN

En el mundo se generan muchos residuos agroindustriales como las semillas, y a éstas se les aprovecha en diferentes sectores industriales. En Colombia, estos residuos son aprovechados en algunas ciudades que trabajan el sector agroindustrial para promover su economía, convirtiendo estos desechos a través de un proceso de compostaje o comida para animales. Córdoba es uno de los departamentos que trabaja principalmente el sector agrícola para impulsar su economía, su experiencia productiva en cultivos frutales se fundamenta en la biodiversidad de cultivos como guanábana, guayaba, guama, mango, papaya, maracuyá, piña, cítricos, níspero, zapote costeño, entre otros.

El principal provecho que se le da a esta producción, es por medio de la exportación y el procesamiento para la obtención de pulpas, que luego son utilizadas para la elaboración de jugos, mermeladas y otros productos; los residuos generados tales como las semillas, carecen de una disposición final que les dé un valor agregado en la industria cosmética, debido a que falta innovación respecto al provecho que se puede obtener de este tipo de residuos.

En el departamento se han desarrollado trabajos de investigación respecto al provecho que se puede obtener de la diversidad vegetal que este dispone; pero son muy escasos los reportes investigativos sobre el aprovechamiento de residuos como semillas de la agroindustria frutícola cordobesa, lo que nos lleva a otorgar un aporte teórico significativo a la comunidad acerca de cómo darles un valor agregado a esos desechos, siendo aprovechadas cada una de sus propiedades tanto físicas como químicas. Es por ello que el interés en el aprovechamiento de los residuos agroindustriales de Córdoba, plantea recopilar información que lleven a comprender y valorizar la composición y propiedades de los residuos como semillas de frutos típicos del departamento, sus aplicaciones en tratamientos antioxidantes, bactericidas e infecciosos y uso potencial como partículas exfoliantes en la industria cosmética.

Palabras clave: semillas, aprovechamiento, composición, actividad biológica, industria cosmética.

ABSTRACT

In the world, many agro-industrial wastes such as seeds is generated, and these are used in different industrial sectors. In Colombia, these wastes are used in some cities that work in the agribusiness sector to promote their economy, converting this waste to a composting process or animal feed. Córdoba is one of the departments that works mainly in the agricultural sector to boost its economy, its productive experience in fruit crops is based on the biodiversity of crops such as soursop, guava, mango, papaya, passion fruit, pineapple, citrus, medlar, sapote coastal, among others.

The main benefit that is given to this production is through exportation and processing to obtain pulps, which are then used to make juices, jams and other products; the waste generated, such as seeds, lack a final disposal that gives them added value in the cosmetic industry, due to the lack of innovation regarding the benefit that can be obtained from this type of waste.

Research work has been carried out in the department regarding the benefit that can be obtained from the plant diversity that it has; but there are very few investigative reports on the use of residues as seeds of the Cordoba fruit agroindustry, which leads us to give a significant theoretical contribution to the community about how to give added value to these wastes, each of its both physical and chemical properties. That is why the interest in the use of agro-industrial waste in Córdoba, raises the compilation of information that leads to understand and value the composition and properties of waste such as seeds of typical fruits of the department, their applications in antioxidant, bactericidal and infectious treatments and potential use as exfoliating particles in the cosmetic industry.

Keywords: seeds, use, composition, biological activity, cosmetic industry.

INTRODUCCIÓN

Los residuos agrícolas industriales están considerados entre los recursos renovables más importante por ser fuente de compuestos biológicamente activos que despiertan gran interés. Cada año se producen millones de toneladas de semillas como residuos en procesos agroindustriales, las cuales pueden ser utilizadas como materia prima para obtener aceites de interés para las industrias cosmética, alimentaria y farmacéutica; también la forma, estructura y composición química de algunas semillas proveen unas propiedades fisicoquímicas adecuadas que pueden ser aprovechadas para obtener material particulado apropiado para la fabricación de productos de cuidado personal, tales como partículas exfoliantes.

El departamento de Córdoba se destaca por sus actividades agrícolas y su productividad en cultivos frutales, estos últimos son aprovechados en la exportación, obtención de pulpas, preparación de jugos, mermeladas y otros productos, lo que genera un gran volumen de residuos, tales como semillas. Con toda esta problemática, es posible considerar el aprovechamiento de estos residuos agroindustriales no sólo en la industria farmacéutica y alimentaria, también en la obtención de productos con potencial uso en la industria cosmética; representando una oportunidad para plantear proyectos de investigación, innovación y desarrollo tecnológico, que fomenten el crecimiento económico del departamento.

Con este estudio monográfico, se busca exaltar el uso potencial de las semillas generadas a partir de algunas frutas de interés en la agroindustria frutícola cordobesa, como materia prima en la elaboración de productos, principalmente cosméticos, mediante la obtención de sus aceites, mostrando los diferentes métodos de extracción de los mismos y los métodos de análisis del perfil químico de los ácidos grasos que componen estos aceites; así como la obtención y aprovechamiento del material sólido a partir del endocarpio de las semillas, mediante molienda y tamizado, el cual podría ser utilizado como un exfoliante físico en productos para el cuidado de la piel. De igual forma, se espera que en este documento pueda ser utilizado como herramienta de consulta o referencia para futuros proyectos de investigación, innovación y desarrollo empresarial relacionados con este tema.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un estudio monográfico sobre el aprovechamiento en la industria, principalmente cosmética, de residuos de semillas generados en la agroindustria frutícola en Córdoba, los cuales pueden ser usados como materia prima para obtener aceites y partículas exfoliantes.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Mostrar el uso de aceites y material particulado obtenidos de algunas semillas de frutas de la familia Sapotaceae, Annonaceae y Fabaceae, en la industria de alimentos, farmacéutica y cosmética.
- ✓ Enunciar los métodos tradicionales de extracción, obtención de aceites y material particulado a partir de semillas.
- ✓ Exponer los métodos más utilizados para el análisis y caracterización química de los aceites extraídos de las semillas.
- ✓ Destacar las diferentes actividades biológicas y químicas de aceites obtenidos de semillas.
- ✓ Destacar el potencial uso de semillas de algunas frutas presentes en la región Cordobesa.

CAPÍTULOS

CAPITULO 1. GENERALIDADES SOBRE LOS ACEITES DE SEMILLAS

Los desechos agroindustriales son de gran interés por ser fuentes naturales importantes de compuestos biológicamente activos, y pueden producir subproductos con valor agregado. Un aceite vegetal está compuesto por una mezcla de compuestos orgánicos obtenido a partir de semillas u otras partes de las plantas en cuyos tejidos se acumulan como fuente de energía. Las semillas tienen un contenido de aceite importante (cerca del 37%) y en menor proporción pueden contener proteínas, carbohidratos, fibras, entre otros. La composición química de los aceites vegetales corresponde en la mayoría de los casos a una mezcla de 95% de triglicéridos y 5% de ácidos grasos libres, esteroides, ceras y otros componentes minoritarios (Tabio *et al.*, 2017).

Las grasas y los aceites siempre han sido un componente importante de las formulaciones cosméticas, actuando como solvente y vehículos para otros ingredientes mientras proporcionan emolencia, valor hidratante y de aseo o acondicionamiento de la piel para los productos que los contienen. La industria cosmética es un negocio millonario y hay un creciente interés por los ingredientes naturales contenidos en algunos productos comerciales (Komanea *et al.*, 2017).

Además, la mayoría de los aceites de semillas también han demostrado ser fuentes ricas en, ácidos grasos poliinsaturados, tocoferoles y flavonoides que imparten propiedades antioxidantes, antienvjecimiento y beneficios nutricionales a los productos cosméticos. Se considera que el daño oxidativo es la principal causa de diversas enfermedades humanas, especialmente problemas de la piel como inflamación y envejecimiento. Algunos aceites de semillas contienen ácidos grasos esenciales como el ácido linoleico que activa el receptor alfa (α) activado por el proliferador de peroxisomas (PPAR- α) que estimula los queratinocitos mejorando el metabolismo de los lípidos en la piel (Chaikul *et al.*, 2017).

La composición química de estos aceites los convierte en portadores de gran valor, debido a sus propiedades fisicoquímicas favorables, junto con sus ácidos grasos beneficiosos, siendo el ácido esteárico y ácido oleico los principales ácidos grasos más encontrados (Wu et al. 2015), los aceites de semillas han sido utilizados durante siglos en aplicaciones alimentarias, medicinales y cosméticas. Dentro de sus múltiples usos están la producción de lubricantes, jabones y pasta de dientes, en el tratamiento tópico de diversas afecciones como espasmos musculares, venas varicosas y heridas (como el aceite de almendras), humectantes para la hidratación de la piel, para el acondicionamiento del cabello y las uñas (como el aceite de ricino), para tratar la caspa, como aceites para masajes o baño de aromaterapia, entre otros usos, siendo los ácidos esteárico, linoleico, oleico y α -linolénico, los ácidos grasos más utilizados para estos fines (Leone *et al.*, 2016; Komanea *et al.*, 2017).

Desde la antigüedad los aceites han sido utilizados en la aplicación cosmética, con el creciente interés en la formulación cosmética de origen estrictamente natural se ha potencializado el uso de aceites alternativos obtenidos de semillas; aunque siendo aceites vegetales no convencionales, presentan un fuerte potencial para ser utilizado en el sector cosmético (Bialek *et al.*, 2016). Los ácidos grasos en general, son emolientes, agentes hidratantes naturales que proporcionan vitalidad a la piel seca; éstos se dividen en ácidos saturados (por ejemplo, ácidos palmítico y esteárico) y ácidos insaturados (por ejemplo, ácidos oleico y linoleico) (figura 1). Los ácidos grasos insaturados presentes en los aceites vegetales se caracterizan por una alta capacidad de absorción y propiedades antialérgicas. Debido a sus efectos beneficiosos y diversos en la piel, han encontrado amplias aplicaciones en muchas ramas de la industria, en particular en la industria cosmética, farmacéutica y medicinal (Komanea *et al.*, 2017).

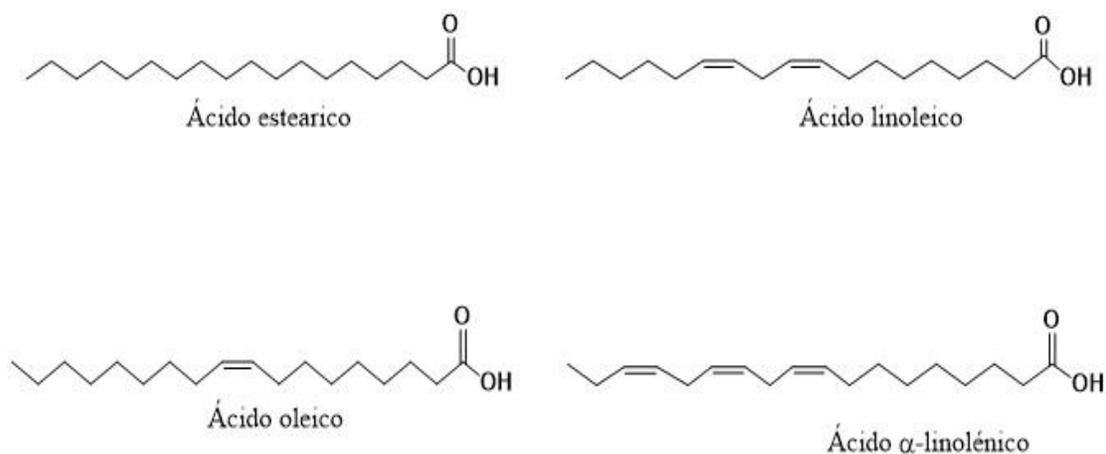


Figura 1. Estructura de ácidos grasos comúnmente utilizados en cosmética

Los ácidos grasos insaturados esenciales más utilizados son los de las series omega-3, omega-6 y omega-9; los más importantes son los ácidos de 18 carbonos (C18) como el ácido oleico (ácido monoinsaturado de la serie omega-9), el ácido linoleico (ácido diinsaturado de la serie omega-6) y el ácido α -linolénico (ácido poliinsaturado de la serie omega-3) (Zielinska y Nowak, 2014). El ácido linoleico (figura 1) es el ácido graso insaturado más utilizado en productos cosméticos, ya que se destaca por hidratar la piel, incluso los cosméticos que contienen este ácido ayudan en el proceso de curación de dermatosis y se utiliza para el tratamiento del acné vulgar y la rápida cicatrización de éste; además tienen propiedades antiinflamatorias que ayudan a reducir la irritación y la inflamación, reduciendo el enrojecimiento provocado por quemaduras solares y ayudando a limpiar la piel de manera efectiva (Komanea *et al.*, 2017; Arana y Arana, 2019).

El ácido α -linolénico (figura 1) al igual que el ácido linoleico son ácidos grasos esenciales para mantener la estructura celular de la piel. Estos ayudan a tratar eficazmente problemas de la piel como sequedad, acné, dermatitis y en general casi todos los problemas de piel relacionados con sequedad extrema. Además de poseer un alto poder antienvjecimiento que puede contribuir a acelerar el proceso de reparación de la piel. Entre sus beneficios podemos citar la reducción en la pérdida de agua a través de la piel, alivia la piel irritada, mejora la circulación capilar en la piel (Leone *et al.*, 2016; Bialek *et al.*, 2016; Komanea *et al.*, 2017).

El ácido esteárico (figura 1), el cual es uno de los muchos ácidos grasos que se producen naturalmente en las plantas y derivados animales, se encuentra en productos como la manteca de cacao y las grasas vegetales. Cuando se utiliza en productos cosméticos, tiene como función ser un espesante o endurecedor del producto, como en la barra de jabón, este ácido es el que permite al jabón conservar su forma, al igual que lo hace en productos como pasteles al óleo y caramelos duros (Gutiérrez *et al.*, 2016; Leone *et al.*, 2016).

El ácido oleico (figura 1), un ácido graso monoinsaturado muy atractivo para el sector cosmético debido a su importancia en la reconstrucción de las membranas celulares de la piel, aportando a la dermis una mayor tersura. Tiene una alta capacidad de penetración en el estrato córneo, y por este motivo es comúnmente utilizado en la formulación de productos cosméticos, especialmente en cremas, ya que sirve como un vehículo para transportar nutrientes a nuestra piel. Es ideal para el tratamiento de las pieles secas porque es altamente hidratante gracias a su capacidad de penetración, además, tiene un efecto antiinflamatorio, y no produce reacciones adversas (Gutiérrez *et al.*, 2016; Che marzuki *et al.*, 2018).

CAPÍTULO 2. SEMILLAS DE INTERÉS PARA ESTE ESTUDIO

En el sector hortofrutícola, el 45% del total producido se pierde en la postcosecha, procesamiento, distribución y cadenas de consumo, por lo que es necesario encontrar nuevas tecnologías y soluciones respetuosas, desde el punto de vista ambiental, que permitan el aprovechamiento de los residuos generados y así disminuir las pérdidas de la producción. Una alternativa podría ser el uso de los residuos de frutas como nueva materia prima para desarrollar y ampliar la elaboración de productos e ingredientes de alto valor agregado, con potencial aprovechamiento, en los sectores cosmético y alimenticio; teniendo en cuenta que la producción y consumo de frutas ha aumentado en los últimos años y por ende la necesidad de encontrar un uso y aprovechamiento sostenible estos residuos o subproductos (Fidelis *et al.*, 2019).

Las frutas constituyen un segmento importante del sector alimentario y generan anualmente un gran volumen de residuos o desechos, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) ha estimado que las pérdidas y el desperdicio de frutas y verduras son los más altos entre todo tipo de alimentos, pudiendo llegar hasta el 60 %. Las operaciones de procesamiento de frutas y verduras producen importantes desechos de subproductos, que constituyen alrededor del 25 % al 30 % de todo un grupo de productos básicos (Sagar *et al.*, 2018); en Córdoba se estima que de la totalidad de fruta procesada, la fracción residual alcanza entre 41-66 % (Orozco, 2015), donde su eliminación conduce a diferentes problemas globales en diferentes sectores, como el social, el ambiental y el económico; por lo que su manejo se considera importante no solo para disminuir el volumen de desperdicio de alimentos acumulado en los vertederos, sino también para desarrollar estrategias a través de la reutilización con el propósito de agregar un valor económico extra. Estos subproductos constituyen una excelente fuente de varios componentes valiosos como carotenoides, polifenoles, entre otros; también conocidos como compuestos bioactivos (Swamy *et al.*, 2019; Shirahigue, Ceccato-antonini, 2020).

Estos compuestos bioactivos tienen un impacto positivo en la salud y se sabe que influyen en las actividades celulares en los humanos debido a sus propiedades antioxidantes, anticancerígenas, antiinflamatorias, y antimicrobiana, dependiendo de la vía y su biodisponibilidad en el cuerpo, y pueden extraerse mediante diferentes metodologías para diversas aplicaciones industriales (Saini *et al.*, 2019; Campos *et al.*, 2020).

En este contexto, la gestión de los subproductos de la fruta se enfrenta al desafío de pasar de una economía lineal basada en el concepto de adquirir-usar-eliminar, a una economía circular que tiene como objetivo reducir, tanto la entrada de los materiales como la producción de desechos vírgenes, así como aprovechar los materiales que se encuentran en los residuos para la fabricación de nuevos productos; por lo tanto, el propósito de esta revisión es proporcionar una visión crítica de una valorización de subproductos de frutas para superar un problema global, a través de la producción de extractos antioxidantes, anticancerígenos, antiinflamatorios, antimicrobiano y material particulado con alto valor económico (Campos *et al.*, 2020).

Cada año se producen miles de toneladas de semillas de frutas en todo el mundo como subproductos agroindustriales, y específicamente en el departamento de Córdoba, constituyen alrededor del 40% de los desechos agroindustriales (Orozco, 2015). Dentro de los frutos típicos que presentan un considerable consumo en nuestro departamento y que más producen este tipo de residuos, se encuentran la guanábana (*Annona muricata*), el níspero (*Manilkara zapota*), el zapote costeño (*Pouteria sapota*), la guama (*Inga edulis*), entre otros; de las cuales, varias de ellas pertenecen a las familias Annonaceae, Sapotaceae, y un menor número de ellas a la familia Fabaceae (Asohofrucol, 2017). Las semillas de los frutos de estas tres familias, tienen un alto contenido de aceites, son ricas en ácidos grasos insaturados, los cuales se caracterizan por diversas propiedades y beneficios, actuando como emolientes, hidratantes, antialérgicos, entre otros, haciendo a estos aceites productos muy interesantes desde un punto de vista comercial para la industria (Zielinska y Nowak, 2014).

2.1 Semillas de guanábana *Annona muricata* (Annonaceae)

Según estudios realizados, las especies de la familia Anonaceae, especialmente la *Annona Muricata* (guanábana), contienen en sus semillas triglicéridos basados en ácidos grasos saturados e insaturados, siendo los más característicos los ácidos linoleico, oleico, esteárico y linolénico, los cuales resultan ser atractivos para ser aprovechados en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética. Los aceites y otros extractos de plantas de esta misma familia, contienen trazas de acetogeninas de reconocida citotoxicidad, que le confieren importantes propiedades anticancerígenas e interés a esta familia botánica (Zielinska y Nowak, 2014; Leone *et al.*, 2016).

En un estudio realizado por Torres en 2019, de la evaluación de los ácidos grasos presentes en el extracto etanólico de la semilla de *A. Muricata* (figura 2) se registró lo siguiente: ácidos grasos saturados 24,9 %, monoinsaturados 43 % y poliinsaturados 32,1 %; siendo de mayor concentración el palmítico (ácido graso saturado) con un 20,3 % y en la parte de los insaturados tenemos al ácido graso oleico con 41,52 % y linoleico con 31,24 % (figura 1); resultados muy similares a los obtenidos por Zaha y colaboradores (2016) a pesar de extraer el aceite de la semilla de *A. muricata* con metanol y cloroformo,

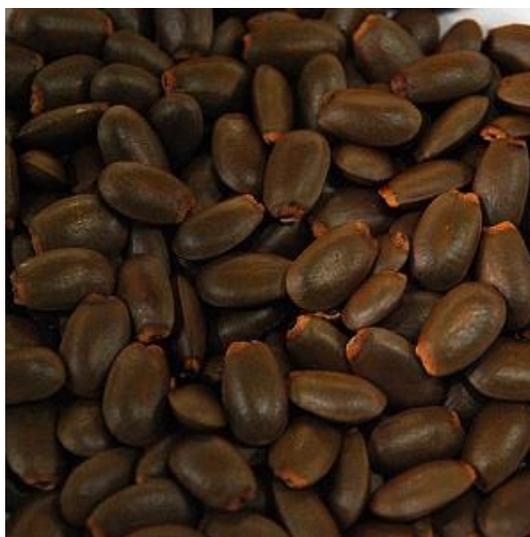


Figura 2. Semillas de guanábana (*Annona Muricata*)

(Fuente: <https://elproductor.com/wp-content/uploads/2015/03/semilla-guanabana-UN.jpg>)

De manera similar, otro estudio como el que realizaron Nonalaya y Marcañaupa (2017); donde los ácidos saturados corresponden a un 25,4%; monoinsaturados 41,06% y poliinsaturados 33,54%. Siendo el de mayor abundancia el palmítico con 19,58% y por parte de los insaturados tenemos al ácido graso oleico con 39,24% y linoleico con 32,21%. De manera muy similar, el estudio realizado por Zaha y colaboradores en 2016, encontró que las semillas de *A. muricata* contenían aproximadamente ~ 21,5% de aceite fijo crudo, sobre una base de peso seco, donde se encontró que los principales ácidos grasos monoinsaturados y saturados identificados en el aceite fueron el ácido oleico (39,2%) y el ácido palmítico (figura 5) (19,1-19,2%), respectivamente, mientras que el ácido α -linolénico (1,2%) y el ácido linoleico (34,9%) fueron ácidos grasos poliinsaturados (figura 1).

Estos dos últimos estudios presentaron resultados muy cercanos entre sí comparados con el estudio realizado por Torres (2019); aunque se usaron métodos de extracción diferentes, la composición del aceite es muy similar, lo que puede indicar que la composición del aceite no se altera al usar cualquiera de estos dos métodos, ya que Zaha y colaboradores en 2016 extrajeron el aceite de las semillas de *A. muricata* por el método de solventes al igual que el estudio realizado por Torres (2019) mientras que, en el estudio realizado por Nonalaya y Marcañaupa (2017) fue por medio de prensado en frío.

2.2 Semillas de guama *Inga edulis* (Fabaceae)

Una semilla que es utilizada por sus propiedades como antihelmíntico, es la que está en el fruto del árbol *Inga edulis*, una especie de la familia de las Fabaceae y que es conocido como “guaba” o “guama”. Estas semillas (figura 4) tienen componentes con propiedades antiinflamatorias, antimicrobianas, antiparasitarias, antioxidantes y nutricionales, por la presencia de ácidos grasos insaturados. Estas propiedades las presentan debido a fitoquímicos como el ácido cafeico, ácido clorogénico, ácido p-cumárico, ácido ferúlico, ácido gálico, ácido salicílico, ácido vanílico y quercetina (Figura 3) (Tauchen *et al.*, 2016).

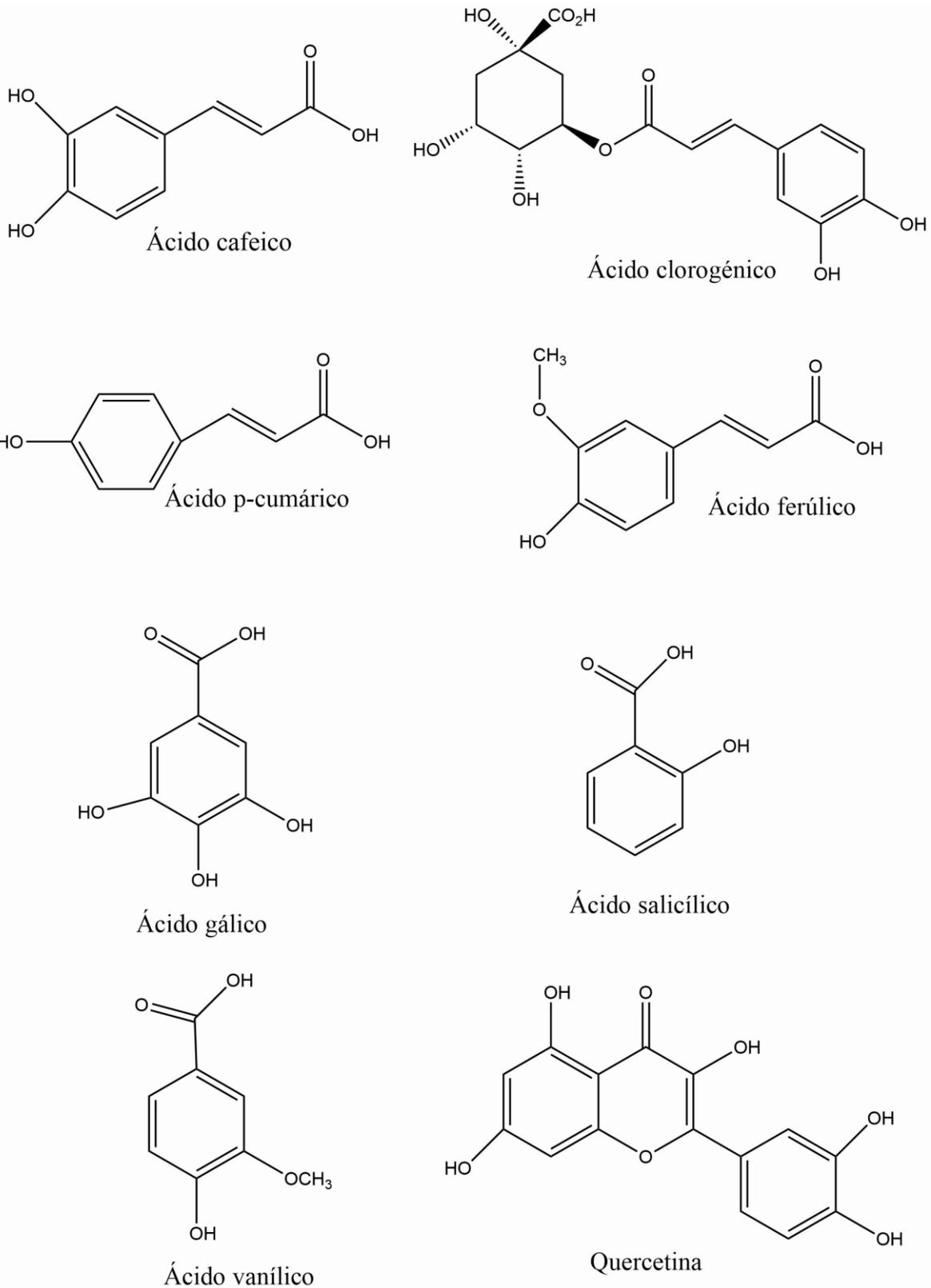


Figura 3. Fitoquímicos encontrados en las semillas de *I. edulis*

Asimismo, estudios realizados por Sánchez y colaboradores en 2016, revelaron que el contenido de ácidos grasos en las semillas de *I. edulis*, contiene como componentes mayoritarios a los ácidos palmítico y linoleico; siendo este último el ácido graso más utilizado en productos cosméticos, ya que se destaca por hidratar la piel, se utiliza para el tratamiento del acné vulgar, ayuda en el proceso de curación de dermatosis y quemaduras solares.



Figura 4. Semillas de guama (*Inga edulis*)

(Fuente: https://www.bruncas.com/media/com_mtree/images/listings/m/10.jpg)

Marín-Gómez y colaboradores (2012) analizaron las características físicas, composición nutricional y el contenido de compuestos no nutricionales presentes en las semillas de *I. edulis*, mostrando que las semillas son de 1.9 cm largo y 1.08 cm de ancho aprox. Los componentes químicos principales son: proteína (21.59 g/100 g), carbohidratos (36.15 g/100 g) y lípidos (8.55 g/100 g). Los aceites de las semillas de *I. edulis* presentaron una proporción importante de ácido palmítico (Figura 5), así como oleico, linoleico y α -linolénico (figura 1) y cuantificaron los compuestos no nutricionales como fenólicos, taninos y saponinas.

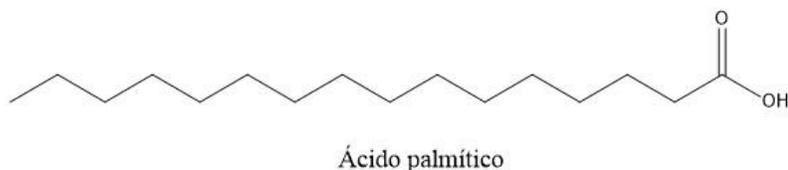


Figura 5. Estructura del ácido palmítico

2.3 Semillas de níspero *Manilkara zapota* (Sapotaceae)

La mayoría de la información encontrada acerca de *Manilkara zapota* (familia *Sapotaceae*) es de hace más de 5 años, donde Rao y colaboradores (2014) aislaron y caracterizaron como componentes mayoritarios D-quercitol y sacarosa de las semillas. Bothara y colaboradores en 2012 detectaron proteínas, grasas, carbohidratos y aceites en el extracto metanólico de las semillas de *M. zapota* (figura 6), además revelaron que estas al contener altas cantidades de compuestos fenólicos puede tener una buena actividad antioxidante. Un examen fitoquímico preliminar realizado por Shanmugapriya y colaboradores, en 2011, usando varios disolventes, revelaron la presencia de alcaloides, flavonoides, saponinas, taninos y compuestos fenólicos en los extractos de semilla de *M. zapota* (tabla 1) (Sirinya *et al.*, 2016; Yong y Abdul Shukkoor, 2020).



Figura 6. Semillas de níspero (*Manilkara zapota*)

(Fuente: https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/51VTEyToJsL._AC_.jpg)

Tabla 1. Análisis cualitativo de fitoquímicos en varios extractos de semillas de *M. zapota* realizado por Mohanapriya y colaboradores (2019)

Fitoquímicos/Extractos	Extracto etanólico	Extracto hexánico	Extracto acetónico
Alcaloides	+	-	+
Esteroides	+	+	+
Triterpenoides	-	-	-
Flavonoides	-	-	+
Taninos	-	-	+
Fenoles	-	-	+
Glicósidos	+	+	+
Saponinas	+	+	+
Florotaninos	-	-	-
Antraquinonas	-	-	-
(+)			
Indica la presencia de los fitoquímicos			
(-)			
Indica la ausencia de los fitoquímicos			

2.4 Semillas de zapote *Pouteria sapota* (Sapotaceae)

La composición del aceite de la almendra de *Pouteria sapota* (figura 7), otra especie de la familia *Sapotaceae*, es similar a la de algunos aceites vegetales utilizados en la industria, como el aceite de palma. Debido a la alta presencia de ácidos oleicos y linoleico, el aceite de *P. sapota* es un aceite y no una grasa a temperatura ambiente (Solís *et al.*, 2015). La semilla o también llamada hueso de *P. sapota*, tiene diversos usos; de la semilla se puede extraer el aceite que puede ser utilizado en la industria de la belleza por sus propiedades que favorecen el fortalecimiento de las uñas y el cabello, además de sus beneficios sobre la piel; pero no se usa en la industria alimentaria puesto que su consumo puede ser peligroso para la salud (Villegas *et al.*, 2016; Paulín *et al.*, 2018; Arana y Arana, 2019).



Figura 7. Semillas de zapote (*Pouteria sapota*)

(Fuente: <https://i.pinimg.com/originals/13/c9/2d/13c92dd51c8487fa3bf64777b9e70dae.jpg>)

Estudios como el realizado por Moo- Huchin, en 2013, informan la composición química y las características fisicoquímicas del aceite de semilla de *P. sapota*, donde los principales ácidos grasos identificados en este aceite fueron el oleico que se encontró en mayor proporción (60,32%), esteárico, palmítico y linoleico éstos en menor proporción (figuras 1 y 5).

El aceite de hueso de *P. sapota* (figura 7), se trata de un aceite de leche que es ideal por su composición y sus propiedades para la elaboración de jabones y acondicionadores para el cabello, estimulando su crecimiento saludable por lo que es utilizado para detener la pérdida de cabello, crecimiento de las pestañas, suavizante para la piel. En cosmética suele utilizarse por las propiedades suavizantes e hidratantes que posee; además de su contenido de carotenos que le confiere la propiedad de anti radicales libres lo que evita el envejecimiento. Industrializado en la cosmetología se elaboran diversos productos con el aceite del hueso o semilla del mamey como rímel para pestañas, cremas para la piel, mascarillas faciales para darle suavidad a la cara, champú y acondicionadores (Torres *et al.*, 2011).

CAPÍTULO 3. MÉTODOS COMUNES PARA LA EXTRACCIÓN DE LOS ACEITES DE LAS SEMILLAS

Desde la industria del perfume hasta las industrias farmacéutica y cosmética, el proceso de extracción resulta ser un paso fundamental en muchas aplicaciones industriales de los aceites obtenidos a partir de semillas; siendo la economía, la calidad y el cuidado del ambiente, aspectos claves en el proceso de extracción industrial de estos aceites (Chemat y Strube, 2015). El aceite de las semillas puede ser extraído por medio de diferentes métodos, dónde algunos de éstos presentan mayor rendimiento que otros en la obtención del aceite; estos métodos pueden ser mecánicos (por sistemas de prensa), por medio del uso de solventes, o una combinación de ambas técnicas. Las semillas de plantas oleaginosas se caracterizan por contener niveles altos de aceite y ser unas de las plantas más usadas para obtener sus aceites, mediante un pre-prensado y posterior extracción con solvente, o por medio de una extracción directa con solvente cuando el material contiene un nivel de aceite más bajo (Avram *et al.*, 2014).

La selección de la tecnología de extracción depende en gran medida del costo de fabricación, la disponibilidad, las propiedades del material y preocupaciones ambientales. La semilla antes de ser sometida a un método de extracción deber ser acondicionada, retirando todo el material no deseado como residuos de pulpa y suelo, para así proceder a un lavado, secado y molienda. Todos los procesos de extracción tienen como objetivos comunes conseguir aceites con el mayor rendimiento y eficiencia posible de forma económica; por lo que para llevar a cabo algún método de extracción se debe tener en cuenta la eficiencia del método, la calidad del aceite extraído y el costo que puede generarse en el proceso (Aydeniz *et al.*, 2014).

3.1 Extracción por prensado en frío

El método de extracción por prensado en frío es un proceso mecánico utilizado para extraer aceite de una variedad de matrices, es un método que depende de la presión. Una gran ventaja del prensado en frío es que es un proceso respetuoso con el medio ambiente que no requiere solventes orgánicos y, por lo tanto, anula el costo de la eliminación del solvente (Khoddami *et al.*, 2014).

Para obtener el aceite puro y de mejor calidad de las semillas, éstas deben pasar por una molienda o molturación; la cual puede realizarse con molinos o espolones. Lo que se busca es minimizar el tamaño de las estructuras vegetales para que se facilite la liberación del aceite de la semilla. Cuando las semillas ya están molidas pasan a una prensa de tornillo, que en un solo paso la prensa separa el aceite de las semillas, dejando una torta proteínica, la cual se vuelve a prensar en las mismas condiciones para obtener mayor cantidad de aceite; luego la torta proteínica puede generar un extra de aceite siendo sometida a extracción por solventes, o puede también destinarse a producir alimento equilibrado para animales (Roohinejad *et al.*, 2017; Tabio *et al.*, 2017).

El prensado en frío, por lo general, presenta menor rendimiento en la obtención del aceite comparado con la extracción con solvente; aun así, la calidad del aceite obtenido por prensado es superior al obtenido con solvente, sin requerir un proceso de refinamiento. Sin embargo, no se presentan diferencias significativas entre las muestras para la composición de ácidos grasos y algunos parámetros físico-químicos de los aceites obtenidos por ambos métodos (Aydeniz *et al.*, 2014).

La técnica del prensado mecánico o prensado en frío es sencilla y segura, aunque queda más aceite en la torta proteínica que si se utilizara la extracción con solvente. En escasas ocasiones, una versión especial del prensado en frío se utiliza para un tipo único de producción de aceite. En esta técnica, no se aplica calentamiento a las semillas durante el prensado, además de que las semillas deben estar muy limpias, uniformes y tener un nivel de humedad adecuado para ser procesadas en el prensado en frío. Esta técnica de prensado en

frío puede producir aceites muy puros, seguros, nutritivos y sensorialmente aceptables, que no requieren refinamiento y pueden consumirse directamente. (Aydeniz *et al.*, 2014; Roohinejad *et al.*, 2017).

Para mejorar el rendimiento de la obtención de aceite por sistemas de prensado en frío, deben aplicarse algunos pre-tratamientos para semillas antes del prensado, por ejemplo, tratamiento con microondas, cocción al vapor, aplicación de enzimas y pre-tostado. También es importante resaltar que los aceites vírgenes son productos de alta demanda en el mercado mundial no solo para uso alimentario, sino también medicinal y cosmético (Al Juhaimi y Özcan, 2018).

Un estudio realizado por De la Llata y Romero en 2013 para la obtención de lípidos fijos totales de las semillas de la familia Sapotáceas, se llevó a cabo exprimiendo las semillas desprovistas de endocarpio, mediante técnicas mecánicas que usan presión, sin utilizar líquidos extractivos, resultando un extracto de lípidos de forma seca con su aroma característico. Este extracto de lípidos totales fue fraccionado en sus constituyentes principales mediante un proceso que comprende la emulsión de los lípidos, seguido de centrifugación y sedimentación, dando lugar a una fracción superior (aceites), una intermedia (fosfolípidos) y una inferior (residuos glucosídicos triterpénicos y esteroides). Los extractos obtenidos fueron utilizados para preparar cosméticos y composiciones farmacéuticas de acción tópica, para favorecer el desarrollo del cabello, así como cicatrizantes y antiarrugas.

Los aceites obtenidos a través del prensado son ricos en compuestos fenólicos, donde dichos compuestos inhiben la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados de los aceites. El prensado en frío, por lo general no necesitan tratamientos químicos; aun así, puede ir acompañado de procedimientos térmicos que ayudan a incrementar el rendimiento del aceite. Debido a estas propiedades, el consumidor desea aceites para productos alimenticios naturales y seguros. Desde hace unos cuantos años, hubo un aumento del consumo de los aceites vegetales debido a mejores e interesantes propiedades nutritivas. Además, la prensa en frío tiene varias ventajas, como el velar por el cuidado del ambiente sin requerir mucha

energía. El aceite prensado en frío contiene fenoles presentes en la semilla (Shinagawa, *et al.*, 2015; Al Juhaimi y Özcan, 2018).

3.2 Extracción por solventes

El uso de solventes es el método que más rendimiento de extracción ofrece, puesto que es capaz de extraer la mayor cantidad de aceite contenido en las semillas y puede tener lugar en un proceso por lotes o continuo. Asimismo, es más rápido y más costosa en comparación con el proceso de extracción por prensado en frío (Avram *et al.*, 2014; Tabio *et al.*, 2017). La extracción con solventes todavía es ampliamente utilizada por la industria y muchos investigadores con el objetivo de lograr altos rendimientos en la obtención de compuestos y aceites, operando equipos relativamente simples y asequibles (Al Juhaimi y Özcan, 2018; García *et al.*, 2020). Este método es muy utilizado en la separación de compuestos a partir de residuos sólidos y se puede llevar a cabo por diferentes técnicas, ya sea una extracción exhaustiva por percolación, maceración, calentamiento, bajo reflujo, y extracción Soxhlet (Easmin *et al.*, 2015).

La extracción por Soxhlet se basa es una extracción sólido-líquido, es considerada como una técnica tradicional que requiere mucho tiempo, utiliza grandes volúmenes de disolventes orgánicos y la extracción puede llevarse a cabo entre 40 y 70 °C, sigue siendo utilizada por su alto rendimiento de recuperación del solvente (Rodríguez-Solana *et al.*, 2014; Porto *et al.*, 2015). Moo-Huchin y colaboradores en 2013, llevaron a cabo esta técnica con equipo Soxhlet (figura 8), usando n-hexano como solvente durante un período de 6 horas a 70 °C, para obtener un 40 % del aceite crudo de las semillas de *P. sapota* y buena recuperación de hexano.



Figura 8. Diagrama de extracción del aceite usando el método Soxhlet

La extracción del aceite de las semillas frecuentemente se realiza mediante extracción con solventes; donde el n-hexano se usa como el más común de los solventes por sus propiedades tales como recuperación simple, naturaleza no polar y bajo calor latente de vaporización (330 kJ/kg). Sin embargo, el uso de hexano como solvente ha tenido varias repercusiones, como la contaminación del aire, la toxicidad y la nocividad, que llevaron a buscar opciones alternativas como la técnica de extracción acelerada con disolventes (Rodríguez-Solana *et al.*, 2014).

La técnica de extracción acelerada con disolventes es una alternativa al método de extracción clásico Soxhlet porque utiliza alta presión (que mantiene el disolvente por debajo de su punto de ebullición) y temperaturas ligeramente más altas (que acelera la cinética de extracción), obteniendo resultados similares a la extracción por solvente tradicional. Se utiliza la técnica de extracción acelerada con disolventes para reducir el tiempo de extracción y el volumen de solventes y, por lo tanto, reducir el tiempo y los costos de laboratorio (Kumar *et al.*, 2017). El rendimiento de la extracción del aceite de las semillas depende del tamaño de la partícula, tiempo de la extracción y de la relación sólido-solvente, en su sistema de flujo cruzado con múltiples etapas (Arana y Arana, 2019).

3.2.1 Extracción con solvente asistida por ultrasonido (UASE, por sus siglas en inglés).

Los ultrasonidos de potencia que operan a una intensidad entre 20 y 100 kHz se utilizan para la extracción de moléculas vegetales optimizando el proceso de extracción por solvente convencional. Este proceso reduce significativamente el consumo del disolvente orgánico y el tiempo de extracción mientras aumenta el rendimiento de obtención de los extractos (Gil-Chávez *et al.*, 2013).

La mayor eficiencia de extracción lograda con la técnica ultrasónica se debe al fenómeno de creación, expansión y colapso implosivo de microburbujas en líquidos irradiados por ultrasonido denominado cavitación acústica (Gil-Chaves *et al.*, 2013; Easmin *et al.*, 2015). Esta cavitación inducida por ultrasonido resulta en una interrupción de las paredes celulares biológicas, lo que facilita la liberación de su contenido y por ende una mayor accesibilidad para los disolventes (Chemat *et al.*, 2011; Fakhfakh *et al.*, 2019). Con este método se puede lograr una extracción eficiente en solo 5 minutos, mientras que la extracción con solvente convencional toma 24 h. La principal ventaja de la técnica de ultrasonidos es la destrucción de la pared celular a baja temperatura (Sora y Villamiel 2010, Corona *et al.*, 2016; Fakhfakh *et al.*, 2019).

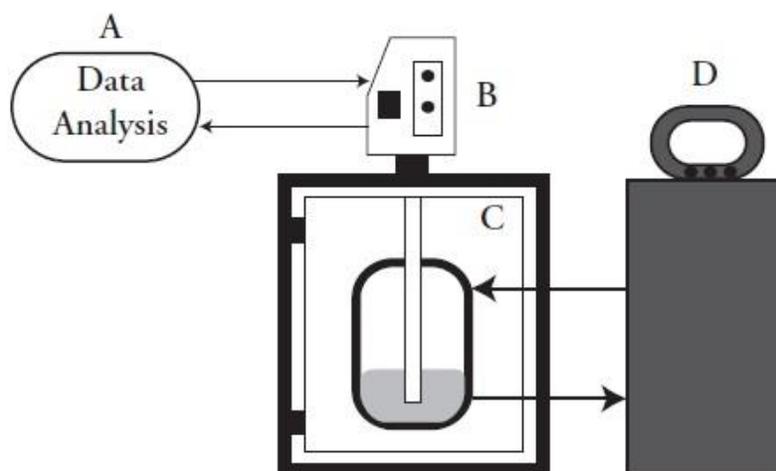


Figura 9. Equipo experimental para la extracción asistida por ultrasonido. A: computadora portátil; B: sistema de sonda de ultrasonido; C: recipiente de extracción con camisa; D: enfriador. (Adaptado de Corona *et al.*, 2016).

3.2.2 Extracción con solvente asistida por microondas (MASE, por sus siglas en inglés).

La extracción por solvente asistida por microondas se ha convertido en una alternativa atractiva al método de extracción por solvente convencional. Las microondas son radiaciones no ionizantes en el espectro electromagnético de las microondas entre 300 MHz y 300 GHz y que tienen una longitud de onda entre infrarrojas y ondas de radio. La energía de la onda electromagnética se discrimina como vector energético gracias a la fricción, los choques y la agitación molecular producida por la migración de los iones. La propagación de la energía electromagnética actúa como una radiación no ionizante que provoca movimientos moleculares de iones, sin afectar la estructura molecular (Zhang *et al.* 2011).

Este método permite extraer material vegetal a presión atmosférica, esto consiste en colocar el material vegetal en un horno microondas. El calentamiento interno de la planta con la solvente crea una alta presión en la pared celular, permitiendo la dilatación de las células vegetales conduciendo a la liberación de compuestos orgánicos (Gil-Chávez *et al.* 2013). Un sistema de refrigerante ubicado fuera del horno de microondas permite la condensación del solvente. Este proceso altera la integridad física de la estructura celular, mejora la porosidad y permite la extraer el disolvente para penetrar la matriz biológica fácilmente para disolver el compuesto deseado. Todos estos procesos requieren solo una fracción del tiempo que toma método de extracción por solvente convencional. Un estudio realizado por Cavdar y colaboradores (2017) demostró que la extracción con solventes asistida por microondas proporciona un mejor rendimiento en la obtención de aceites de las semillas comparado con la extracción Soxhlet y el proceso de extracción por prensado en frío. Además, los aceites también exhibieron mejores propiedades fisicoquímicas, contenido fenólico total, y actividad antioxidante.

Muchas ventajas con el uso de microondas son transferencia de energía más rápida, calentamiento selectivo, tamaño reducido del equipo, arranque más rápido, respuesta más

rápida al control de calentamiento del proceso, mayor producción y reducción de los pasos del proceso de extracción (Urango *et al.*, 2018; Fakhfakh *et al.*, 2019).

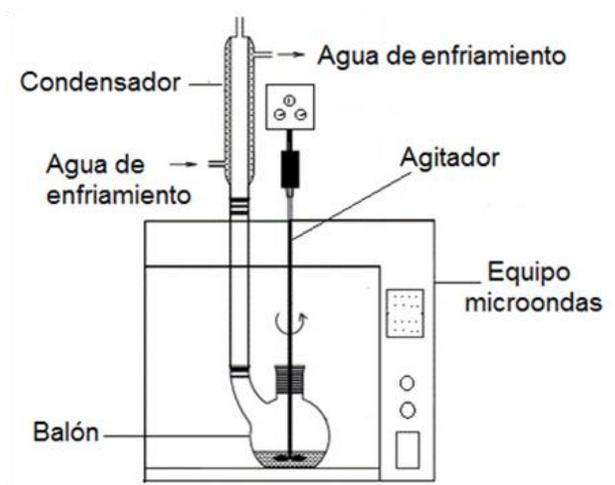


Figura 10. Esquema del equipo utilizado para la extracción con solvente asistida por microondas (Adaptado de Urango *et al.*, 2018)

3.2.3 Extracción con fluido supercrítico (SFE, por sus siglas en inglés)

La extracción con fluidos supercríticos es ampliamente utilizada hoy en día gracias a sus múltiples ventajas frente a los procedimientos convencionales de extracción a gran escala, debido a reglas estrictas contra el uso de solventes orgánicos volátiles. La extracción de los componentes deseados se logra cuando la presión y temperatura del solvente alcanzan o exceden el punto crítico se llama extracción de fluido supercrítico (Fakhfakh *et al.*, 2019).

Este es un método novedoso de extracción por solvente, rápido, eficiente, seguro y que con el tiempo ha ganado popularidad. Comparado con la extracción por solvente convencional métodos, el método SFE evita el uso de disolventes nocivos y tóxicos y, en su lugar, utiliza disolventes como el dióxido de carbono (CO_2) el cual es naturalmente abundante, no tóxico, menos contaminante, económico, inerte, no inflamable y tiene unas relativamente bajas temperatura crítica ($31,1\text{ }^\circ\text{C}$) y presión ($7,38\text{ MPa}$). Además, el dióxido de carbono ha sido admitido globalmente como seguro por Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, por sus siglas en inglés) y Administración de Alimentos y

Medicamentos de EE. UU. (FDA, por sus siglas en inglés) (Herrero *et al.*, 2010; Pinto *et al.*, 2011).

El CO₂ tiene alta capacidad de difusión y alto poder de solvatación haciéndolo más eficiente para la extracción de compuestos de una matriz vegetal. El disolvente se elimina de la matriz mediante su despresurización, lo que lo devuelve a su fase gaseosa normal, dejando poco o ningún residuo (Herrero *et al.* 2010). Este método de extracción amplía la posibilidad de extraer productos libres de disolventes residuales, y de ajustar la temperatura supercrítica y presión del fluido, la solubilidad y selectividad de los ácidos grasos también se puede lograr; por ello esta tecnología ha sido exitosa aplicada en la extracción de varios aceites de semillas, como por ejemplo a partir de las semillas de uva (Pérez *et al.*, 2015). La limitación de esta técnica proviene principalmente del requerimiento de tecnología supercrítica y equipos costosos que aumentan el costo en comparación con la extracción de líquidos convencional (Pantoja *et al.*, 2017; Fakhfakh *et al.*, 2019).

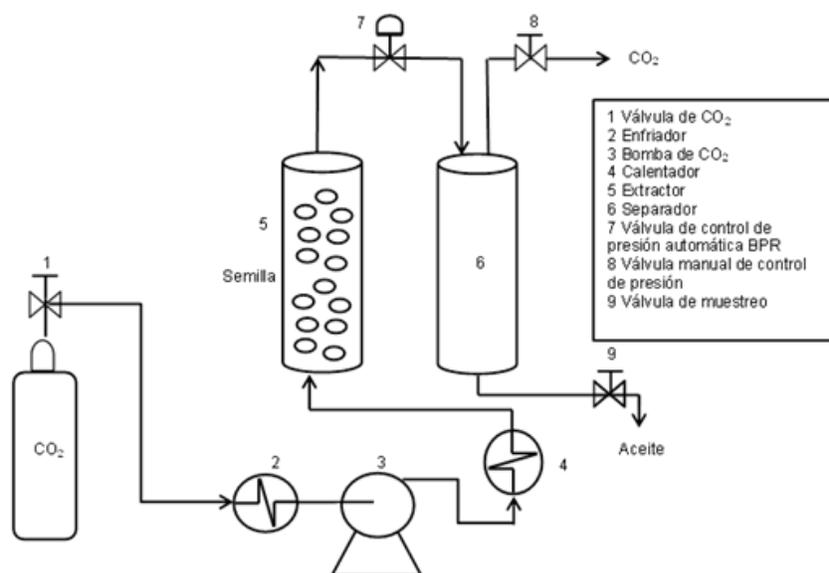


Figura 11. Esquema del equipo utilizado para la extracción con fluido supercrítico. (Adaptado de Pantoja *et al.*, 2017)

3.2.4 Extracción por lixiviación

Este método también se conoce como percolación, es uno de los procesos más difundidos ya que se puede realizar con disolventes orgánicos en frío para conservar los compuestos termolábiles que pueda contener el material. Consiste en colocar el material fragmentado en un recipiente cónico o embudo, y hacer pasar un disolvente adecuado a través del mismo. Se requiere que el solvente esté pasando constantemente (Tabio *et al.*, 2017).

Esta técnica consiste en remojar material vegetal con disolvente en un matraz con tapón; luego, la mezcla se somete a agitación continua y se deja reposar a temperatura ambiente durante varias horas o días hasta que se extraen los fitoquímicos adecuados). La mezcla obtenida se clarifica mediante filtración o decantación después de reposar, el tipo de solvente que se utiliza está relacionado con la naturaleza de los compuestos que se desean extraer de material vegetal. (Fakhfakh *et al.*, 2019).

CAPÍTULO 4. ALGUNAS ACTIVIDADES BIOLÓGICAS DE ACEITES DE SEMILLAS

4.1 Actividad antioxidante

Hoy día los antioxidantes se consideran compuestos importantes, ya que pueden inhibir o retardar la oxidación de otras moléculas inhibiendo la iniciación o propagación de las reacciones en cadena de los radicales libres. Por ello se busca a través de la tendencia hacia lo natural, plantas que contengan estos compuestos; por lo que para identificarlos en alguna parte de la planta se procede a determinar su actividad antioxidante. Aunque su actividad no puede ser medida directamente, puede determinarse por los efectos del compuesto antioxidante en un proceso de oxidación controlado, usándose intermediarios o productos finales para valorar la actividad antioxidante (Bristi, 2012).

Cuando una mezcla de compuestos presenta actividad antioxidante, esta no viene dada solamente por la suma de las capacidades antioxidantes de cada uno de sus componentes, sino que también depende del microambiente en el que se encuentra el compuesto, ya que estos pueden interactuar entre sí, pudiendo producirse efectos sinérgicos o inhibitorios.

Existen diferentes métodos para evaluar la actividad antioxidante, ya sea *in vitro* o *in vivo*, aunque los ensayos *in vivo* pueden presentar algunos inconvenientes, como la adaptabilidad en respuesta al aumento del estrés oxidativo. Una de las estrategias más aplicadas en las medidas *in vitro* de la capacidad antioxidante total de un compuesto, mezcla o alimento, consiste en determinar la actividad del antioxidante frente a sustancias cromógenas de naturaleza radical; la pérdida de color ocurre de forma proporcional con la concentración (Méndez *et al.*, 2015).

Los métodos *in vitro* nos permiten tener una idea aproximada de lo que ocurre en situaciones complejas, *in vivo*, siendo los métodos más utilizados aquellos que usan los radicales ABTS (2, 2'-Azinobis-3-etil- benzotiazolina-6-ácido sulfónico) y DPPH (2,2-

difenil-1-picrilhidrazilo). Ambos métodos, presentan una excelente estabilidad en ciertas condiciones, aunque también muestran diferencias, como, por ejemplo, el DPPH es un radical libre que puede obtenerse directamente sin una preparación previa; mientras que el ABTS tienen que ser generados tras una reacción que puede ser química (dióxido de manganeso o persulfato potásico), enzimática (peroxidasa o mioglobulina) o también electroquímica. Con el ABTS se puede medir la actividad de compuestos hidrofílicos y lipofílicos, lo que los hace de gran utilidad en el estudio simultáneo de varias muestras (Castañeda *et al.*, 2008; Christodouleas *et al.*, 2015; Olszowy & Dawidowicz, 2016).

Las capacidades antioxidantes de las frutas varían según su contenido en vitamina C, vitamina E, carotenoides, flavonoides y otros polifenoles. El perfil lipídico de los aceites de semillas ha revelado fitoquímicos antioxidantes beneficiosos como carotenoides, compuestos fenólicos y polifenólicos, incluido el ácido graso especial ácido α -linolénico (Swamy *et al.*, 2019). Los polifenoles que se consumen en la dieta son antioxidantes que secuestran radicales libres y previenen la oxidación biológica, la cual es uno de los principales factores etiológicos de muchas enfermedades crónicas como infartos y otras enfermedades cardíacas, cáncer, diabetes, envejecimiento celular, etc. (Vit *et al.*, 2014)

Shafii y colaboradores en 2017 analizaron varios extractos de semillas de *M. zapota* por sus compuestos bioactivos y su potencial de acción natural, evidenciando propiedades antioxidantes para aplicación cosmeceútica. La actividad antioxidante *in vitro* de los extractos de hexano, acetato de etilo y etanol se evaluaron mediante la actividad de captación de radicales 1,1-difenil-picrilhidrazilo (DPPH), ensayos de actividad blanqueadora de β -caroteno (BCB) y métodos de capacidad de absorción de radicales de oxígeno (ORAC). Se utilizó Cromatografía de Gases-Espectrometría de Masas (LC/MS, por sus siglas en inglés) para analizar la cantidad de ácidos grasos y compuestos fenólicos en los extractos de acetato de etilo, etanol y hexano de semilla; los extractos de acetato y etanol demostraron tener actividad antioxidante; sin embargo, se eligió el extracto de etanol para su formulación y estudio, ya que el etanol es mucho más barato que el acetato de etilo como disolvente para extracción. La formulación exhibió propiedades no tóxicas y, por lo tanto, es segura para ser explorada en aplicaciones cosmeceúticas.

Por su parte Shanmugapriya y colaboradores (2016) llevaron a cabo el estudio de cuatro extractos diferentes de semillas de *Artocarpus heterophyllus* y *M. zapota*, donde analizaron su contenido total de fenoles y flavonoides, poder reductor y actividad antioxidante. Los contenidos fenólicos totales se determinaron espectrométricamente mediante el método de Folin-Coicalteu y se calcularon como equivalentes de ácido gálico. Los resultados revelaron que el extracto de semillas de *M. zapota* mostró un alto contenido de flavonoides y un potencial reductor, se ha informado que las plantas que contienen fenoles y flavonoides poseen fuertes propiedades antioxidantes; por lo que se puede concluir que el extracto de semilla de *Artocarpus heterophyllus* y *M. zapota* tiene una actividad antioxidante efectiva debido a la presencia de compuestos fenólicos. Por tanto, ambos extractos pueden ser potencialmente utilizados en productos cosméticos a base de plantas.

Los extractos de semillas de la familia Sapotaceae y en particular las semillas de *M. zapota* pueden tener una actividad antioxidante efectiva debido a la presencia de altas cantidades de compuestos fenólicos. Por lo tanto, el extracto de estas semillas puede ser una buena medicina funcional, así como materia prima para productos farmacéuticos a base de plantas (Baky *et al.*, 2011; Sirinya *et al.*, 2016). Los resultados presentados por Ramírez y Pacheco de Delahaye (2011) y Vit y colaboradores (2014) en cuanto al contenido de polifenoles, sugieren que los compuestos fenólicos de las *Annonaceae*, en particular de los extractos metanólicos y etanólicos de las semillas de *A. muricata*, pueden ser utilizados como antioxidantes naturales en la dieta.

Las semillas de *I. edulis* son de color púrpura debido a los pigmentos de antocianina y esta clase de compuestos tiene una fuerte actividad antioxidante (Lima, 2015). Lima y colaboradores en 2019 realizaron el fraccionamiento de semillas de *I. edulis*, donde les fue posible obtener una antocianina pura y una mezcla de tres antocianinas. La antocianina aislada de la fracción acuosa, así como los compuestos derivatizados mostraron un alto potencial de inhibición de la Radical libre DPPH. Una antocianina derivada de un glucósido mostró un excelente potencial de inhibición del radical libre DPPH con un 90% inhibición radical por el método evaluado.

4.2 Actividad antimicrobiana, nematocida y otras

La resistencia a los antibióticos es un problema de salud importante que obligó a los científicos a buscar una solución alternativa a partir de los recursos vegetales (Gulfranz *et al.* 2011). Varios aceites de semillas de plantas han sido investigados como agentes antimicrobianos, con resultados prometedores. Se han investigado los aceites y extractos de semillas obtenidos de diferentes fuentes vegetales para ejercer actividades antivirales y antifúngicas contra diversas cepas patógenas.

A razón de lo anterior, se ha incrementado el uso de conservantes naturales como fuente de sustancias con actividad antimicrobiana. Las plantas han despertado gran interés en la búsqueda de mayor conocimiento sobre la actividad antimicrobiana, por lo que cada vez más se intensifican las investigaciones en las diferentes partes de las plantas para determinar su actividad antibacteriana y potencial uso en las diferentes industrias (farmacéutica, alimentaria, etc). Al aumentar la amenaza de la resistencia a los antibióticos, la perspectiva de los aceites bioactivos de semillas como agente antimicrobiano es muy prometedora. (Baud, 2018; Swamy *et al.*, 2019). Gecgel y colaboradores en 2019 analizaron los aceites de semillas extraídos por el método de prensado en frío de semillas de argán, granada, dátil, lino, cártamo, baya dorada, nuez y uva exhibiendo una fuerte actividad antibacteriana contra bacterias patógenas y mohos como *Salmonella enteritidis*, *Listeria Monocytogenes* y *Aspergillus parasiticus*.

Alamu y colaboradores (2020) separaron y caracterizaron las fracciones de etanol y acetato de etilo del extracto de aceite obtenido de semilla de *A. muricata*, donde identificaron los compuestos predominantes 9, Ácido 12-octadecadienoico (66.52%), éster etílico del ácido hexadecanoico (13.98%), éster etílico del Ácido 2-hidroxi-1-(hidroximetil)-9-octadecenoico- (8,87%), ácido n-hexadecanoico (7,07%) y escualeno (1,66%); 2-metil-Z, Z-3,13-octadecadienol (21,70%), éster etílico del ácido tetradecanoico (12,77%), ácido n-hexadecanoico (9,85%), 1,8,11-heptadecatrieno, (Z, Z) - (9,59%) y p-cumarato de metilo. Donde algunos de estos compuestos pueden ser explotados en el futuro como insecticida o

plaguicida en el manejo de plagas agrícolas importancia, mientras que se deben hacer esfuerzos conscientes para la conservación *ex situ* de la planta.

La familia *Sapotaceae* es una familia de plantas con flores que se conocen con una amplia gama de componentes químicos como saponinas, flavonoides y compuestos polifenólicos. Los compuestos fenólicos se encuentran ampliamente distribuidos en el reino vegetal y tienen varias actividades biológicas como antiinflamatorio, antioxidante, antibacteriano, antifúngico, antidiabético y antiulceroso. El aceite de semillas de *M. zapota* mostró actividad antibacteriana frente a bacterias Gram positivas y Gram negativas; además las semillas, hojas y tallos del árbol de *P. sapota* también tienen propiedades insecticidas contra las larvas del gusano del melón (*Diaphania hyalinata*), el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y polillas dorso de diamante y propiedades fungicidas contra la descomposición postcosecha de jobo (Baky *et al.*, 2016).

Un trabajo de investigación realizado por Bejarano (2019), reveló que el extracto acuoso de las semillas de *I. edulis* inhibió la eclosión de huevos del nemátodo *Ascaris suum* hasta en un 79, 83%, aunque no alcanzó el porcentaje de inhibición del Albendazol (control positivo), es evidente que hay actividad antiparasitaria de los extractos acuosos de las semillas antes mencionadas.

Otro estudio realizado por Dib y colaboradores (2019) se describe la caracterización del primer inhibidor de tripsina purificado de *I. edulis*, un árbol ampliamente distribuido en Brasil. Donde utilizaron cromatografía de preparativa para purificar el inhibidor (IETI); el cual contiene un único sitio reactivo para la tripsina, mantenido por un puente disulfuro; su actividad inhibidora se redujo de una manera dependiente del tiempo y de la concentración. El inhibidor (IETI) presentó actividad contra *Candida ssp.*, incluidas la *C. buinensis* y *C. tropicalis*; lo que respalda el uso de este inhibidor en estudios adicionales para el control de infecciones fúngicas.

Mohanapriya y colaboradores (2018) analizaron extractos de semillas de *M. zapota* por su eficaz actividad biológica, los extractos de semillas fueron principalmente sometido a análisis

fitoquímicos cualitativos y cuantitativos; además realizaron el análisis antimicrobiano mediante ensayo de difusión en pozos de agar contra pocos patógenos humanos, incluidos los resistentes a múltiples fármacos fenotipos. Entre los microorganismos investigados, *Micrococcus luteus*, *Candida albicans* y la cepa MRSA E-1122 esta última exhibió la zona más alta de inhibición. Este estudio proporciona evidencia de que las semillas de *M. zapota* poseen una actividad significativa sobre patógenos por sus biocompuestos activos presente en el extracto.

En un trabajo experimental realizado por Yoshihara y colaboradores en 2015, evaluaron el efecto del extracto etanólico y de acetato de etilo de las semillas de *I. edulis*, in vitro, donde utilizaron la prueba de eclosión de huevos de *Ascaris* y evaluaron el extracto a concentraciones entre 15 y 125 µg/mL. Concluyeron que, la mayor inhibición de la eclosión de huevos (97.65%) se dio a la concentración de 125 µg/mL del extracto etanólico de *I. edulis*.

4.3 Actividad antiinflamatoria y actividad citotóxica de algunas semillas

La citotoxicidad hace referencia a la capacidad de un compuesto o molécula de ocasionar algún tipo de daño a la célula. Este daño puede ser provocado por sustancias sintetizadas por alguna parte de la planta que provocan la muerte celular. La actividad citotóxica se evalúa con el fin de determinar su potencial bioactivo sobre todo en la industria farmacéutica puesto que al ajustarse puede provocar la muerte celular de un determinado tipo de células dejando el resto completamente intactas según sea el interés. Los aceites de semillas y los extractos de semillas obtenidos de diversas fuentes han sido investigadas como posibles agentes citotóxicos (Swamy *et al.*, 2019).

Se informó de la actividad antiproliferativa de los aceites de semillas de diversas frutas que contienen α -linolénico también ácido contra las células de cáncer de colon HT-29 (Meriño *et al.* 2018). En un estudio realizado por Lima y colaboradores en 2019 revelaron que las antocianinas y los productos derivatizados analizados de las semillas de *I. edulis* no

presentaron citotoxicidad a la línea celular tumoral de hepatocarcinoma infectada con el Virus de la Hepatitis C.

Las actividades antiinflamatorias y antioxidantes de los aceites de semillas promueven la herida curación y reparación de la barrera cutánea. El efecto sinérgico de las propiedades antibacterianas, antioxidantes y antiinflamatorias de los aceites de semillas también se han atribuido a su propiedad de cicatrización de heridas (Lin et al. 2018). También se informó que algunos aceites de semillas poseen una propiedad de curación de heridas eficiente contra quemaduras de segundo grado modelos en ratas (Bardaa *et al.*, 2016). Muchos aceites de semillas contienen ácidos grasos omega-3 esenciales y otros bioactivos que son ha demostrado exhibir actividades antiinflamatorias y antitrombóticas (Nyam et al. 2015).

CAPÍTULO 5. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LOS ACEITES

Debido a la complejidad de la estructura de los ácidos grasos y a la dificultad de determinar exactamente la composición de una grasa mediante los análisis tradicionales, la cromatografía de gases se ha convertido en una herramienta indispensable para establecer el perfil de ácidos grasos. Se realiza un tratamiento de la muestra para obtener un extracto concentrado con los analitos de interés; en este caso, ácidos grasos y luego a ésteres simples de metanol en vez de glicerol.

Los aceites están compuestos por ácidos grasos, el análisis y la identificación de los ácidos grasos se realiza principalmente por Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de Masas (GC-MS por sus siglas en inglés) lo cual nos ayuda a evaluar y caracterizar el aceite y determinar su potencial uso en cualquier industria (Tabio *et al.*, 2017). La Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de Masas es la herramienta más empleada y poderosa para el análisis de lípidos, por exactitud, sensibilidad, reproducibilidad, separación, identificación y cuantificación de los ácidos grasos (Fatty Acids Metil Esters, FAMES por sus siglas en inglés); cuya exactitud está limitada por la complejidad del proceso de calibración, la pureza de las sustancias empeladas como estándares y la imposibilidad de identificar los compuestos en la muestra (Valencia, 2008).

La Cromatografía de Gases se utiliza ampliamente para analizar ácidos grasos después de ser derivatizados a metil ésteres de ácidos grasos (FAME). Los ácidos grasos pueden ser difíciles de analizar porque estos compuestos altamente polares tienden a formar enlaces de hidrógeno, lo que conduce a problemas de adsorción. Reducir su polaridad puede hacerlos más susceptibles de análisis; para distinguir entre las diferencias muy leves entre los ácidos grasos insaturados, primero se deben neutralizar los grupos funcionales carboxilo polares. (Baokun y Kyung, 2013)

La derivatización es necesaria para el análisis de ácidos grasos mediante GC-MS, especialmente para ácidos grasos con un número de carbonos superior a 10. Los ácidos grasos

se derivatizan comúnmente para formar ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME), que luego se detectan mediante GC-MS. Dado que se pueden utilizar numerosos métodos de derivatización para el análisis de ácidos grasos, es mejor comprender los pros y los contras de cada método y considerar las limitaciones de los métodos. Además, las condiciones de derivatización se pueden optimizar para satisfacer las necesidades de una aplicación específica (Valencia, 2008).

Para los métodos de derivatización ácida, los reactivos de derivatización de ácido comúnmente utilizados son ácido clorhídrico (HCl), ácido sulfúrico (H₂SO₄) y trifluoruro de boro (BF₃). La derivatización de HCl es uno de los métodos de análisis de ácidos grasos más utilizados debido a su simplicidad operativa; los enfoques de derivatización ácida se utilizan comúnmente para muestras biológicas y tienen muchas ventajas; sin embargo, la posibilidad de alterar la distribución de isómeros del sistema conjugado sigue siendo una preocupación. Además, parte de la formación de isómeros durante la derivatización ácida podría reducirse evitando el uso de altas temperaturas de reacción o cantidades de reactivo de derivatización, añadiendo algo de dimetilsulfóxido (DMSO) o dimetilformamida (DMF) durante la reacción (Chiu y Kuo, 2020).

Los métodos de derivatización básicos ofrecen las ventajas de tiempos de derivatización cortos, sin problemas de isomerización de doble enlace, fácil operación y utilizan reactivos menos agresivos, sin embargo, no son adecuados para derivatizar ácidos grasos libres. El método de derivatización del metóxido de sodio (NaOCH₃) se ha utilizado en varios estudios; asimismo el hidróxido de potasio (KOH) también se puede utilizar en métodos básicos de derivatización. El protocolo es bastante simple y el tiempo de reacción es bastante corto (Chiu y Kuo, 2020).

Además de los métodos de derivatización ácidos y básicos, también se han propuesto otras estrategias de derivatización. El hidróxido de trimetilsulfonio (TMSH) permite la derivatización rápida en un solo paso sin ninguna extracción adicional; este método se ha utilizado para investigar los perfiles de ácidos grasos de lípidos neutros y fosfolípidos en el plasma humano. Debido al protocolo simplificado, este método fue útil para análisis de lotes

grandes, pero el limitante del método TMSH es la eficiencia de derivatización insuficiente para ácidos grasos poliinsaturados (Chiu y Kuo, 2020).

En los últimos años se ha avanzado en la búsqueda e implementación de metodologías analíticas que permitan un análisis completo de todos los componentes de un aceite que contiene componentes no volátiles o altamente polares o reactivos, este avance se ha logrado con el acoplamiento físico de dos o más técnicas cromatográficas o espectroscópicas, como la Cromatografía de Gases-Espectrometría de Masas (GC/MS por sus siglas en inglés), la Cromatografía Líquida-Espectrometría de Masas (LC/MS por sus siglas en inglés); y se continúa avanzando, puesto que la espectroscopia de Resonancia Magnética Nuclear (RMN) se ha convertido en una herramienta muy eficiente y versátil para la caracterización.

La RMN permite realizar investigaciones tanto en sólidos como en solución, a diferencia de los métodos de caracterización más utilizados, como la cromatografía y la espectroscopía de masas. Además, el hardware de RMN, la tecnología informática y el diseño experimental se han desarrollado simultáneamente, resultando así una generación moderna de espectrómetros de RMN capaces de explorar estructuras complejas. (Majid Y Pihillagawa; 2014)

Torres en 2019, realizó la evaluación y cuantificación de ácidos grasos del aceite de la semilla de *A. muricata* (Guanábana) por Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de Masas (GC-MS) en donde obtuvo como resultado: ácidos grasos saturados 24,9%; monoinsaturados 43% y poliinsaturados 32,1%. Teniendo como mayor cantidad a los ácidos grasos: oleico (41,51%) y linoleico (31,24%) por lo que se considera al aceite una fuente rica en ácidos grasos esenciales.

Sánchez y colaboradores en 2016, determinó la composición de ácidos grasos presentes en el extracto de las semillas *I. edulis* obtenido por extracción sólido-líquido en Soxhlet, mediante Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de Masas (GC-MS por sus siglas en inglés). En el aceite de las semillas, el ácido palmítico se encontró en mayor proporción, también está presente el ácido linoleico (LA), ácido graso esencial primario o

generador de la familia ω -6; la proporción de ácido esteárico fue 9.84% para el aceite de las semillas y la proporción de ácido oleico fue de 1.66% para el aceite.

Alamu y colaboradores (2020) caracterizaron las fracciones de etanol y acetato de etilo del extracto de aceite obtenido de semilla de *A. muricata* de la cual se separaron e identificaron 22 compuestos mediante Cromatografía de Gases-Espectrometría de Masas (GC / MS por sus siglas en inglés). El análisis por GC-MS de la alícuota del aceite de semilla de *A. muricata* arrojó varios compuestos químicos de importancia económica e industrial. Estos compuestos se identificaron en función de su área de pico respectiva, tiempo de retención, fórmula molecular, masa molecular y cálculo fragmentos.

CAPÍTULO 6. USO DE SEMILLAS Y EXFOLIANTES

Los cosméticos son sustancias o formulaciones destinadas a ser puestas en contacto con las partes superficiales del cuerpo humano: epidermis, sistema piloso y capilar, uñas y labios con el fin exclusivo o principal de limpiarlos, perfumarlos, ayudar a modificar su aspecto, protegerlos, mantenerlos en buen estado o prevenir deficiencias o alteraciones en el funcionamiento de la piel sana. De esta forma, el sector cosmético trabaja en una gran variedad de productos para satisfacer la necesidad de las personas en lo que respecta a su cuidado (Gutiérrez *et al.*, 2016).

En la medicina tradicional, algunos aceites son utilizados para tratar la alopecia y el dolor de oído (propiedades analgésicas), y semilla molida para tratar cálculos renales, reumatismo y trastornos digestivos; por su parte la industria cosmética extrae aceites de las semillas para hacer jabones, champús, tintes para el cabello y otros productos (Alia-Tejagal *et al.*, 2007). Muchos de estos aceites, grasas y mantequillas vegetales se utilizan como emolientes, gommas, ceras y resinas; aunque también se usan otros productos de origen natural como por ejemplo, la miel que se actúa como humectante; de igual manera, los polvos obtenidos de cáscara y semillas son usados como exfoliantes; y los aceites esenciales son comúnmente usados como fragancias; además la lista de colorantes vegetales ha ido en aumento, así como los ingredientes activos para el tratamiento de problemas de la piel (Bravo *et al.*, 2016)

Por su parte, los procesos de exfoliación, también denominados peeling, consisten en la eliminación de las capas más superficiales de la piel, consiguiendo un adelgazamiento del estrato córneo (capa más externa de la epidermis). Con la aplicación de los cosméticos exfoliantes se eliminan las células muertas y las impurezas cutáneas a través de una limpieza profunda en la piel, entre muchas otras acciones benéficas. A nivel dermatológico, la exfoliación constituye una de las opciones dentro de un grupo variado de tratamientos que son ofrecidos a personas que presentan condiciones especiales en la piel, como son daños ocasionados por luz UV, celulitis, acné, entre otros (Nilforoushzadeh *et al.*, 2018).

Hoy en día existen muchos tipos de productos para exfoliar la piel, algunos de ellos son de origen natural y otros de origen sintético y cada uno tiene sus ventajas e inconvenientes para la cara y el cuerpo. Además, los agentes exfoliantes se pueden clasificar en dos grupos atendiendo a su forma de actuación, en exfoliantes químicos y exfoliantes físicos; en los primeros la acción exfoliante se lleva a cabo gracias a la incorporación de alfa-hidroxiácidos (AHA: ácido láctico, málico, etc.) y de beta-hidroxiácidos (BHA: ácido salicílico y sus derivados) con el fin de mejorar el proceso descamativo natural de la piel. Las desventajas que presenta este tipo de exfoliación química son las rojeces que pueden generar, especialmente en pieles muy sensibles (Garrote–Bonet, 2008; Villagrán, 2014).

En los exfoliantes físicos, el mecanismo de acción se basa en el arrastre mecánico de los corneocitos por parte de las partículas sólidas abrasivas que los componen. En estos exfoliantes las partículas granulosas pueden ser de origen natural o de origen sintético y suelen ser gránulos de un tamaño entre 100 y 1.000 μm y con dureza media. Las partículas de origen natural, tienen un tamaño de partícula no uniforme y pueden ser de origen vegetal (como polvo de hueso de melocotón, polvo de cáscara de almendra, avellana o nuez, cáscara de semilla de mamey, entre otros); de origen animal (cáscara de huevo, armazón de crustáceos, entre otros); o de origen mineral (arcillas y arenas). Las partículas de origen sintético, tienen un tamaño de partícula más uniforme y a su vez pueden ser de naturaleza inorgánica (sílice, talco, entre otros) o de naturaleza orgánica (microgránulos de polietileno, cloruro de polivinilo, entre otros) (Gutiérrez *et al.*, 2016; Torres - Borja, 2017).

Las semillas resultan ser una materia prima potencial a nivel industrial en la elaboración de exfoliantes, al ser de origen natural, disminuyen el impacto que tienen el uso de exfoliantes sintéticos al ambiente, puesto que estos últimos generalmente son partículas de microplástico que se acumulan con mucha facilidad en ecosistemas marinos, fuentes de agua dulce y sus entornos (Napper *et al.*, 2015). Debido a esto, es imprescindible sustituir completamente estas micropartículas de plástico y así disminuir tanto el impacto ambiental como el económico y legal; puesto que en diversos países se han desarrollado leyes para eliminar estos ingredientes completamente de las formulaciones cosméticas (Thompson *et al.*, 2009).

Todo esto ha llevado a considerar las semillas de desechos agroindustriales como útiles e inofensivas para el ambiente, potencializando su uso como una alternativa natural para producir no sólo aceites con uso potencial en cosmética, sino también exfoliantes físicos; que pueden ser obtenidos de los residuos o tortas producto de la extracción del aceite de las semillas, luego de molerse para obtener un material con tamaño de partícula adecuado que pueda ser empleado como gránulos exfoliantes en cosmética. Actualmente la industria cosmética está en creciente auge con la incorporación de materias primas innovadoras y Colombia está en la capacidad de dotar estos elementos debido a su gran fortaleza en materia de biodiversidad y potencial agrícola (Meriño Stand *et al.*, 2019).

Las semillas son fuentes renovables y económicas prometedoras de aceites con potencial uso industrial. Muchos sistemas tradicionales utilizan aceites de semillas por sus múltiples beneficios para la salud y bioactividades (Yang *et al.*, 2016; Pereira *et al.* 2017). Con las semillas de las frutas se producen aceites y grasas con potencial y usos cosméticos, para luego ser perfectamente comercializados. Gutiérrez y colaboradores en 2016 elaboraron una formulación con fines cosméticos a partir de torta de las semillas de *M. oleífera*, un aspecto no informado con anterioridad dentro de sus aplicaciones, por ello propusieron una nueva forma de uso sostenible del subproducto de la torta a corto y largo plazo; incursionando en la elaboración de una crema exfoliante con fines cosméticos.

Por otro lado, Proaño y colaboradores (2020) desarrolló un trabajo enfocado en el aprovechamiento de las semillas de maracuyá *Passiflora edulis* con aplicación en el diseño de un producto cosmético: crema exfoliante con aceite de semillas de maracuyá y residuo sólido generado de la extracción del aceite; cabe resaltar que productos de este tipo son comerciales, de marcas reconocidas como Natura® quien comercializa un exfoliante de semillas molidas de maracuyá (figura 12), el cual suaviza la piel, debido a sus propiedades hidratantes y calmantes gracias al aceite esencial de la semilla de maracuyá contribuyendo en la eliminación de células muertas.



Figura 12. Exfoliante corporal de semillas de Maracuyá (*P. edulis*) comercializado por Natura®

Fuente: <https://siemprenaturabogota.com/producto/jabon-liquido-exfoliante-corporal-ekos-maracuya/>

Por su parte Herrera (2015) propuso en su estudio un diseño de planta para la elaboración de dos productos alimenticios y un producto de cosmético (figura 13) a base de semillas y aceite de chía (*Salvia hispanica*), debido a todos los beneficios nutricionales que tiene esta semilla, la cual contiene ácidos grasos poliinsaturados y de fibra; como producto cosmético resultar tener capacidad para humectar la piel, siendo muy interesante por los antioxidantes que esta semilla posee en su composición.



Figura 13. Jabón exfoliante de miel con semillas de chía

Fuente: <https://i2.wp.com/elcolmenardelbierzo.com/wp-content/uploads/2019/04/Jabon-exfoliante.jpg?fit=1440%2C1080&ssl=1>

Muchos son los productos cosméticos que están hechos a base de semillas de frutas, aunque la composición química de éstas varíe, resultan ser muy provechosas para el cuidado corporal. Productos comerciales como el jabón artesano y exfoliantes corporales de aceite de semilla de uva (figuras 14-16), que combate el envejecimiento cutáneo, es regenerador del cutis, es ideal para pieles grasas. Además, óleos hidratantes de semillas de uva (figura 17) que tienen un alto porcentaje en ácido linoleico, omega 6 y una gran concentración de antioxidantes (Pérez *et al.*, 2015); por todo esto se considera el aceite de semilla de uva como un producto excelente para luchar contra los radicales libres y el envejecimiento celular. Estos productos artesanos y comerciales dan evidencia del potencial que tienen las semillas en el sector cosmético.



Figura 14. Jabón exfoliante de miel con semillas de chía (producto comercial)

Fuente: https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcRwriOHQJCMbNXXJ10cB8aPzNexpWUtQDs_vg&usqp=CAU



Figura 15. Exfoliante corporal de semillas de uva (producto comercial)

Fuente: https://cdn.shopify.com/s/files/1/1493/1376/products/IMG_9491compressor_1024x1024.jpg?v=1538770973



Figura 16. Exfoliante de semillas de uva (producto comercial)

Fuente:

<https://www.fashioncosmeticos.com.br/media/catalog/product/cache/3/thumbnail/600x/17f82f742ffe127f42dca9de82fb58b1/o/l/oleo-semente-uva.jpg>



Figura 17. Óleo de semillas de uva (producto comercial)

Fuente:

<https://biutestbucket.s3.amazonaws.com/uploads/exfoliante-de-semilla-de-uva.jpg>

El potencial de algunas de las semillas en estudio de esta monografía ya está siendo aprovechado en la industria cosmética, donde se ofertan productos exfoliantes suaves y naturales, con semillas de guanábana, debido a su considerable contenido de ácido oleico deja la piel tersa y humectada sin afectar el pH natural (figura 18) ; además la torta resultante de la extracción del aceite de estas semillas es aprovechado como micropartículas para la elaboración de exfoliantes (figura 19).



Figura 18. Exfoliante suave natural, con semillas de guanábana (producto comercial)

Fuente:<https://tesoro.com.co/es/cuidado-corporal/15-exfoliante-corporal-hidratante-7709990736250.html>



Figura 19. Exfoliante corporal de guanábana (producto comercial)

Fuente:

<https://www.etsy.com/mx/listing/267142871/exfoliante-corporal-de-guanabana-9oz>

Asimismo, el aceite de hueso de mamey (también conocido como *zapote*), es uno de los aceites que está siendo muy utilizado en el mundo de la belleza; debido a la presencia de ácidos oleico y linoleico (Solís *et al.*, 2015), quienes le confieren propiedades como suavizante para la piel, crecimiento de las pestañas (Figura 20 y figura 21), ayudando a prevenir la caída del cabello, entre otras cosas.



Figura 20. Desmaquillante de hueso de mamey (producto comercial)

Fuente:

<https://biutestbucket.s3.amazonaws.com/uploads/minka-beauty-desmaquillante-de-hueso-de-mamey-biutest-ce7aacae-c4c4-4ab0-9e35-0d73d65c0f90.jpg>



Figura 21. Máscara para pestañas del aceite de hueso de mamey (producto comercial)

Fuente: <https://www.donknatural.com/wp-content/uploads/2020/06/donk-huesomamey2.jpeg>

CONCLUSIÓN

Durante el desarrollo de este estudio monográfico se pudo evidenciar el potencial uso de algunas semillas típicas de la región Cordobesa en la industria cosmética por las características y propiedades de sus aceites; además de su valiosa utilidad biológica para su uso como material particulado. Es importante resaltar que el departamento de Córdoba podría considerarse como una fuente de materia prima para la elaboración de productos cosméticos, generando así un impacto social y económico; fomentando el desarrollo empresarial en el sector cosmético en el departamento de Córdoba, el cual es casi nulo.

La composición química del aceite extraído de la mayoría de las semillas de interés en este estudio monográfico presentó como ácidos grasos mayoritarios al ácido linoleico y el ácido oleico; siendo el primero el ácido graso insaturado más utilizado en productos cosméticos, ya que se destaca por hidratar la piel, además de sus propiedades antiinflamatorias que ayudan a reducir la irritación y la inflamación provocado por quemaduras solares, ayudando a limpiar la piel de manera efectiva. Y el segundo un ácido graso monoinsaturado muy atractivo para el sector cosmético debido a su importancia en la reconstrucción de las membranas celulares de la piel, aportando a la dermis una mayor tersura.

Cabe resaltar que no sólo se podría trabajar con las semillas en estudio en esta monografía, puesto que Córdoba presenta una gran variabilidad agraria debido a que posee un suelo muy fértil, y su experiencia productiva en cultivos frutales, la cual se ha fundamentado en cultivos como coco, guayaba, mango, papaya, maracuyá, piña, marañón, cítricos, guanábana, níspero, zapote costeño, lo que promueve un gran potencial agroindustrial mediante la explotación de sus recursos.

Se evidenció que la comercialización de exfoliantes es muy diversa debido a la alta demanda de productos que protejan la piel, por lo que sí es posible utilizar las semillas de algunas de las frutas aquí estudiadas como material particulado para exfoliantes, dándole soporte a lo que se planteó en este estudio monográfico, en lo que respecta al uso que podrían tener estas semillas como partículas exfoliantes.

REFERENCIAS

- Al Juhaimi, F., & Özcan, M. M. (2018). Effect of cold press and soxhlet extraction systems on fatty acid, tocopherol contents, and phenolic compounds of various grape seed oils. *J. Food Process. Preserv.*, 42(1), e13417.
- Alamu, O., Ofuya, T.I., Oni, M.O, and Idoko, J.E. (2020) Gas chromatography-mass spectrometry analysis of ethanol and ethyl acetate fractions of *Annona muricata* (L) seed oil. *Am J Res. Comm*, Vol 8(11): 18-20
- Alia-Tejagal, I., Villanueva-Arce, R., Pelayo-Zaldívar, C., Colinas-León, M. T., López-Martínez, V., & Bautista-Baños, S. (2007). Postharvest physiology and technology of sapote mamey fruit (*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore & Stearn). *Postharvest Biol. Technol.*, 45(3), 285-297.
- Arana, M. B. L., & Arana, M. I. L. (2019) Mamey (*Pouteria sapota*) para su uso como biocombustible”. 115. Tesis de grado
- Avram, M., Stoica, A., Dobre, T., & Stroescu, M. (2014). Extraction of vegetable oils from ground seeds by percolation techniques. *UPB Sci Bull Series B*, 76(2), 13-22
- Aydeniz, B., Güneşer, O., & Yılmaz, E. (2014). Physic-chemical, Sensory and Aromatic Properties of Cold Press Produced Safflower Oil. *J Am Oil Chem Soc* 91(1), 99-110.
- Baud S. (2018) Seeds as oil factories. *Plant Reprod* 31:213.
- Baokun T, Kyung H. R, Development of Gas Chromatography Analysis of Fatty Acids in Marine Organisms, *J Chromatogr Sci*, Volumen 51, Número 7, Agosto de 2013, Páginas 599–607.
- Bardaa S, Moalla D, Khedir BS *et al* (2016) The evaluation of the healing proprieties of pumpkin and linseed oils on deep second-degree burns in rats. *Pharm Biol* 54:581–587
- Bialek, A., Bialek, M., Jelinska, M., & Tokarz, A. (2016). Fatty acid profile of new promising unconventional plant oils for cosmetic use. *Int J Cosmet Sci*, 38(4), 382-388.
- Bejarano Pichen, Y. M., (2019). Efecto antiparasitario in vitro del extracto acuoso de semillas de *Inga edulis* y *Cucurbita máxima* sobre *Ascaris suum*. *Trujillo*. 331. Tesis de grado. 22-23

Bothara, Sunil & Singh, Sudarshan. (2012). Pharmacognostical Studies of Seeds on Some Plants Belonging Chhattisgarh. *Pharmacogn. J.* 4. 24–30.

Bristi, N. (2012) Review on *in vivo and in vitro* methods evaluation of antioxidant activity. *Saudi Pharm J.* 21,143-152.

Campos, D. A., Gómez-García, R., Vilas-Boas, A. A., Madureira, A. R., & Pintado, M. M. (2020). Management of Fruit Industrial By-Products—A Case Study on Circular Economy Approach. *Molecules*, 25(2), 320.

Castañeda, CB y Ramos, LL. E., & Ibáñez, VL (2008). Evaluación de la capacidad antioxidante de siete plantas medicinales peruanas. *Horizonte Médico*, 8 (1), 56-72. [Fecha de Consulta 16 de octubre de 2020]. ISSN: 1727-558X.

Cavdar HK, Yanik DK, Gok U et al (2017) Optimization of microwave-assisted extraction of pomegranate (*Punica granatum L.*) seed oil and evaluation of its physicochemical and bioactive properties. *Food Technol Biotechnol* 55:86–94

Chaikul P, Lourith N, Kanlayavattanakul M (2017) Antimelanogenesis and cellular antioxidant activities of rubber (*Hevea brasiliensis*) seed oil for cosmetics. *Ind Crop Prod* 108:56–62

Che Marzuki, N. H., Abdul Hamid, M., & Abdul Wahab, R. (2018). Assessment of fatty acid composition and response surface optimization of ultrasonic-assisted extraction of phenolic compounds from *Pouteria campechiana* pulp. *Malaysian J of Sci*, 14(2), 269-277.

Chemat F, Strube J. (2015) «Green Extraction of Natural Products | Wiley Online Books». Accedido 7 de octubre de 2020. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9783527676828>.

Chemat F, Zill-e-Huma, Khan MK (2011) Applications of ultrasound in food technology: processing, preservation and extraction. *Ultrason Sonochem* 18(4):813–835.

Chiu, H. H., & Kuo, C. H. (2020). Gas chromatography-mass spectrometry-based analytical strategies for fatty acid analysis in biological samples. *J Food Drug Anal*, 28(1), 60-73.

Christodouleas, D. C., Fotakis, C., Nikokavoura, A., Papadopoulos, K., & Calokerinos, A. C. (2015). Modified DPPH and ABTS Assays to Assess the Antioxidant Profile of Untreated Oils. *Food Anal Methods*, 8(5), 1294-1302.

Corona, J. E, Martínez, N. N, Ruiz, E. H, & Carranza, C. J. (2016). Extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de semillas de chía (*Salvia hispanica L.*) y su actividad antioxidante. *AgroSciences*, 50(4), 403-412.

De la Llata & Romero L. 2013. Method of obtaining total fixed lipids from seeds of the Sapotaceae family, for the preparation of cosmetics and dermatological pharmaceutical compositions. USA Patent 545900 B2.

Dib, H. X., de Oliveira, D. G. L., de Oliveira, C. F. R., Taveira, G. B., de Oliveira Mello, E., Verbisk, N. V., Chang, M. R., Corrêa Junior, D., Gomes, V. M., & Macedo, M. L. R. (2019). Biochemical characterization of a Kunitz inhibitor from *Inga edulis* seeds with antifungal activity against *Candida* spp. *Archives of Microbiology*, 201(2), 223-233.

Easmin MS.; Sarker MZI.; Ferdosh S et al (2015) Bioactive compounds and advanced processing technology: *Phaleria macrocarpa* (sheff.) Boerl, a review. *J Chem Technol Biotechnol* 90:981–991

Fakhfakh J., Ben-Youssef S., Naushad M., Allouche N. (2019) Different Extraction Methods, Physical Properties and Chemical Composition of Date Seed Oil. In: Naushad M., Lichtfouse E. (eds) Sustainable Agriculture Reviews 34. Sustainable Agriculture Reviews, vol 34. *Springer, Cham*.

Fidelis, M.; de Moura, C.; Kabbas Junior, T.; Pap, N.; Mattila, P.; Mäkinen, S.; Putnik, P.; Bursać Kovačević, D.; Tian, Y.; Yang, B.; Granato, D. (2019). Fruit Seeds as Sources of Bioactive Compounds: Sustainable Production of High Value-Added Ingredients from By-Products within Circular Economy. *Molecules*, 24, 3854.

Garcia-Vaquero, M., Rajauria, G., & Tiwari, B. (2020). Conventional extraction techniques: Solvent extraction. En *Sustainable Seaweed Technologies* (pp. 171-189). *Elsevier*.

Garrote A.; Bonet R. (2008). Exfoliantes «de nueva generación». *OFFARM*, 27(9): 65-60.

Gecgel U, Demirci AS, Dulger GC et al (2016) Some physicochemical properties, fatty acid composition and antimicrobial characteristics of different cold-pressed oils. *Riv Ital Sostanze Gr* 92:187–200

Gil-Chavez GJ, Villa JA, Ayala-Zavala JF et al (2013). Technologies for extraction and production of bioactive compounds to be used as nutraceuticals and food ingredients: an overview. *Compr Rev Food Sci Food Saf* 12:5–22

Gulfraz M.; Sadiq A.; Tari H et al (2011) Phytochemical analysis and antibacterial activity of *Eruca sativa* seed. *Pak J Bot* 43:1351–1359

Gutiérrez Y.; Marzola N.; Sánchez A.; Scull R.; García G.; Guadarrama D. (2016). Propuesta de una crema exfoliante a partir de la torta de las semillas de *Moringa oleifera* (Lam.). *Revista Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias*, 2(2): 1-13.

Herrero M, Mendiola JA, Cifuentes A, Ibáñez E (2010) Supercritical fluid extraction: recent advances and applications. *J Chromatogr A* 1217(16):2495–2511.

Herrera Cruz, A. B. (2015). Diseño de planta para la elaboración de dos productos alimenticios y un producto de cosmético a base de semillas y aceite de chíá (*Salvia hispánica*) (Tesis de pregrado). Universidad de las Américas, Quito

Leone A.; Spada A.; Battezzati A.; Schiraldi A.; Aristil J.; Bertoli S. (2016). *Moringa oleifera* Seeds and Oil: Characteristics and Uses for Human Health. *Int. J. Mol. Sci.*, 17(12): 2141-2155.

Khoddami, A., Man, Y. B. C., & Roberts, T. H. (2014). Physico-chemical properties and fatty acid profile of seed oils from pomegranate (*Punica granatum* L.) extracted by cold pressing: Physico-chemical properties of oils from pomegranate. *Eur J Lipid Sci Technol*, 116(5), 553-562.

Komanea B.M.; Vermaaka I.; Kamatoua G.P.P.; Summers B.; Viljoen A.M. (2017). Beauty in Baobab: a pilot study of the safety and efficacy of *Adansonia digitata* seed oil. *Rev. Bras. Farmacogn.*, 27:1-8.

Kumar, S. P. J., Prasad, S. R., Banerjee, R., Agarwal, D. K., Kulkarni, K. S., & Ramesh, K. V. (2017). Green solvents and technologies for oil extraction from oilseeds. *Chem. Cent. J.*, 11(1), 9.

Lima NM. 2015. Bioprospeccao em especies de *Inga* (*Fabaceae Mimosoideae*). Sao Paulo (Brazil): *Sao Paulo State University*.

Lima, N. M., Falcoski, T. O. R., Silveira, R. S., Ramos, R. R., Andrade, T. J. A. S. A., Costa, P. I., La Porta, F. A., & Almeida, M. V. A. (2019). *Inga edulis* fruits: A new source of bioactive anthocyanins. *Nat. Prod. Res.*34(19), 2832-2836.

Lin TK, Zhong L, Santiago JL (2018) Anti-inflammatory and skin barrier repair effects of topical application of some plant oils. *Int J Mol Sci* 19:70

Majid.; Abdul & Pihillagawa.; Indu. (2014). Potential of NMR Spectroscopy in the Characterization of Nonconventional Oils. *SAE Int J Fuels Lubr.* 2014. 1-7.

Marín-Gómez, O. H., González, A. F. C., & Marín, G. D. G. (2012). Fenología del guamo *inga edulis* en dos agroecosistemas del Quindío, Colombia. *Revista de Investigaciones*, 7.

Méndez, Q. G. L., Osorio, M.R., Torrenegra, M. E y González J.G. (s. f.). (2015) Extracción, caracterización y actividad antioxidante del aceite esencial de *plectranthus amboinicus* L. 11. *Revista cubana de farmacia*, 49(4).

Meriño Stand, L. I., Rodríguez, N., & Pérez Duarte, F. (2019). Caracterización del aceite extraído de la almendra de *Lecythis minor* Jacq. Para ser utilizado con fines cosméticos. *Prospectiva*, 17(2), 13-17.

Mohanapriya, C., Uma, S., Nithyalakshmi, V., Rajmohan, K. S., Vijay, P., Pulla, R. H., Muthukumaran, C., & Gopinath, M. (2019). In Vitro Evaluation of Secondary Metabolites: Characterization and Antimicrobial Activity of *Manilkara zapota* L. Seed Extract. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 89(2), 729-738.

Moo-Huchin, V., Estrada-Mota, I., Estrada-León, R., Cuevas-Glory, L. F., & Sauri-Duch, E. (2013). Chemical composition of crude oil from the seeds of pumpkin (*Cucurbita* spp.) and mamey sapota (*Pouteria sapota* Jacq.) grown in Yucatan, Mexico. 5.

Napper I.E.; Bakir A.; Rowland S.J.; Thompson R.C. (2015). Characterization, quantity and sorptive properties of microplastics extracted from cosmetics. *Mar. Pollut. Bull.*, 99(1-2): 178-185.

Nilforoushzadeh, M. A., Amirkhani, M. A., Zarrintaj, P., Salehi Moghaddam, A., Mehrabi, T., Alavi, S., & Mollapour Sisakht, M. (2018). Skin care and rejuvenation by cosmeceutical facial mask. 17(5), 693-702.

Nonalaya K, Marcañaupa J, Extracción y caracterización fisicoquímica del aceite de la semilla de chirimolla (*annona cherimola*) y guanábana (*Annona muricata*). [Tesis para optar el título profesional]. Perú. Universidad Nacional del Centro del Perú. 17- 2017.

Nyam KL, Sin LN, Kamaria L (2015) Phytochemical analysis and anti-inflammatory effect of Kenaf and Roselle seeds. *Mal J Nutr* 22:245–254

Olszowy, M., & Dawidowicz, A. L. (2016). Essential oils as antioxidants: Their evaluation by DPPH, ABTS, FRAP, CUPRAC, and β -carotene bleaching methods. *Monatsh. Chem.* 147(12), 2083-2091.

Orozco, W. B. (2015). Estudio de factibilidad para el montaje y puesta en marcha de una planta despulpadora de frutas típicas en el municipio de puerto escondido córdoba. Universidad de Córdoba, Facultad de ingeniería. Trabajo de grado. 127

Paulín, K. V., Sánchez, B. A., & Munguía, A. R. (s. f.). (2018) Historia del mamey Pouteria sapota. 2(3), 9. *Revista Iberoamericana de Ciencias*.

Pantoja-C., A. L, Hurtado, A. M, & Martínez C, H. A. (2017). Caracterización de aceite de semillas de maracuyá (*Passiflora edulis Sims.*) procedentes de residuos agroindustriales obtenido con CO₂ supercrítico. *Acta Agronómica*, 66(2), 178-185.

Perez C, Del Castillo LR, Gil C et al (2015) Supercritical fluid extraction of grape seeds: extract chemical composition, antioxidant activity and inhibition of nitrite production in LPS-stimulated Raw 264.7 cells. *Food Funct* 6:2607–2613

Pereira MP, De Melo-Junior AF, Royo VA et al (2017) Histochemical and phytochemical study of *Amburana cearensis* (Fabaceae) seed oil. *Nat Prod Commun* 12:907–910

Pinto LF, Ndiaye PM, Ramos LP, Corazza ML (2011) Phase equilibrium data of the system CO₂ + glycerol + methanol at high pressures. *J Supercrit Fluids* 59:1–7.

Proaño, J, Rivadeneira,, E, Moncayo, P, & Mosquera, E. (2020). Aceite de maracuyá (*Passiflora edulis*): Aprovechamiento de las semillas en productos cosméticos. Enfoque UTE, 11(1), 119-129

Rao, G. V., Sahoo, M. R., Madhavi, M. S. L., & Mukhopadhyay, T. (2014). Phytoconstituents from the leaves and seeds of Manilkara zapota Linn. 5.

Rodríguez-Solana, R., Salgado, J. M., Domínguez, J. M., & Cortés-Diéguez, S. (2014). Characterization of fennel extracts and quantification of estragole: Optimization and comparison of accelerated solvent extraction and Soxhlet techniques. *Industrial Crops and Products*, 52, 528-536.

Roohinejad S., Koubaa M., Barba F.J., Greiner R., Chemat *et al.* (2017) Essential Oils in Food Processing: Chemistry, Safety and Applications. Extraction Methods of Essential Oils from Herbs and Spices (Book Chapter) pp. 21-55

Sagar, N. A., Pareek, S., Sharma, S., Yahia, E. M., & Lobo, M. G. (2018). Fruit and Vegetable Waste: Bioactive Compounds, Their Extraction, and Possible Utilization: Fruit and vegetable waste. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 17(3), 512-531.

Saini, A., Panesar, P. S., & Bera, M. B. (2019). Valorization of fruits and vegetables waste through green extraction of bioactive compounds and their nanoemulsions-based delivery system. *Bioresour. Bioprocess.*, 6(1), 26.

Sánchez NA.; Jiménez C.; Cardador A.; Martín S.; & Dávila G. (2016). Caracterización física, nutricional y no nutricional de las semillas de *Inga paterno*. *Revista chilena de nutrición*, 43(4), 400-407.

Según reporte de la Asociación Nacional Hortofrutícola de Colombia-ASOHOFrucol. (2017). Información disponible en: <http://www.asohofrucol.com.co/interna.php?cat=3&scat=45&act=1>. [consultada en octubre 14 de 2020].

Shafii, Z. A., Basri, M., Malek, E. A., Ismail, M. (2017). Phytochemical and Antioxidant Properties of Manilkara zapota (L.) P Royen Fruit Extracts and its Formulation for Cosmeceutical Application. 13.

Shinagawa, F. B., Santana, F. C., Torres, L. R. O., & Mancini-Filho, J. (2015). Grape seed oil: A potential functional food? *Trends Food Sci Technol (Campinas)*, 35(3), 399–406.

Shirahigue, L.D y Ceccato-Antonini, S.R. (2020). Agro-industrial wastes as sources of bioactive compounds for food and fermentation industries. *Ciência Rural*, 50 (4), e20190857. Publicación electrónica 6 de abril de 2020.

Shanmugapriya K, & Saravana & Payal.; Harsha & Mohammed S.; & Binnie Williams. (2011). Antioxidant activity, total phenolic and flavenoid contents of Artocarpus Heterophyllus and Manilkara Zapota seeds and its reduction potential. *Int. J. Pharm. Pharm. Sci.*. 3.

Sirinya P.; Vipaporn P.; & Anyarporn T. (2016) Antioxidant, anti-collagenase and anti-elastase activities of Phyllanthusemblica, Manilkara zapota and silymarin: an *in vitro* comparative study for anti-aging applications, *Pharm Biol*, 54:9, 1865-1872.

Solís-Fuentes, J. A., Ayala-Tirado, R. C., Fernández-Suárez, A. D., & Durán-de-Bazúa, M. C. (2015). Mamey sapote seed oil (Pouteria sapota). Potential, composition, fractionation and thermal behavior. *Grasas y Aceites*, 66(1), e056.

Sora AC, Villamiel M (2010) Effect of ultrasound on the technological properties and bioactivity of food: a review. *Trend Food Sci Technol* 21:323–331

Swamy M.; & Akhtar.; Mohd S. (2019). Natural Bio-active Compounds: Volume 1: Production and Applications. Seed Oils as a Source of Natural Bio-Active Compounds. (Book Chapter) pp. 209 - 245

Tabio D.; Díaz Y.; Rondón M.; Fernández E.; & Piloto R. (2017). Extracción de aceites de origen vegetal.

Tauchen J. Bortl L, Huml L, Miksatkova P, Doskocil I, Marsik P et al. (2016) Phenolic composition, antioxidant and anti-proliferative activities of edible and medicinal plants from the Peruvian Amazon. *Rev Bras Farmacogn* 728–737

Thompson R.; Moore Ch.; vom Saal F.; Swan Sh. (2009). Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 364: 2153-2166.

Torres, C. J. Evaluación de ácidos grasos y actividad antioxidante in vitro del aceite de la semilla de *Annona muricata* (Guanábana) [Tesis]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica; 2019.

Torres S, Y; Borja S.D. (2017). Elaboración de una crema con actividad exfoliante con cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.), proveniente de la provincia de Manabí. 91. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/13255>

Torres-Rodríguez, A., Salinas-Moreno, Y., Valle-Guadarrama, S. and Alia-Tejagal, I. (2011). Soluble phenols and antioxidant activity in mamey sapote (*Pouteria sapota*) fruits in postharvest. *Food Res. Int.*, 44: 1956–1961

Urango A, K. J., Ortega, F. A., Vélez, G, & Pérez, Ó. A.. (2018). Extracción rápida de pectina a partir de cáscara de Maracuyá (*Passiflora edulis flavicarpa*) empleando Microondas. *Información tecnológica*, 29(1), 129-136

Valencia, J. P. L. (2008). Estandarización de la técnica de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas para la identificación y cuantificación de metilésteres de ácidos. Facultad de tecnología. Trabajo de grado 84.

Vargas Corredor, Y. A., & Pérez Pérez, L. I. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad De Ciencias Básicas*, 1(1), 59-72.

Villagrán, H. M. C. (2014). Comprobación de la capacidad exfoliante de la fibra del tallo de piña (*Ananas comosus*) utilizado en jabones cosméticos Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ciencias químicas y farmacia. *Trabajo de grado*. 74.

Villegas-Monter, A., Escobar-Sandoval, C. M., Arrieta-Ramos, G., & Berdeja-Arbeu, R. (2016). Zapote Mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) Moore & Stearn], Diversidad y Usos. *Agro Productividad*, 47-54.

Vit, P.; Pérez-Pérez, B. S., Elizabeth M. (2014). Composición química y actividad antioxidante de pulpa, hoja y semilla de guanábana *Annona muricata* L. *Interciencia*, 39 (5), 350-353.

Wu S, Tokuda M, Kashiwagi A et al (2015) Evaluation of the fatty acid composition of the seeds of *Mangifera indica* L. and their application. *J Oleo Sci* 64:479–484

Yang, H., Jiang, B., Reynertson, K. A., Basile, M. J., & Kennelly, E. J. (2006). Comparative Analyses of Bioactive Mammee Coumarins from Seven Parts of *Mammea americana* by HPLC-PDA with LC-MS. *J. Agric. Food Chem.*, 54(12), 4114–4120.

Yang X, Zhang D, Song L et al (2017) Chemical profile and antioxidant activity of the oil from Peony seeds (*Paeonia suffruticosa* Andr.). *Oxidative Med Cell Longev* 9164905:1–11

Yong, K. Y., & Shukkoor, M. S. A. (2020). Manilkara Zapota: A phytochemical and pharmacological review. *Materials Today: Proceedings*.

Yoshihara E, Moreira AL, Monteiro TJ, Rieder SC, Minho AP. Atividade ovicida in vitro do extrato de Ingá (*Inga edulis*) em nematódeos gastrintestinais de ovinos. (2015) En XXV Congresso Brasileiro de Zootecnia ZOOTEC 2015; 27 a 29 de mayo de 2015 [Consultado: 20 de octubre de 2020]; Fortaleza, Brasil: Sociedade Brasileira de Zootecnia.

Zaha A. Elagbar, Rajashri R. Naik, Ashok K. Shakya, Sanaa K. Bardaweel, (2016) " Análisis de ácidos grasos, actividad antioxidante y biológica del aceite fijo de semillas de *Annona muricata* L. ", *Journal of Chemistry*, vol. 2016, ID de artículo 6948098, 6 páginas.

Zhang HF, Yang XH, Wang Y (2011) Microwave assisted extraction of secondary metabolites from plants: Current status and future directions. *Trend Food Sci Technol* 22:672–688

Zielińska A.; Nowak I. (2014). Fatty acids in vegetable oils and their importance in cosmetic industry. *Chemik*, 68(2): 103–110