



UNIVERSIDAD DE JAÉN

Facultad de Ciencias Experimentales

Trabajo Fin de Grado

Revisión de la composición química de una selección de cultivos subtropicales

Alumna: Lucía Ruiz Martos

Julio, 2021



UNIVERSIDAD
DE JAÉN



Trabajo Fin de Grado

Revisión de la composición química de una selección de cultivos subtropicales

Fdo. Lucía Ruiz Martos

Alumna: Lucía Ruiz Martos

Jaén, Julio, 2021

ÍNDICE

1. RESUMEN y ABSTRACT	1
2. INTRODUCCIÓN	2
3. OBJETIVOS	4
4. METODOLOGÍA	5
5. DESCRIPTIVA GENERAL	5
5.1. <i>Mangifera indica</i> L.	5
5.1.1. Clasificación botánica del mango	
5.1.2. Cultivo y variedades del mango	
5.1.3. Aplicaciones y actividad biológica del mango	
5.2. <i>Persea americana</i> Mill.	7
5.2.1. Clasificación botánica del aguacate	
5.2.2. Cultivo y variedades del aguacate	
5.2.3. Aplicaciones y actividad biológica del aguacate	
5.3. <i>Annona cherimola</i> Mill.	9
5.3.1. Clasificación botánica de la chirimoya	
5.3.2. Cultivo y variedades de la chirimoya	
5.3.3. Aplicaciones y actividad biológica de la chirimoya	
6. REVISIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE <i>Mangifera indica</i> L.	11
6.1. Flavonoides	12
6.2. Antocianidinas	16
6.3. Esteroides y terpenos	17
6.4. Fenilpropanoides, ácidos hidroxicinámicos y cumarinas	18
6.5. Ácidos fenólicos	19
6.6. Ácidos fenilacéticos	20
6.7. Fenoles	20
7. REVISIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE <i>Persea americana</i> Mill.	21
7.1. Flavonoides	22
7.2. Antocianidinas	27
7.3. Esteroides y terpenos	29
7.4. Fenilpropanoides, ácidos hidroxicinámicos y cumarinas	29
7.5. Ácidos fenólicos	31

7.6. Ácidos fenilacéticos	32
7.7. Fenoles	33
8. REVISIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE <i>Annona cherimola</i> Mill.	34
8.1. Flavonoides	35
8.2. Procianidinas	37
8.3. Esteroides y terpenos	37
8.4. Fenilpropanoides, ácidos hidroxicinámicos y cumarinas	39
9. CONCLUSIONES	40
10. BIBLIOGRAFÍA	41

1. RESUMEN y ABSTRACT

El presente Trabajo de Fin de Grado (TFG) se ha centrado en la revisión bibliográfica de la composición química de tres cultivos subtropicales implantados en la costa andaluza, como son el mango (*Mangifera indica* L.), el aguacate (*Persea americana* Mill.) y la chirimoya (*Annona cherimola* Mill.), prestando especial atención a los compuestos naturales bioactivos de los residuos producidos durante el procesamiento de estos frutos o las labores agrícolas de dichos cultivos.

El bajo o nulo coste de los residuos agroindustriales, junto con el hecho de que sean una fuente abundante y de naturaleza renovable, hace de ellos un objetivo destacado para las empresas y centros de investigación interesados en encontrar (nuevos) compuestos bioactivos de potencial aplicación en farmacia, nutracéutica, cosmética y otras industrias.

De la revisión realizada sobre los tres cultivos podemos deducir que los subproductos generados contienen principalmente metabolitos secundarios de naturaleza fenólica. En cuanto a las partes más estudiadas, destaca con diferencia el fruto (piel, pulpa y semilla), seguido de la hoja, y en menor medida, la corteza y los tallos. Prácticamente en ningún caso, la madera completa procedente de la poda de estos tres cultivos ha sido objeto de estudio.

*This Final Degree Project (TFG) has focused on the literature search of the chemical composition of three subtropical crops implanted on the Andalusian coast, such as mango (*Mangifera indica* L.), avocado (*Persea americana* Mill.) and cherimoya (*Annona cherimola* Mill.), paying special attention to the bioactive natural products found on the residues produced during the processing of these fruits or the agricultural works on the trees.*

The low or no cost of the agroindustrial wastes, together with the fact that they are an abundant and renewable source, makes them a prominent target for companies and research centers interested in finding (new) bioactive compounds with potential applications in pharmacy, nutraceutical, cosmetic and other industries.

From the review carried out on the three crops, we can deduce that the by-products or wastes generated mainly contain secondary metabolites of the phenolic family. Regarding the most studied parts, the fruit stands out (skin, pulp and seed), followed by the leaf, and to a lesser extent, the bark and stems. In practically no case, the whole wood from the pruning of these fruit crops has been the object of study.

2. INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos de la Química de Productos Naturales es el aislamiento y determinación estructural de los compuestos de naturaleza orgánica presentes en plantas, animales y microorganismos (que no sean metabolitos primarios), con la finalidad de evaluar sus actividades biológicas y encontrar potenciales aplicaciones [Gil *et al.* (2002)].

Tradicionalmente se han aislado los productos naturales bioactivos de origen vegetal a partir de plantas silvestres y cultivadas de todo tipo, pero existe un material vegetal muy interesante para acometer ese mismo objetivo: los residuos o subproductos agroindustriales [Jahurul *et al.* (2015)]. Las necesarias labores agrícolas asociadas a muchos cultivos y la industria alimentaria que surge a partir de los mismos producen anualmente una gran cantidad de biomasa que es igualmente una excelente materia prima para aislar compuestos de interés [Anaya-Esparza *et al.* (2020)]. El bajo o nulo coste de los residuos agroindustriales, junto con el hecho de que sean una fuente abundante y de naturaleza renovable, hace de ellos un objetivo destacado para las empresas y centros de investigación interesados en encontrar (nuevos) compuestos bioactivos de potencial aplicación en farmacia, nutracéutica, cosmética y otras industrias [Zuin *et al.* (2018)]. Por ejemplo, se sabe que hay una demanda creciente de alimentos saludables que promueve la búsqueda de conservantes alimentarios naturales con bajo potencial de riesgo para la salud, y en ese sentido, los productos naturales presentes en los subproductos agroindustriales pueden ser alternativas viables en el proceso de conservación de los alimentos, garantizando la estabilidad de las características organolépticas y nutricionales de los mismos, así como su calidad y seguridad [Campêlo *et al.* (2019)].

Por todo ello, el estudio de la composición química de los subproductos agrícolas y de la industria alimentaria es una actividad de considerable interés a la que se ha dedicado durante años el grupo de investigación en el que se ha llevado a cabo este TFG. Las fuentes naturales estudiadas por este grupo han sido principalmente los residuos de poda de cultivos como el olivo [Pérez-Bonilla *et al.* (2006, 2011, 2014); Salido *et al.* (2015)], frutales como cerezo [Ortega-Vidal *et al.* (2021)] y ciruelo [Ortega-Vidal *et al.* (2021)], la madera de laurel [Amor *et al.* (2007); Bouaziz *et al.* (2007)], así como de diversas plantas silvestres [Argoti *et al.* (2011)].

Entre los metabolitos secundarios más comúnmente encontrados en los

subproductos vegetales destacan los de naturaleza fenólica. En Química Orgánica, los fenoles son compuestos químicos que contienen uno o más grupos hidroxilo ($-OH$) unidos directamente a un anillo aromático. Estos pueden encontrarse libres o formando éteres, ésteres o glicósidos. El más sencillo es el fenol: C_6H_5OH . Los compuestos fenólicos pueden ser fenoles simples o polifenoles, en función de la cantidad de grupos OH presentes en la molécula.

Los fenoles naturales se biosintetizan en las plantas a través de las rutas de los ácidos siquímico, acético y mevalónico [Azcón-Bieto y Talón (2003)] y pueden clasificarse en base a su esqueleto químico (Fig. 2.1).

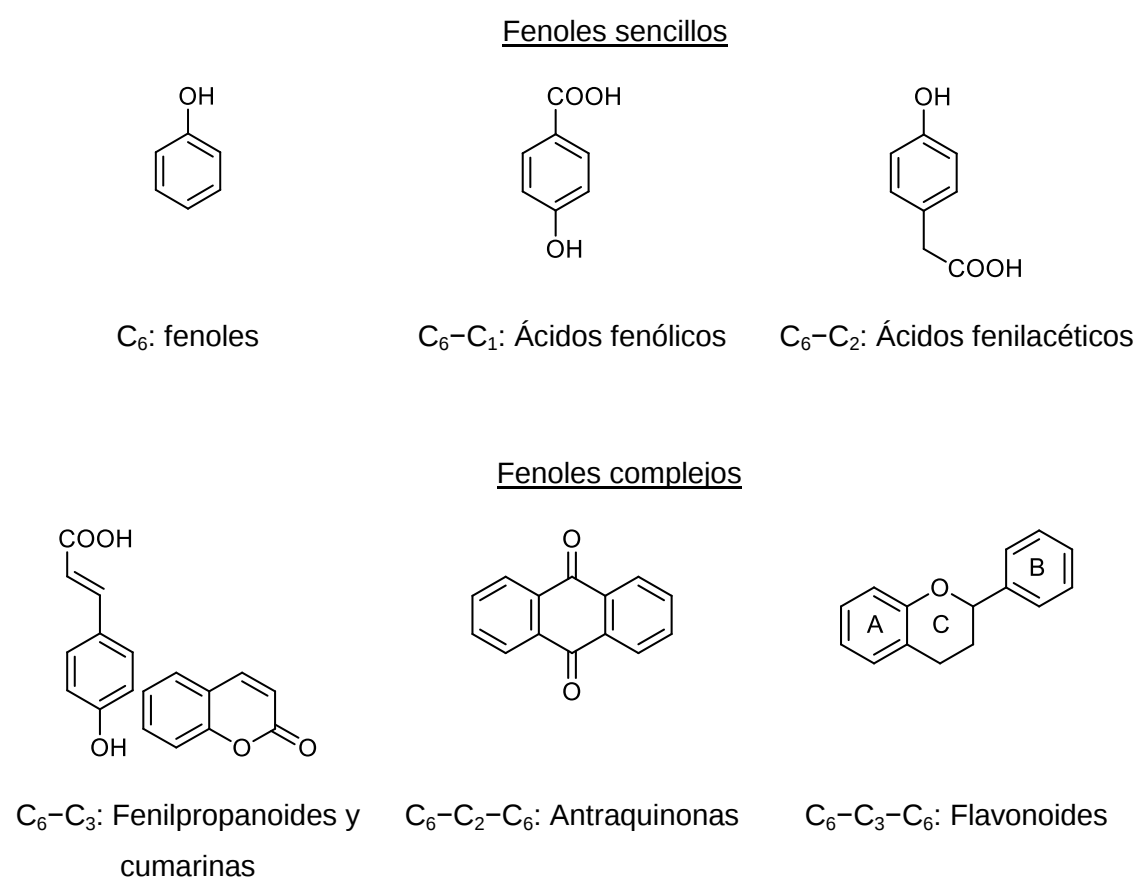


Figura 2.1. Clasificación de los compuestos fenólicos según su esqueleto.

La mayoría de los fenoles naturales pertenecen a la familia de los flavonoides, los cuales se clasifican a su vez en subfamilias (Fig. 2.2) según el estado de oxidación del anillo C [Azcón-Bieto y Talón (2003)].

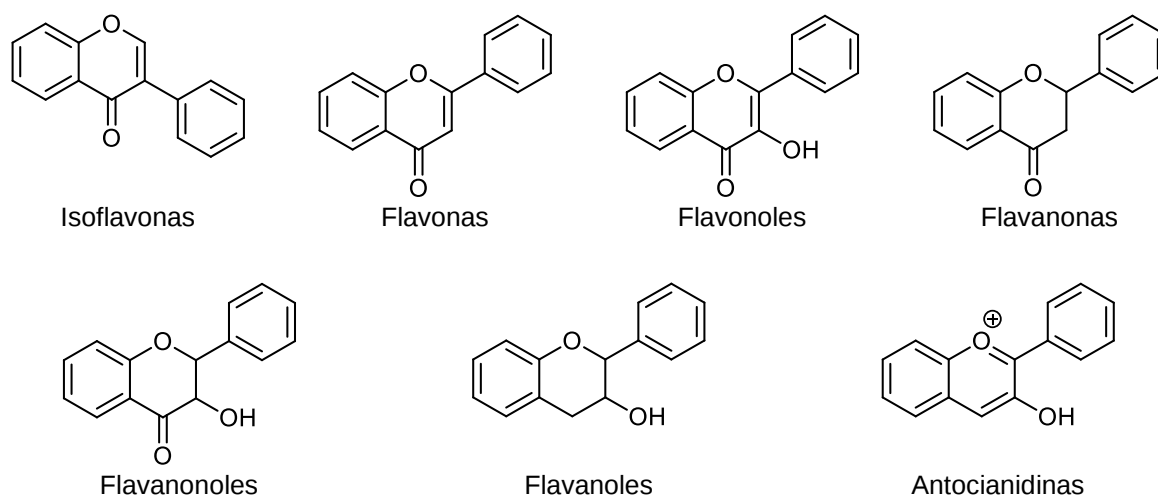


Figura 2.2. Estructura química básica de las distintas subfamilias de flavonoides.

El presente Trabajo de Fin de Grado (TFG) se ha realizado en el Departamento de Química Inorgánica y Orgánica, dentro del Grupo de Investigación FQM-182, y pretende recopilar información sobre la composición química descrita en bibliografía sobre los residuos agrícolas de determinados árboles frutales de origen subtropical.

3. OBJETIVOS

Este TFG tiene por objetivo la búsqueda de información en la literatura científica de los productos naturales descritos hasta la fecha en tres árboles subtropicales cultivados en la costa andaluza por el interés comercial de sus frutos, como son el mango (*Mangifera indica* L.), el aguacate (*Persea americana* Mill.) y la chirimoya (*Annona cherimola* Mill.), haciendo hincapié en la composición de aquellas partes de la planta no comestibles, que pudieran contener compuestos de potencial interés biomédico.

En una revisión rápida previa sobre el tema se comprobó que la mayor parte de los trabajos publicados sobre estos árboles se centran en sus frutos y, en menor medida, en los residuos generados durante las labores agrícolas de estos cultivos, por lo que la recopilación de información se enfocó más en partes de la planta, tales como madera, hoja, cáscara, semilla, etc., que pudieran considerarse o son un subproducto agrícola.

Por tanto, la finalidad de este TFG es llegar a deducir si existe algún subproducto agrícola de las especies citadas que no se haya estudiado suficientemente bien desde un punto de vista químico, con la finalidad de proyectar en el futuro trabajos de tipo experimental, cuando las condiciones sanitarias de la COVID-19 permitan

volver a los laboratorios de investigación con normalidad.

4. METODOLOGÍA

Para conocer la composición química de los tres árboles objeto de estudio se ha realizado una revisión bibliográfica con ayuda de las bases de datos *Chemical Abstracts* y *Medline*, a través de la herramienta de búsqueda de información científica *SciFinder*[®] que dispone la Universidad de Jaén.

En un principio se realizaron tres búsquedas, escribiendo en el apartado de “Research topic”: “*Mangifera indica*”, “*Persea americana*” y “*Annona cherimola*”. De los resultados obtenidos se eliminaron los duplicados, se ordenaron por año de publicación, y se refinó por tipo de documento (“reviews”), además de por “waste”, “chemical composition”, “byproducts”, “phenolic”, “bark”, “wood”, “stem”, “leaf”, etc. Además de los artículos obtenidos de esta forma, se consiguieron más artículos revisando las referencias citadas en los artículos de revisión (“reviews”) encontrados. Los artículos que resultaron de interés se compartieron en “la nube” con los tutores del TFG para que pudieran asesorar y decidir si los artículos encontrados eran suficientes y adecuados para escribir esta Memoria.

5. DESCRIPTIVA GENERAL

En este apartado se recopila información de tipo general sobre las plantas cuya composición química se va a revisar y a presentar en los apartados 6, 7 y 8.

5.1. *Mangifera indica* L.

5.1.1. Clasificación botánica del mango



El género *Mangifera* pertenece a la familia Anacardiaceae (Tabla 5.1). Este género comprende 121 especies, de las que están aceptadas solo 10 y el resto están discutidas taxonómicamente [*Clasificación y propiedades de los alimentos* (2021)].

Tabla 5.1. Clasificación botánica de *Mangifera indica* L.

Reino	División	Clase	Orden	Familia	Género	Especie
Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Sapindales	Anacardiaceae	<i>Mangifera</i>	<i>Mangifera indica</i> L.

El género *Mangifera* es originario de Asia tropical, con el mayor número de especies en Borneo, Java, Sumatra y la península malaya. En la actualidad, el árbol del mango se cultiva en las regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo para la producción de fruta, como árbol de jardín y como árbol de sombra para el ganado. La mayoría de los cultivos florecen de diciembre a febrero y fructifican de junio a agosto, dependiendo de las condiciones ambientales de la zona. *M. indica* L. es un gran árbol de hoja perenne, de 10 a 45 m de altura [Khan *et al.* (2017)].

5.1.2. Cultivo y variedades del mango

En España se dedican un total de 5.280 ha al cultivo del mango. Las comunidades que más lo cultivan son Andalucía (4.772 ha), Canarias (484 ha) y Murcia (24 ha). En Andalucía, Málaga (4.296 ha) y Granada (435 ha) abarcan prácticamente la totalidad de superficie de plantación. La producción anual de mango en España es de 37.428 t, siendo Andalucía la principal región productora, si bien el rendimiento obtenido (kg/ha) es superior en Murcia y en Canarias [Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2021)].

Las principales variedades cultivadas en nuestro país son ‘Gomera-1’, ‘Gomera-3’ y ‘Gomera-4’ [Ministerio-Material Vegetal-Magrama.Gob.Es (2021)] y la producción de mango suele ser elevada, pudiéndose llegar a producir por árbol hasta 1.000 kg de fruta.

La recolección varía según la zona de producción y el tipo de cultivo. Al norte de Ecuador, los mangos fructifican de junio a septiembre. Al principio de la temporada, cuando empieza a aclararse el color verde, se cosechan unos pocos mangos, y si a los 10 días se vuelven comestibles significa que ya están listos para su recolección. En cambio, en Asia se recolectan cuando alcanzan un color verde oscuro, se ahúman en hoyos llenos de paja de arroz u hojas secas de plátano (materiales de combustión lenta) durante un par de días, madurándose de ese modo cerca del hueso y no cerca de la piel [Agricultura. *El cultivo del mango. 1ª Parte* (2021)].

5.1.3. Aplicaciones y actividad biológica del mango

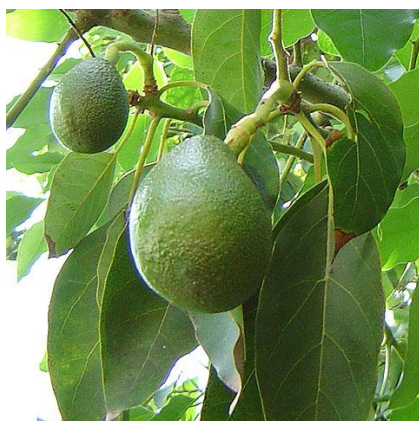
El mango es una fruta muy apreciada por su sabor único y buen valor nutricional.

Contiene β -caroteno, queratina, astragalina y protege el organismo contra el deterioro ocasionado por los radicales libres. Es una buena fuente de vitaminas A, B y C. Contiene calcio, magnesio, potasio, sodio, fósforo e hierro. También contiene en pequeña cantidad ácidos cítrico, tartárico y málico. La raíz, la corteza, la flor y las hojas del mango se utilizan en diferentes dolencias y se les atribuye actividades farmacológicas, como pueden ser antiinflamatorias, antihelmínticas, anticancerígenas, hepatoprotectoras, antimicrobianas, inmunomoduladoras, antiulcerosas, antioxidantes y antihiper glucémicas. Se utilizan tradicionalmente contra la diarrea, la disentería, la sífilis y los trastornos urinarios, así como analgésico y para las afecciones oculares [Khan *et al.* (2017)].

Según informes de la Organización Mundial de la Salud (OMS), hasta el 80% de los habitantes de países en vías de desarrollo utilizan terapias medicas tradicionales contra diversas dolencias como primera línea de defensa [Khan *et al.* (2017)].

5.2. *Persea americana* Mill.

5.2.1. Clasificación botánica del aguacate



El género *Persea* pertenece a la familia de las Lauraceae (Tabla 5.2). Este género comprende alrededor de 400 especies, de las que solo 100 están aceptadas [Clasificación y propiedades de los alimentos (2021)].

Tabla 5.2. Clasificación botánica del aguacate

Reino	División	Clase	Orden	Familia	Género	Especie
Plante	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Laurales	Lauraceae	<i>Persea</i>	<i>Persea americana</i> Mill.

El género *Persea* consta de 150 especies, de las cuales 70 se cultivan en las regiones más cálidas de América del Norte, Central y del Sur. Todas las demás especies se cultivan en el este y sudeste de Asia [Ranade y Thiagarajan (2015)]. El árbol del aguacate probablemente tenga su origen en el centro-sur de México. El

aguacate es una baya con sólo una semilla grande [Persea - FNA (2020)].

Se trata de arbustos o árboles de tamaño mediano, de hoja perenne. Tienen corteza de color marrón rojizo, delgada, agrietada. Con hojas alternas, aromáticas [Persea - FNA (2020)].

5.2.2. Cultivo y variedades del aguacate

En España se dedican un total de 16.849 ha al aguacate. Las comunidades con mayor extensión de este cultivo son Andalucía (12.386 ha), Canarias (1.966 ha) y la Comunidad Valenciana (1.467 ha). En Andalucía, Málaga (7.449 ha), Granada (2.719 ha) y Cádiz (1.167 ha) abarcan prácticamente la totalidad de la superficie plantada. La producción total en España es de 99.125 t, en la que Andalucía es la principal productora, si bien, el rendimiento obtenido (kg/ha) es superior en la Comunidad Valenciana [Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2021)].

Los productores principales de aguacate a nivel mundial son Estados Unidos, México, China, Filipinas, Indochina, Israel, Argelia, Kenia, Cuba y España.

Podemos encontrar tres razas de aguacate: Antillana, Mejicana y Guatemalteca, que tiene caracteres comunes con las dos primeras. La Mejicana es más vulnerable a los suelos salinos y tolera mejor el frío que la Antillana, por lo que las distintas variedades se aconsejan según la altitud a la que se va a cultivar [Agricultura. El cultivo del aguacate. 1ª Parte (2021)].

Las principales variedades cultivadas en nuestro país son (a) 'Hass', de tamaño pequeño, rugoso y con pulpa amarilla y piel oscura, (b) 'Bacon', variedad más temprana, brillante de color verde, (c) 'Cocktail' o 'Dáctil', sin hueso en el centro, alargada y de sabor delicado y fino, (d) 'Fuerte', sin brillo, con forma de pera, áspera y de sabor exquisito [Agricultura. El cultivo del aguacate. 1ª Parte (2021)].

La primera cosecha se da a los 5 años y la producción depende del cuidado de la planta durante su desarrollo y de la variedad. Las variedades de fruto pequeño pueden producir 1.000-1.500 frutos a los 10 años. Las variedades de altura comienzan a producir en septiembre-abril, las de altura media en junio-septiembre y las de bajura en abril-agosto [Agricultura. El cultivo del aguacate. 1ª Parte (2021)].

5.2.3. Aplicaciones y actividad biológica del aguacate

El aguacate se ha cultivado tradicionalmente con fines alimentarios y medicinales por su alto contenido nutricional y por sus propiedades terapéuticas. Los primeros datos arqueológicos sobre esta fruta se remontan al siglo VIII a.C., cuando se encontraron sus semillas enterradas con una momia en Perú. Desde entonces se ha

utilizado en México para el tratamiento de la sarna, la caspa y el ergotismo. También era utilizado por las mujeres en forma de ungüento para tratar las erupciones cutáneas. A mediados del siglo XIX, el cultivo de *Persea americana* se extendió por Asia. Hoy en día, se cultiva y se cosecha en todo el mundo [Ranade y Thiagarajan (2015)].

El análisis de los componentes de la fruta indica que abundan los ácidos grasos, vitaminas, carotenoides y otros fitoquímicos. Es un alimento muy nutritivo, y el aceite de aguacate, extraído de la pulpa y las semillas del fruto, también contiene la mayoría de los nutrientes presentes en la fruta y puede utilizarse como suplemento dietético alternativo. Tanto el aguacate como su aceite poseen propiedades saludables y por ello se han utilizado tradicionalmente para el tratamiento de diversas dolencias y trastornos. Ambos desempeñan un papel primordial en la industria farmacéutica, ya que se utilizan como suplementos dietéticos. El aceite también tiene aplicaciones en cosmética en forma de cremas tópicas para tratar afecciones diversas [Ranade y Thiagarajan (2015)].

5.3. *Annona cherimola* Mill.

5.3.1. Clasificación botánica de la chirimoya



El género *Annona* pertenece a la familia de las Annonaceae (Tabla 5.3). Este género comprende alrededor de 360 especies, de las que solo 170 están aceptadas [Clasificación y propiedades de los alimentos (2021)].

Tabla 5.3. Clasificación botánica de la chirimoya

Reino	División	Clase	Orden	Familia	Género	Especie
Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida, Magnoliidae	Magnoliales	Annonaceae	<i>Annona</i>	<i>Annona cherimola</i> Mill.

La chirimoya es una fruta tropical muy importante por sus altas cualidades digestivas, organolépticas, nutritivas. Además, posee importantes propiedades

industriales y medicinales. El árbol es de hoja caducifolia, de raíz principal, troncos reforzados o no reforzados en la base. Corteza delgada, en su mayoría amplia y superficialmente agrietada, escamosa, fisuras anastomosadas. Brotes delgados y rígidos [*Annona* - FNA (2020)].

5.3.2. Cultivo y variedades de la chirimoya

En España se dedican un total de 3.051 ha a la chirimoya. La comunidad que más la cultiva es Andalucía (3.035 ha). En Andalucía, Granada (2.903 ha), Málaga (101 ha) y Cádiz (31 ha) abarcan la totalidad de la superficie plantada. La producción total de España es de 44.081 t, siendo Andalucía la principal productora [*Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación* (2021)].

El chirimoyo es originario de los valles interandinos de Ecuador y Perú. Actualmente se produce en la mayoría de los países con clima subtropical. En nuestro país, el principal productor de chirimoya es la costa de Granada-Málaga (España), también llamada “Costa Tropical”, donde los dos cultivares más importantes son ‘Fino de Jete’ y ‘Campas’ y, en menor extensión, ‘Bonita’ y ‘Pacia’. ‘Fino de Jete’, ‘Pacia’ poseen una piel de color verde claro brillante, mientras que ‘Bonita’ tiene una piel menos lisa y de color más oscuro. Las variedades cultivadas en mayor proporción proceden de híbridos: ‘Impresa’, ‘Mammillata’, ‘Tuberculata’ y ‘Umbonata’ [*Agricultura. El cultivo del chirimoyo. 1ª Parte* (2021)].

La mayoría de las especies, sin embargo, no son comercializables y permanecen infrutilizadas, y a menudo se denominan especies silvestres de *Annona*, pero son una valiosa fuente de compuestos bioactivos [Anaya-Esparza *et al.* (2020)].

La recolección se lleva a cabo cuando se produce un ligero cambio de tonalidad de la piel del fruto hacia un tono más claro [*Agricultura. El cultivo del chirimoyo. 1ª Parte* (2021)].

5.3.3. Aplicaciones y actividad biológica de la chirimoya

Según la evidencia etnobotánica, los extractos obtenidos de diferentes especies de *Annona* y diferentes partes del árbol (corteza, hojas, raíces, semillas y cáscara) se han empleado en medicina tradicional para tratar múltiples dolencias. La mayoría de sus beneficios para la salud se atribuyen a la presencia de compuestos bioactivos con diversas actividades biológicas *in vitro* e *in vivo*, como antidepresivo, antidiabético, neuroprotector, anticonvulsivo, antiinflamatorio, antiproliferativo, vasorelajante, antipirético, antiulceroso, analgésico, entre otras [Anaya-Esparza *et al.* (2020)].

6. REVISIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE *Mangifera indica* L.

En la tabla 6.1 se recogen los artículos correspondientes a estudios sobre compuestos fenólicos identificados en mango, así como la parte estudiada en cada caso.

Tabla 6.1. Estudios sobre los compuestos fenólicos llevados a cabo en *Mangifera indica* L.

Parte estudiada de la planta	Referencia
Pulpa, piel, semilla, grano, corteza, ramas, hojas y savia	Ribeiro y Schieber (2010)
Pulpa, piel, grano, hojas, flores, corteza y resina	Ediriweera <i>et al.</i> (2017)
Pulpa, piel y semilla	Veeranjaneya <i>et al.</i> (2021)
Pulpa, piel y semilla	Ruales <i>et al.</i> (2018)
Pulpa y piel	Ramírez <i>et al.</i> (2014)
Pulpa, pericarpio y semilla	Sun <i>et al.</i> (2011)
Piel, grano, corteza y hojas	Barreto <i>et al.</i> (2008)
Piel y semilla	Deng <i>et al.</i> (2012)
Piel y semilla	Asif <i>et al.</i> (2016)
Piel	Ordóñez-Torres <i>et al.</i> (2021)
Piel	Safdar <i>et al.</i> (2017)
Piel	Gondi <i>et al.</i> (2015)
Piel	Berardini <i>et al.</i> (2005)
Grano	Mwaurah <i>et al.</i> (2020)
Semilla	Kumoro <i>et al.</i> (2020)
Semilla	Da Silva y Neuza (2017)
Semilla	Abdalla <i>et al.</i> (2007)
Hoja	Pan <i>et al.</i> (2018)
Hoja	Mambanzulua <i>et al.</i> (2015)
Corteza del tallo	Núñez <i>et al.</i> (2002)

Podemos observar que abundan los trabajos sobre el fruto, la piel y la semilla, pero

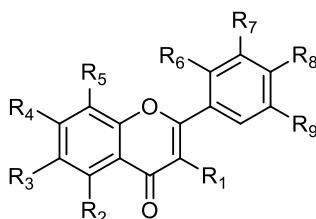
no de madera, por ejemplo. A continuación se recoge la bibliografía existente sobre la composición polifenólica de *Mangifera indica* L. organizada por familias de compuestos.

6.1. Flavonoides

Flavonas: Se han aislado 8 flavonas de *Mangifera indica* L. (Tabla 6.2).

Tabla 6.2. Flavonas identificadas en *Mangifera indica* L.

Compuesto	Referencia
Apigenina-7-O-diglucurónido (piel)	Ordóñez-Torres <i>et al.</i> (2021)
Fisetina (semilla)	Asif <i>et al.</i> (2016)
Isoswertisina (hoja)	Pan <i>et al.</i> (2018)
Isovitexina (hoja)	Pan <i>et al.</i> (2018)
Miricetina (pulpa y piel)	Berardini <i>et al.</i> (2005); Ramírez <i>et al.</i> (2014)
Tangeretina (semilla)	Kumoro <i>et al.</i> (2020)
Vitexina (hoja)	Pan <i>et al.</i> (2018)
3',5'-Dimetoxi-4',5,7-trihidroxiflavona (hoja)	Pan <i>et al.</i> (2018)



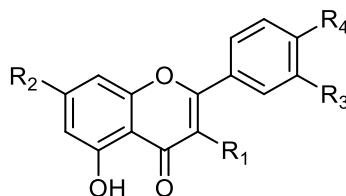
- Apigenina-7-O-diglucurónido: $R_1=H$; $R_2=OH$; $R_3=H$; $R_4=\text{diglucurónido}$; $R_5=R_6=R_7=H$; $R_8=OH$; $R_9=H$.
- Fisetina: $R_1=OH$; $R_2=R_3=H$; $R_4=OH$; $R_5=R_6=R_7=H$; $R_8=R_9=OH$.
- Isoswertisina: $R_1=H$; $R_2=OH$; $R_3=H$; $R_4=OCH_3$; $R_5=\beta\text{-D-glucósido}$; $R_6=R_7=H$; $R_8=OH$; $R_9=H$.
- Ixovitexina: $R_1=H$; $R_2=OH$; $R_3=\beta\text{-D-glucósido}$; $R_4=OH$; $R_5=R_6=R_7=H$; $R_8=OH$; $R_9=H$.
- Miricetina: $R_1=R_2=OH$; $R_3=H$; $R_4=OH$; $R_5=R_6=H$; $R_7=OH$; $R_8=R_9=OH$.
- Tangeretina: $R_1=H$; $R_2=R_3=R_4=R_5=OCH_3$; $R_6=R_7=H$; $R_8=OCH_3$; $R_9=H$.
- Vitexina: $R_1=H$; $R_2=OH$; $R_3=H$; $R_4=OH$; $R_5=\text{glucósido}$; $R_6=R_7=H$; $R_8=OH$; $R_9=H$.
- 3',5'-Dimetoxi-4',5,7-trihidroxiflavona: $R_1=H$; $R_2=OH$; $R_3=H$; $R_4=OH$; $R_5=R_6=H$; $R_7=OCH_3$; $R_8=OH$; $R_9=OCH_3$.

Flavonoles: Se han aislado un total de 23 compuestos de este tipo en diferentes partes del mango (Tabla 6.3).

Tabla 6.3. Flavonoles identificados en *Mangifera indica* L.

Compuesto	Referencia
Canferol (pulpa, piel, semilla, grano, corteza, ramas, savia)	Barreto <i>et al.</i> (2008); Ribeiro y Schieber (2010); Ruales <i>et al.</i> (2018); Sun <i>et al.</i> (2011)
Canferol-3-O-glucósido (pericarpio y piel)	Deng <i>et al.</i> (2012); Ruales <i>et al.</i> (2018)
Isoramnetina-3-glucósido (pulpa y piel)	Ramírez <i>et al.</i> (2014)
Luteolina-7-O- β -D-glucósido (hoja)	Pan <i>et al.</i> (2018)
Quercetina (pulpa, piel, hojas, semilla, grano, corteza, ramas, savia)	Araújo <i>et al.</i> (2018); Deng <i>et al.</i> (2012); Gondi <i>et al.</i> (2015); Ruales <i>et al.</i> (2018); Sun <i>et al.</i> (2011)
Quercetina-3-O-diglucósido (pericarpio)	Sun <i>et al.</i> (2011)
Quercetina-3-O-pentósido (pulpa, piel, grano, corteza y flores)	Barreto <i>et al.</i> (2008); Ordóñez-Torres <i>et al.</i> (2021)
Quercetina-3-O-galactósido (pericarpio, piel y hoja)	Araújo <i>et al.</i> (2018); Deng <i>et al.</i> (2012); Ribeiro y Schieber (2010)
Quercetina-3-O-glucósido (pericarpio, pulpa, piel, semilla, grano, corteza, hojas y flores)	Araújo <i>et al.</i> (2018); Barreto <i>et al.</i> (2008); Deng <i>et al.</i> (2012); Gondi <i>et al.</i> (2015); Ordóñez-Torres <i>et al.</i> (2021); Ribeiro y Schieber (2010)
Quercetina-4'-O-glucósido (hoja)	Pan <i>et al.</i> (2018)
Quercetina-3-O-xilósido (pericarpio y piel)	Deng <i>et al.</i> (2012); Ribeiro y Schieber (2010)
Quercetina-3-O-arabinósido (hoja)	Pan <i>et al.</i> (2018)
Quercetina-3-O-arabinopiranosido (pericarpio y piel)	Deng <i>et al.</i> (2012); Ribeiro y Schieber (2010)
Quercetina-3-O-arabinofuranósido (pericarpio y piel)	Deng <i>et al.</i> (2012); Ribeiro y Schieber (2010)
Quercetina-3-O-ramnósido (pericarpio, pulpa, piel y hoja)	Araújo <i>et al.</i> (2018); Barreto <i>et al.</i> (2008); Deng <i>et al.</i> (2012); Ribeiro y Schieber (2010)
Quercetina-3-O- β -D-xilopiranosido (hoja)	Pan <i>et al.</i> (2018)
Ramnetina (grano)	Mwaurah <i>et al.</i> (2020)
Ramnetina-3-O-galactósido (piel)	Deng <i>et al.</i> (2012); Ribeiro y Schieber (2010)
Ramnetina-3-O-glucósido (piel)	Deng <i>et al.</i> (2012); Ribeiro y Schieber (2010)

Ramnetina-3-O-β-galactopiranosido (pericarpio)	Sun <i>et al.</i> (2011)
Ramnetina-3-O-β-glucopiranosido (pericarpio)	Sun <i>et al.</i> (2011)
Ramnetina-3-O-(6-O-2-butenoil-hexósido) (piel)	Ordóñez-Torres <i>et al.</i> (2021)
Rutina (piel)	Barreto <i>et al.</i> (2008); Sun <i>et al.</i> (2011)

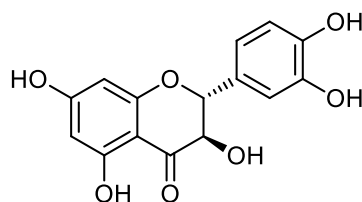


- Canferol: $R_1=R_2=OH$; $R_3=H$; $R_4=OH$.
- Canferol-3-O-glucósido: $R_1=O-\alpha-D$ -glucósido; $R_2=O$; $R_3=H$; $R_4=O$.
- Isoramnetina-3-glucósido: $R_1=glucósido$; $R_2=diglicósido$; $R_3=OCH_3$; $R_4=OH$.
- Luteolina-7-O-β-D-glucósido: $R_1=OH$; $R_2=O-\beta-D$ -glucósido; $R_3=OH$; $R_4=OH$.
- Quercetina: $R_1=R_2=R_3=R_4=OH$.
- Quercetina-3-O-D-diglicósido: $R_1=O-D$ -diglicósido; $R_2=OH$; $R_3=OH$; $R_4=OH$.
- Quercetina-3-O-pentósido: $R_1=O-D$ -pentósido; $R_2=OH$; $R_3=OH$; $R_4=OH$.
- Quercetina-3-O-galactósido: $R_1=O-\alpha-D$ -galactosa; $R_2=R_3=R_4=OH$.
- Quercetina-3-O-glucósido: $R_1=O-\alpha-D$ -glucósido; $R_2=R_3=R_4=OH$.
- Quercetina-4'-O-glucósido: $R_1=OH$; $R_2=R_3=OH$; $R_4=O-\beta-D$ -glucósido.
- Quercetina-3-O-xilósido: $R_1=O-\alpha-D$ -xilosa; $R_2=R_3=R_4=OH$.
- Quercetina-3-O-arabinósido: $R_1=O-\alpha-D$ -arabinosa; $R_2=R_3=R_4=OH$.
- Quercetina-3-O-arabinopiranosido: $R_1=O-\alpha-D$ -arabinopiranososa; $R_2=R_3=R_4=OH$.
- Quercetina-3-O-arabinofuranósido: $R_1=O-\alpha-D$ -arabinofuranosa; $R_2=R_3=R_4=OH$.
- Quercetina-3-O-ramnósido: $R_1=O-\alpha-D$ -ramnósido; $R_2=R_3=R_4=OH$.
- Quercetina-3-O-β-D-xilopiranosido: $R_1=\beta-D$ -xilosa; $R_2=R_3=R_4=OH$.
- Ramnetina: $R_1=OH$; $R_2=OCH_3$; $R_3=OH$; $R_4=OH$.
- Ramnetina-3-O-galactósido: $R_1=O-\alpha-D$ -galactosa; $R_2=OCH_3$; $R_3=R_4=OH$.
- Ramnetina-3-O-glucósido: $R_1=O-\alpha-D$ -glucósido; $R_2=OCH_3$; $R_3=R_4=OH$.
- Ramnetina-3-O-β-galactopiranosido: $R_1=O-\alpha-D$ -galactopiranososa; $R_2=OCH_3$; $R_3=R_4=OH$.
- Ramnetina-3-O-β-glucopiranosido: $R_1=O-\alpha-D$ -glucopiranososa; $R_2=OCH_3$; $R_3=R_4=OH$.
- Ramnetina-3-O-(6-O-2-butenoil-hexósido): $R_1=butenolil-hexósido$; $R_2=OCH_3$; $R_3=R_4=OH$.
- Rutina: $R_1=diglicósido$; $R_2=OH$; $R_3=H$; $R_4=OH$.

Dihidroflavonoles: Se ha aislado un compuesto de este tipo a partir de la hoja del mango (Tabla 6.4).

Tabla 6.4. Dihidroflavonol identificado en *Mangifera indica* L.

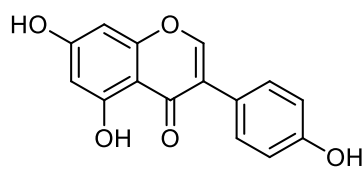
Compuesto	Referencia
Taxifolina (hoja)	Pan <i>et al.</i> (2018)



Isoflavonoides: Se ha aislado un compuesto de este tipo de la piel del mango (Tabla 6.5).

Tabla 6.5. Isoflavonoide identificado en *Mangifera indica* L.

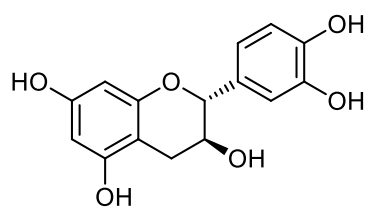
Compuesto	Referencia
Genisteína (piel)	Gondi <i>et al.</i> (2015)



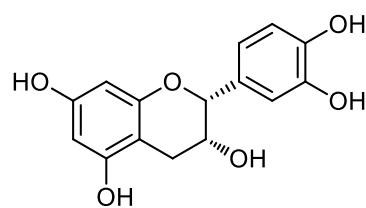
Flavan-3-ol: Se han aislado 5 compuestos de este tipo en diferentes partes del mango (Tabla 6.6).

Tabla 6.6. Flavan-3-oles identificados en *Mangifera indica* L.

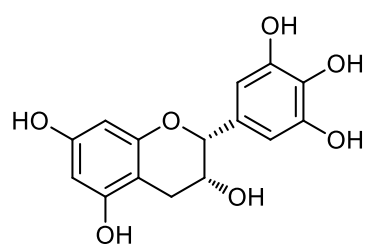
Compuesto	Referencia
Catequina (pulpa, piel, semilla, grano, hojas y corteza)	Abdalla <i>et al.</i> (2007); Barreto <i>et al.</i> (2008); Deng <i>et al.</i> (2012); Núñez <i>et al.</i> (2002); Ramírez <i>et al.</i> (2014); Sun <i>et al.</i> (2011)
Epicatequina (piel, semilla y corteza)	Barreto <i>et al.</i> (2008); Gondi <i>et al.</i> (2015); Ramírez <i>et al.</i> (2014); Veeranjanya <i>et al.</i> (2021)
Epigallocatequina (piel y semilla)	Asif <i>et al.</i> (2016)
Galato de epigallocatequina (hojas y corteza)	Ediriweera <i>et al.</i> (2017)
Galato de epicatequina (piel y semilla)	Asif <i>et al.</i> (2016)



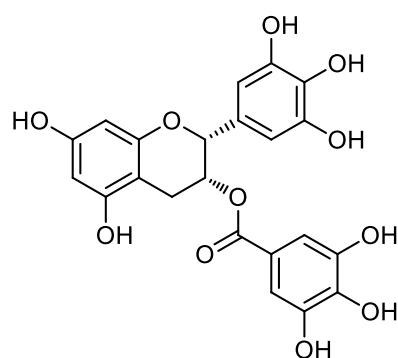
Catequina



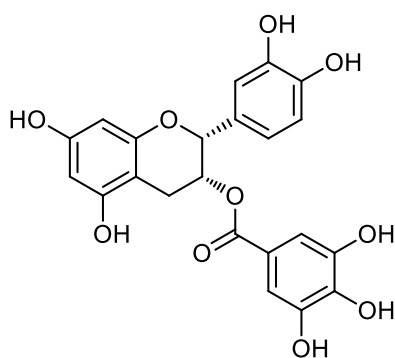
Epicatequina



Epigallocatequina



Galato de epigallocatequina



Galato de epicatequina

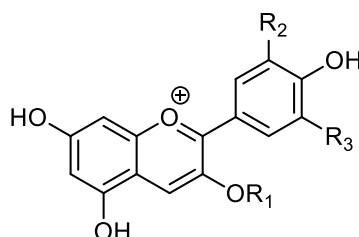
6.2. Antocianidinas

Se han aislado un total de 8 compuestos de este tipo de diferentes partes del mango (Tabla 6.7).

Tabla 6.7. Antocianidinas identificadas en *Mangifera indica* L.

Compuesto	Referencia
Cianidina (pulpa, piel y semilla)	Asif <i>et al.</i> (2016); Sun <i>et al.</i> (2011)
Cianidina-3-glucósido (piel)	Deng <i>et al.</i> (2012)
Cianidina-3-O-(6-O-malonil-β-D-glucósido) (piel)	Ordóñez-Torres <i>et al.</i> (2021)
Delfinidina (piel)	Veeranjaneya <i>et al.</i> (2021)

Malvidina (piel)	Veeranjaneya <i>et al.</i> (2021)
Pelargonidina (piel)	Veeranjaneya <i>et al.</i> (2021)
Peonidina (piel)	Veeranjaneya <i>et al.</i> (2021)
Petunidina (piel)	Veeranjaneya <i>et al.</i> (2021)



- Cianidina: $R_1=H$; $R_2=OH$; $R_3=H$.
- Cianidina-3-glucósido: $R_1=glucósido$; $R_2=OH$; $R_3=H$.
- Cianidina-3-O-(6-O-malonil- β -D-glucósido): $R_1=6-O-malonil-\beta-D-glucósido$; $R_2=H$; $R_3=OH$.
- Delfinidina: $R_1=H$; $R_2=OH$; $R_3=OH$.
- Malvidina: $R_1=H$; $R_2=OCH_3$; $R_3=OCH_3$.
- Pelargonidina: $R_1=H$; $R_2=H$; $R_3=H$.
- Peonidina: $R_1=H$; $R_2=OCH_3$; $R_3=H$.
- Petunidina: $R_1=H$; $R_2=OH$; $R_3=OCH_3$.

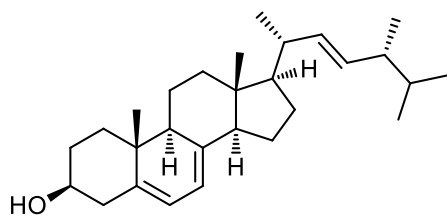
Además de dímeros de procianidina tipo A, y dímero afzequelina-epicatequina de la pulpa y la piel del mango [Ramírez *et al.* (2014)].

6.3. Esteroides y terpenos

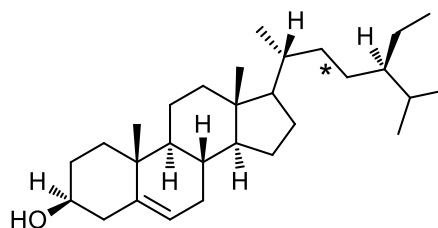
Se han aislado un total de 5 compuestos de este tipo de diferentes partes del mango (Tabla 6.8 y Tabla 6.9).

Tabla 6.8. Esteroides identificados en *Mangifera indica* L.

Compuesto	Referencia
Avenasterol (semilla)	Mwaurah <i>et al.</i> (2020); Safdar <i>et al.</i> (2017)
Campesterol (semilla)	Mwaurah <i>et al.</i> (2020); Safdar <i>et al.</i> (2017)
Estigmasterol (semilla)	Mwaurah <i>et al.</i> (2020); Ordóñez-Torres <i>et al.</i> (2021)
β -Sitosterol (semilla)	Berardini <i>et al.</i> (2005); Mwaurah <i>et al.</i> (2020); Safdar <i>et al.</i> (2017)



Avenasterol



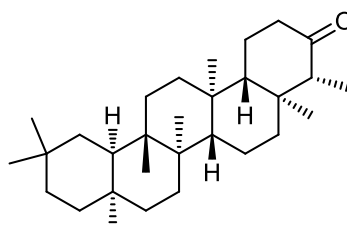
Campesterol

Estigmasterol:*= doble enlace.

β -Sitosterol

Tabla 6.9. Triterpeno identificado en *Mangifera indica* L.

Compuesto	Referencia
Friedelin (corteza)	Ediriweera <i>et al.</i> (2017)



6.4. Fenilpropanoides, ácidos hidroxicinámicos y cumarinas

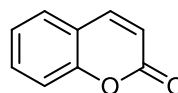
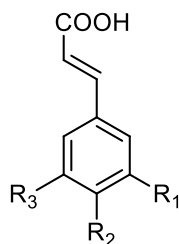
Se han aislado un total de 7 compuestos de este tipo de diferentes partes del mango (Tabla 6.10).

Tabla 6.10. Ácidos hidroxicinámicos identificados en *Mangifera indica* L.

Compuesto	Referencia
Ácido cafeico (pulpa, piel, semilla y grano)	Abdalla <i>et al.</i> (2007); Gondi <i>et al.</i> (2015); Ribeiro y Schieber (2010); Ruales <i>et al.</i> (2018)
Ácido cinámico (semilla y grano)	Abdalla <i>et al.</i> (2007); Mwaurah <i>et al.</i> (2020); Ribeiro y Schieber (2010); Safdar <i>et al.</i> (2017)
Ácido clorogénico (piel y semilla)	Núñez <i>et al.</i> (2002); Ruales <i>et al.</i> (2018); Sun <i>et al.</i> (2011)
Ácido ferúlico (pulpa, piel, semilla y grano)	Abdalla <i>et al.</i> (2007); Gondi <i>et al.</i> (2015); Ribeiro y Schieber (2010); Ruales <i>et al.</i> (2018); Safdar <i>et al.</i> (2017)
Ácido <i>p</i> -cumárico (pulpa, piel, semilla y grano)	Mwaurah <i>et al.</i> (2020); Núñez <i>et al.</i> (2002); Ruales <i>et al.</i> (2018)
Ácido salicílico (semilla)	Da Silva y Neuza (2017)

Cumarina (semilla y grano)

Mwaurah *et al.* (2020); Ribeiro y Schieber (2010); Safdar *et al.* (2017)



Cumarina

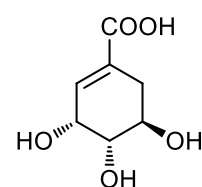
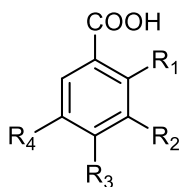
- Ácido cafeico: $R_1=OH$; $R_2=OH$; $R_3=H$.
- Ácido cinámico: $R_1=H$; $R_2=H$; $R_3=H$.
- Ácido clorogénico: $R_1=H$; $R_2=OH$; $R_3=OH$; esterificado con un ácido quínico.
- Ácido ferúlico: $R_1=OCH_3$; $R_2=OH$; $R_3=OH$.
- Ácido *p*-cumárico: $R_1=H$; $R_2=OH$; $R_3=H$.
- Ácido salicílico: $R_1=OH$; $R_2=R_3=H$.

6.5. Ácidos fenólicos

Se han aislado un total de 7 compuestos de este tipo de diferentes partes del mango (Tabla 6.11).

Tabla 6.11. Ácidos fenólicos identificados en *Mangifera indica* L.

Compuesto	Referencia
Ácido benzoico (corteza del tallo)	Núñez <i>et al.</i> (2002)
Ácido gálico (pulpa, piel, semilla, grano, corteza, hoja y flores)	López-Cobo <i>et al.</i> (2016); Ordóñez-Torres <i>et al.</i> (2021); Ruales <i>et al.</i> (2018); Sun <i>et al.</i> (2011); Veeranjaneeya <i>et al.</i> (2021)
Ácido gentísico (piel)	Gondi <i>et al.</i> (2015)
Ácido 3,4-hidroxibenzoico (piel, grano, corteza y flores)	López-Cobo <i>et al.</i> (2016); Ordóñez-Torres <i>et al.</i> (2021)
Ácido protocatéquico (pulpa, piel, semilla, grano y corteza)	Abdalla <i>et al.</i> (2007); Deng <i>et al.</i> (2012); Ramírez <i>et al.</i> (2014); Ruales <i>et al.</i> (2018); Sun <i>et al.</i> (2011)
Ácido siquímico (pulpa y corteza)	Ediriweera <i>et al.</i> (2017)
Vainillina (semilla y grano)	Abdalla <i>et al.</i> (2007); Mwaurah <i>et al.</i> (2020); Ribeiro y Schieber (2010); Safdar <i>et al.</i> (2017)



Ácido siquímico

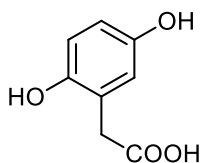
- Ácido benzoico: $R_1=R_2=R_3=R_4=H$.
- Ácido gálico: $R_1=H$; $R_2=OH$; $R_3=R_4=OH$.
- Ácido gentísico: $R_1=OH$; $R_2=R_3=H$; $R_4=OH$.
- Ácido 3,4-hidroxibenzoico: $R_1=H$; $R_2=R_3=OH$; $R_4=H$.
- Ácido protocatéquico: $R_1=H$; $R_2=R_3=OH$; $R_4=H$.
- Vainillina: $R_1=H$; $R_2=OCH_3$; $R_3=OH$; $R_4=H$.

6.6. Ácidos fenilacéticos

Se ha aislado un compuesto de este tipo (Tabla 6.12).

Tabla 6.12. Ácido fenilacético identificado en *Mangifera indica* L.

Compuesto	Referencia
Ácido homogentísico (piel y semilla)	Núñez <i>et al.</i> (2002); Safdar <i>et al.</i> (2017)

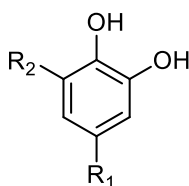


6.7. Fenoles

Se han aislado 3 compuestos de este tipo de la hoja del mango (Tabla 6.13).

Tabla 6.13. Fenoles identificados en *Mangifera Indica* L.

Compuesto	Referencia
Catecol (hoja)	Mambanzulua <i>et al.</i> (2015)
Hidroxitirosol (hoja)	Mambanzulua <i>et al.</i> (2015)
Pirogalol (hoja)	Mambanzulua <i>et al.</i> (2015)



- Catecol: $R_1=H$; $R_2=H$.

- Hidroxitirosol: $R_1=CH_2OH$; $R_2=H$.
- Pirogalol: $R_1=H$; $R_2=OH$.

Del análisis de todas estas tablas sobre la composición química del árbol del mango podemos deducir que se han identificado del orden de 39 compuestos en piel, 25 en semilla, 18 en hoja, 15 en la pulpa y grano, y 10 en pericarpio. De los compuestos encontrados en la piel del mango, 2 son flavonas, 15 son flavonoles, 1 es un isoflavonoide, 4 son flavan-3-oles, 8 son antocianidinas, 4 son ácidos hidroxicinámicos, otros 4 son ácidos fenólicos y 1 es un ácido fenilacético. En cuanto a la semilla del mango, se han encontrado 2 flavonas, 3 flavonoles, 4 flavan-3-oles, 1 antocianidina, 4 esteroides, 7 ácidos hidroxicinámicos, 3 ácidos fenólicos y 1 ácido fenilacético. Con respecto a la hoja, 4 son flavonas, 7 son flavonoles, 1 es un dihidroflavonol, 2 son flavan-3-oles, 1 es un ácido fenólico y 3 son fenoles. En la pulpa se han identificado: 1 flavona, 6 flavonoles, 1 flavan-3-ol, 1 antocianidina, 3 ácidos hidroxicinámicos y 3 ácidos fenólicos; mientras que en el pericarpio todos son flavonoles.

Se puede deducir claramente, a la vista de los artículos publicados hasta la fecha, que en la piel del mango abundan los flavonoles, que en la semilla son más frecuentes los ácidos hidroxicinámicos, mientras en la hoja abundan los flavonoides en general, frente a ácidos fenólicos y fenoles simples.

De toda la información recogida en bibliografía, se puede considerar la semilla del mango como un residuo agroindustrial interesante a partir del que obtener compuestos fenólicos bioactivos con usos prometedores en alimentación y farmacia [Castro-Vargas *et al.* (2019)].

Por otro lado, no existen estudios sobre la composición química de la madera procedente de la poda del árbol del mango, así como tampoco se ha estudiado la raíz del árbol.

7. REVISIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE *Persea americana* Mill.

En la tabla 7.1 se recogen los artículos correspondientes a estudios sobre compuestos fenólicos identificados en aguacate, así como la parte estudiada en cada caso.

Tabla 7.1. Estudios sobre los compuestos fenólicos llevados a cabo en *Persea americana* Mill.

Parte estudiada de la planta	Referencia
Pulpa, piel y semilla	Salazar-López <i>et al.</i> (2020)
Pulpa, piel y semilla	Araújo <i>et al.</i> (2018)
Pulpa, piel y semilla	Hurtado-Fernández <i>et al.</i> (2014)
Pulpa, piel y semilla	López-Cobo <i>et al.</i> (2016)
Pulpa, piel, semilla, ramas y corteza	Bhuyan <i>et al.</i> (2019)
Semilla, cáscara, orujo y aguas residuales	Permal <i>et al.</i> (2020)
Semilla	Kumoro <i>et al.</i> (2020)
Semilla	Bahru <i>et al.</i> (2019)
Piel	Kamaraj <i>et al.</i> (2020)
Piel	Figueroa <i>et al.</i> (2018)
Piel y semilla	Zaki <i>et al.</i> (2020)
Piel y semilla	Deng <i>et al.</i> (2012)
Piel y semilla	Widsten <i>et al.</i> (2014)
Piel y semilla	Kosińska <i>et al.</i> (2012)
Piel y grano	Melgar <i>et al.</i> (2018)
Hoja y semilla	Yasir <i>et al.</i> (2010)
Hoja	Castro-López <i>et al.</i> (2019)
Hoja	Yamassaki <i>et al.</i> (2017)

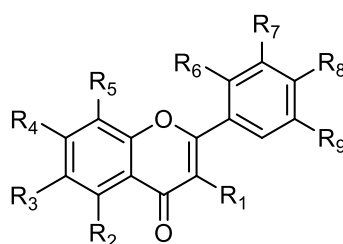
De la misma manera que en el mango, abundan los estudios sobre el fruto, la piel y la semilla, pero no sobre la madera. A continuación se recoge la bibliografía existente sobre la composición polifénolica de *Persea americana* Mill. organizada por familias de compuestos.

7.1. Flavonoides

Flavonas: Se han aislado 11 flavonas de *Persea americana* Mill. (Tabla 7.2).

Tabla 7.2. Flavonas identificadas en *Persea americana* Mill.

Compuesto	Referencia
Apigenina (piel, semilla y hoja)	Loizzo <i>et al.</i> (2012); Yasir <i>et al.</i> (2010)
Apigenina-C-hexósido-C-pentóxido (hoja)	Castro-López <i>et al.</i> (2019)
Crisina (pulpa)	Hurtado-Fernández <i>et al.</i> (2014)
Luteolina (hoja y semilla)	Yasir <i>et al.</i> (2010)
Luteolina-7-O-hexósido (hoja)	Castro-López <i>et al.</i> (2019)
Luteolina-7-O-pentosil-hexósido (piel)	Figueroa <i>et al.</i> (2018)
Naringina (piel y semilla)	Zaki <i>et al.</i> (2020)
Narirutina (pulpa)	Salazar-López <i>et al.</i> (2020)
Orientina (hoja)	Yamassaki <i>et al.</i> (2017)
Poncirina (pulpa)	Salazar-López <i>et al.</i> (2020)
Vitexina (hoja)	Castro-López <i>et al.</i> (2019)

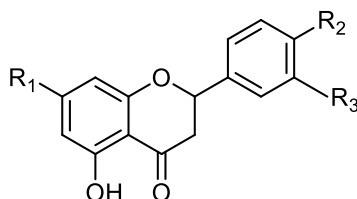


- Apigenina: $R_1=H$; $R_2=OH$; $R_3=H$; $R_4=OH$; $R_5=R_6=R_7=H$; $R_8=OH$; $R_9=H$.
- Apigenina-C-hexósido-C-pentóxido: $R_1=\text{hexósido}$; $R_2=OH$; $R_3=H$; $R_4=\text{pentóxido}$; $R_5=R_6=R_7=H$; $R_8=OH$; $R_9=H$.
- Crisina: $R_1=H$; $R_2=OH$; $R_3=H$; $R_4=OH$; $R_5=R_6=R_7=R_8=R_9=H$.
- Luteolina: $R_1=H$; $R_2=OH$; $R_3=H$; $R_4=OH$; $R_5=R_6=H$; $R_7=R_8=OH$; $R_9=H$.
- Luteolina-7-O-hexósido: $R_1=H$; $R_2=OH$; $R_3=H$; $R_4=\text{hexósido}$; $R_5=R_6=H$; $R_7=R_8=OH$; $R_9=H$.
- Luteolina-7-O-pentosil-hexósido: $R_1=H$; $R_2=OH$; $R_3=H$; $R_4=\text{pentosil-hexósido}$; $R_5=R_6=R_7=H$; $R_8=R_9=OH$.
- Naringina: $R_1=H$; $R_2=OH$; $R_3=H$; $R_4=O-\alpha\text{-L-ramnopiranosilo}$; $R_5=R_6=R_7=H$; $R_8=OH$; $R_9=H$.
- Narirutina: $R_1=H$; $R_2=OH$; $R_3=H$; $R_4=\text{diglucósido}$; $R_5=R_6=R_7=H$; $R_8=OH$; $R_9=H$.
- Orientina: $R_1=H$; $R_2=OH$; $R_3=H$; $R_4=OH$; $R_5=\text{glucósido}$; $R_6=H$; $R_7=R_8=OH$; $R_9=H$.
- Poncirina: $R_1=H$; $R_2=OH$; $R_3=H$; $R_4=OH$; $R_5=R_6=R_7=H$; $R_8=OCH_3$; $R_9=H$.
- Vitexina: $R_1=H$; $R_2=OH$; $R_3=H$; $R_4=OH$; $R_5=\text{glucósido}$; $R_6=R_7=H$; $R_8=OH$; $R_9=H$.

Flavanonas: Se han aislado un total de 4 compuestos de este tipo en diferentes partes del aguacate (Tabla 7.3).

Tabla 7.3. Flavanonas identificadas en *Persea americana* Mill.

Compuesto	Referencia
Hesperidina (piel y semilla)	Zaki <i>et al.</i> (2020)
Hesperetina (piel y semilla)	Zaki <i>et al.</i> (2020)
Naringenina (pulpa, piel y semilla)	Melgar <i>et al.</i> (2018); Permal <i>et al.</i> (2020); Yasir <i>et al.</i> (2010)
Sakuranetina (piel)	Figueroa <i>et al.</i> (2018)



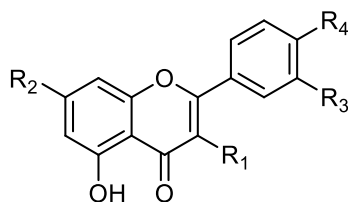
- Hesperidina: R₁=O- α -L-ramnopiranosilo; R₂=OCH₃; R₃=OH.
- Hesperetina: R₁=OH; R₂=OCH₃; R₃=OH.
- Naringenina: R₁=OH; R₂=OH; R₃=H.
- Sakuranetina: R₁=OCH₃; R₂=OH; R₃=H.

Flavonoles: Se han aislado un total de 24 compuestos de este tipo en diferentes partes del aguacate (Tabla 7.4).

Tabla 7.4. Flavonoles identificados en *Persea americana* Mill.

Compuesto	Referencia
Afzelina (hoja y semilla)	Chen <i>et al.</i> (1998); Loizzo <i>et al.</i> (2012)
Astragalina (hoja y semilla)	Chen <i>et al.</i> (1998); Loizzo <i>et al.</i> (2012)
Canferol (pulpa, piel y semilla)	López-Cobo <i>et al.</i> (2016); Melgar <i>et al.</i> (2018); Yasir <i>et al.</i> (2010)
Canferol-O-ramnosilglucósido (piel)	Figueroa <i>et al.</i> (2018)
Canferol-3-glucurónido (piel)	Melgar <i>et al.</i> (2018)
Canferol-3-O-hexósido (hoja)	Castro-López <i>et al.</i> (2019)
Canferol-3-O-pentóxido (hoja)	Castro-López <i>et al.</i> (2019)
Canferido (pulpa)	Hurtado-Fernández <i>et al.</i> (2014)
Isoramnetina (pulpa)	Salazar-López <i>et al.</i> (2020)
Isoramnetina-3-glucurónido (piel)	Melgar <i>et al.</i> (2018)
Quercitrina (piel, semilla y hoja)	Chen <i>et al.</i> (1998); Loizzo <i>et al.</i> (2012); Yasir <i>et al.</i> (2010)

Quercetina (pulpa, piel y semilla)	Kamaraj <i>et al.</i> (2020); Melgar <i>et al.</i> (2018); Yasir <i>et al.</i> (2010)
Quercetina-3-glucurónida (piel y hoja)	Chung Yi <i>et al.</i> (1997); Galarce-Bustos <i>et al.</i> (2020); Melgar <i>et al.</i> (2018)
Quercetina-3,4'-diglicósido (piel y hoja)	Bhuyan <i>et al.</i> (2019); López-Cobo <i>et al.</i> (2016); Melgar <i>et al.</i> (2018); Yamassaki <i>et al.</i> (2017)
Quercetina-3-O-D-diglicósido (piel, hoja y semilla)	Bahru <i>et al.</i> (2019); Loizzo <i>et al.</i> (2012)
Quercetina-3-O-arabinosil-glucósido (piel y hoja)	Bahru <i>et al.</i> (2019); Bhuyan <i>et al.</i> (2019); Castro-López <i>et al.</i> (2019); Chen <i>et al.</i> (1998); López-Cobo <i>et al.</i> (2016); Melgar <i>et al.</i> (2018)
Quercetina-3-O-galactósido (piel y hoja)	Bhuyan <i>et al.</i> (2019); Chen <i>et al.</i> (1998); López-Cobo <i>et al.</i> (2016); Yamassaki <i>et al.</i> (2017)
Quercetina-3-O-rutinósido (piel)	Araújo <i>et al.</i> (2018); Kosińska <i>et al.</i> (2012); Salazar-López <i>et al.</i> (2020)
Quercetina-3-O-arabinósido (piel, semilla y hoja)	Bhuyan <i>et al.</i> (2019); Chen <i>et al.</i> (1998); Loizzo <i>et al.</i> (2012); López-Cobo <i>et al.</i> (2016); Yamassaki <i>et al.</i> (2017)
Quercetina-3-O-glucósido (piel y hoja)	Bhuyan <i>et al.</i> (2019); Galarce-Bustos <i>et al.</i> (2020); López-Cobo <i>et al.</i> (2016); Melgar <i>et al.</i> (2018); Salazar-López <i>et al.</i> (2020); Yamassaki <i>et al.</i> (2017)
Quercetina-3-O-ramnósido-7-O-pentóxido (piel)	Melgar <i>et al.</i> (2018)
Quercetina-3-O-ramnósido-7-O-hexósido (piel)	Melgar <i>et al.</i> (2018)
Quercetina-3-O-pentóxido-7-O-hexósido (piel)	Melgar <i>et al.</i> (2018)
Rutina (pulpa, piel, semilla y hoja)	Bahru <i>et al.</i> (2019); Bhuyan <i>et al.</i> (2019); Chen <i>et al.</i> (1998); Kosińska <i>et al.</i> (2012); López-Cobo <i>et al.</i> (2016); Melgar <i>et al.</i> (2018)



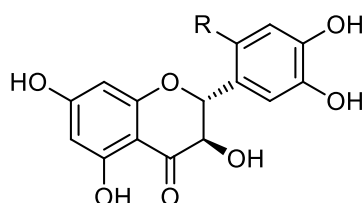
- Afzelina: R₁=O-L-ramnósido; R₂=OH; R₃=H; R₄=OH.
- Astragalina: R₁=O-D-glucósido; R₂=H; R₃=H; R₄=OH.
- Canferol: R₁=R₂=OH; R₃=H; R₄=OH.
- Canferol-O-ramnosilglucósido: R₁=R₂=OH; R₃=H; R₄=O-ramnosilglucósido.
- Canferol-3-glucurónido: R₁=glucurónido; R₂=OH; R₃=H; R₄=OH.
- Canferol-3-O-hexósido: R₁=hexósido; R₂=OH; R₃=H; R₄=OH.

- Canferol-3-O-pentósido: R_1 =pentósido; R_2 =OH; R_3 =H; R_4 =OH.
- Canferido: R_1 = R_2 =OH; R_3 =H; R_4 =OCH₃.
- Isoramnetina: R_1 =OH; R_2 =diglucósido; R_3 =OCH₃; R_4 =OH.
- Isoramnetina-3-glucurónido: R_1 =glucurónido; R_2 =diglucósido; R_3 =OCH₃; R_4 =OH.
- Quercitrina: R_1 =O- α -L-ramnopiranosilo; R_2 = R_3 = R_4 =OH.
- Quercetina: R_1 = R_2 = R_3 = R_4 =OH.
- Quercetina-3-glucurónida: R_1 =glucurónido; R_2 = R_3 = R_4 =OH.
- Quercetina-3,4'-diglicósido: R_1 =O- α -D-glucósido; R_2 = R_3 =OH; R_4 =O- α -D-glucósido.
- Quercetina-3-O-D-diglicósido: R_1 =O-D-diglucósido; R_2 =OH; R_3 =OH; R_4 =OH.
- Quercetina-3-O-galactósido: R_1 =O- α -D-galactosa; R_2 = R_3 = R_4 =OH.
- Quercetina-3-O-rutinósido: R_1 =rutinósido; R_2 = R_3 = R_4 =OH.
- Quercetina-3-O-arabinósido: R_1 =O- α -D-arabinosa; R_2 = R_3 = R_4 =OH.
- Quercetina-3-O-glucósido: R_1 =O- α -D-glucósido; R_2 = R_3 = R_4 =OH.
- Quercetina-3-O-ramnósido-7-O-pentósido: R_1 =O-ramnósido; R_2 =O- α -D-pentósido; R_3 =OH; R_4 =OH.
- Quercetina-3-O-ramnósido-7-O-hexósido: R_1 =O-ramnósido; R_2 =O- α -D-hexósido; R_3 =OH; R_4 =OH.
- Quercetina-3-O-pentóxido-7-O-hexósido: R_1 =O-pentóxido; R_2 =O- α -D-hexósido; R_3 =OH; R_4 =OH.
- Rutina: R_1 =diglucósido; R_2 =OH; R_3 =H; R_4 =OH.

Dihidroflavonoles: Se han aislado un total de 2 compuestos de este tipo a partir de diferentes partes del aguacate (Tabla 7.5).

Tabla 7.5. Dihidroflavonoles identificados en *Persea americana* Mill.

Compuesto	Referencia
Taxifolina (pulpa)	Salazar-López <i>et al.</i> (2020)
Taxifolina-O-pentósido (hoja)	Castro-López <i>et al.</i> (2019)

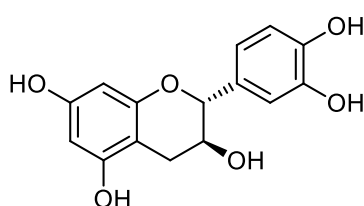


- Taxifolina: R=H.
- Taxifolina-O-pentósido: R=O-pentósido.

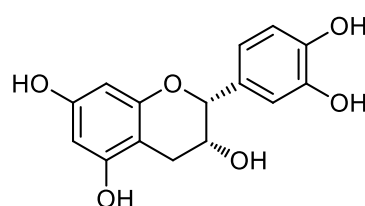
Flavan-3-ol: Se han aislado 3 compuestos de este tipo en diferentes partes del aguacate (Tabla 7.6).

Tabla 7.6. Flavan-3-oles identificados en *Persea americana* Mill.

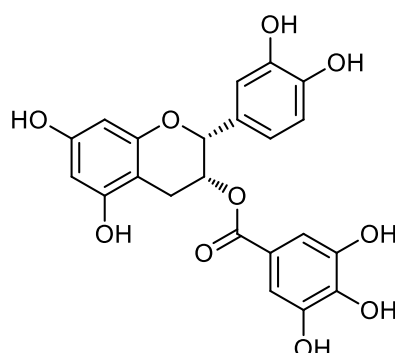
Compuesto	Referencia
Catequina (pulpa, piel, semilla, grano y hoja)	Bhuyan <i>et al.</i> (2019); Kamaraj <i>et al.</i> (2020); López-Cobo <i>et al.</i> (2016); Permal <i>et al.</i> (2020)
Epicatequina (pulpa, piel, semilla, grano y hoja)	Bhuyan <i>et al.</i> (2019); Castro-López <i>et al.</i> (2019); Kamaraj <i>et al.</i> (2020); López-Cobo <i>et al.</i> (2016); Permal <i>et al.</i> (2020)
Galato de epicatequina (semilla)	Kosińska <i>et al.</i> (2012)



Catequina



Epicatequina



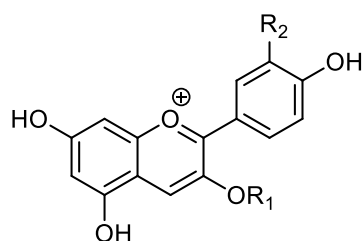
Galato de epicatequina

7.2. Antocianidinas

Se han aislado un total de 4 compuestos de este tipo en diferentes partes del aguacate (Tabla 7.7).

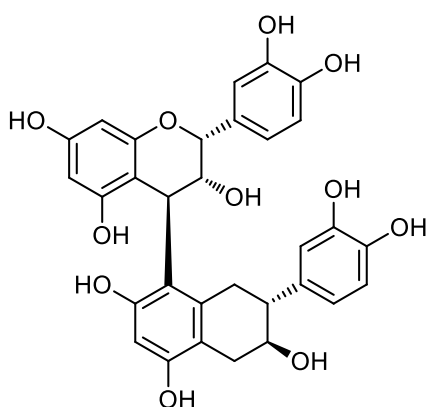
Tabla 7.7. Antocianidinas identificadas en *Persea americana* Mill.

Compuesto	Referencia
Cianidina-3-glucósido (semilla)	Deng <i>et al.</i> (2012); Kumoro <i>et al.</i> (2020)
Cianidina-3-arabinósido (hoja)	Castro-López <i>et al.</i> (2019)
Pelargonidina-3-O-glucósido (hoja)	Castro-López <i>et al.</i> (2019)
Peonidina-3-glucósido (hoja)	Castro-López <i>et al.</i> (2019)

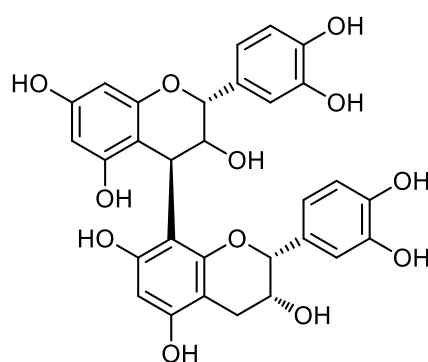


- Cianidina-3-glucósido: R_1 =glucósido; R_2 =OH.
- Cianidina-3-arabinósido: R_1 =arabinósido; R_2 =OH.
- Pelargonidina-3-O-glucósido: R_1 =glucósido; R_2 =H.
- Peonidina-3-glucósido: R_1 =glucósido; R_2 =OCH₃.

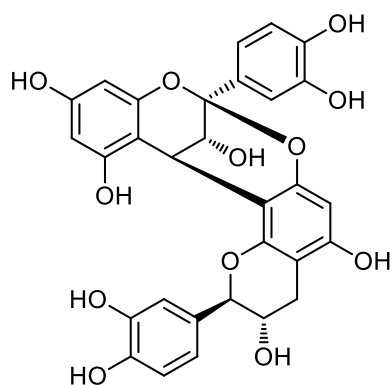
También se han aislado (a) dímeros de procianidina tipo A y B [Kosińska *et al.* (2012)], y procianidina B2 de la piel del aguacate; (b) trímeros de procianidina tipo A [Kosińska *et al.* (2012)], procianidina B1 [Salazar-López *et al.* (2020)] y B2 de la semilla de aguacate [Araújo *et al.* (2018); Bhuyan *et al.* (2019); Figueroa *et al.* (2018)]; (c) dímero de (epi)catequina tipo B en la piel y el grano; (d) trímero, tetrámero, pentámero y hexámero de (epi)catequina tipo B de la piel de aguacate [Melgar *et al.* (2018)]; (e) trímeros de procianidina tipo A y dímeros de procianidina tipo B de la hoja de aguacate [Castro-López *et al.* (2019)]; (f) procianidina B1, procianidina C1 y procianidina trimérica de la hoja del aguacate [Yamassaki *et al.* (2017)].



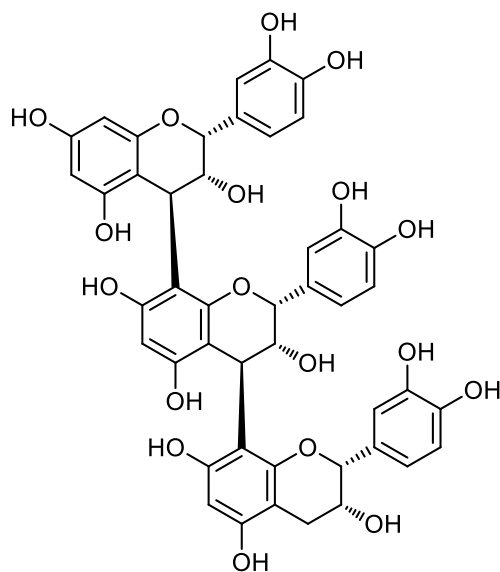
Procianidina B1



Procianidina B2



Procianidina A1



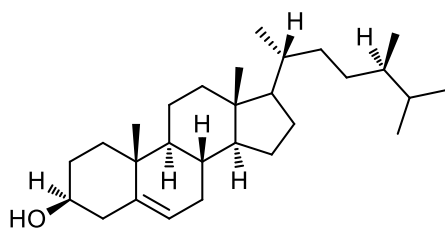
Procianidina C1

7.3. Esteroides y terpenos

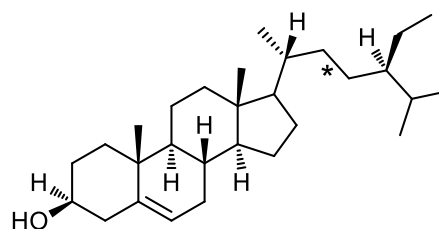
Se han aislado un total de 3 compuestos de este tipo (Tabla 7.8).

Tabla 7.8. Esteroides identificados en *Persea americana* Mill.

Compuesto	Referencia
Campesterol (pulpa)	Araújo <i>et al.</i> (2018); Salazar-López <i>et al.</i> (2020)
Estigmasterol (pulpa y semilla)	Bhuyan <i>et al.</i> (2019); López-Cobo <i>et al.</i> (2016)
β-Sitosterol (pulpa y semilla)	Bhuyan <i>et al.</i> (2019); López-Cobo <i>et al.</i> (2016)



Campesterol



Estigmasterol: *= doble enlace.

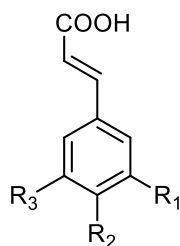
β -Sitosterol

7.4. Fenilpropanoides, ácidos hidroxicinámicos y cumarinas

Se han aislado un total de 18 compuestos de este tipo en diferentes partes del aguacate (Tabla 7.9).

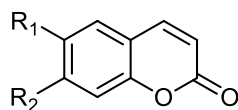
Tabla 7.9. Ácidos hidroxicinámicos y cumarinas identificados en *Persea americana* Mill.

Compuesto	Referencia
Ácido cafeico (pulpa, piel, semilla y hoja)	López-Cobo <i>et al.</i> (2016); Permal <i>et al.</i> (2020); Yasir <i>et al.</i> (2010)
Glucósido del ácido cafeico (pulpa)	López-Cobo <i>et al.</i> (2016); Salazar-López <i>et al.</i> (2020)
Ácido cinámico (pulpa, piel, semilla y hoja)	López-Cobo <i>et al.</i> (2016); Yasir <i>et al.</i> (2010)
Ácido clorogénico (pulpa, piel, semilla, grano y hoja)	Bahru <i>et al.</i> (2019); Castro-López <i>et al.</i> (2019); Permal <i>et al.</i> (2020)
Ácido ferúlico (pulpa, piel y semilla)	Kamaraj <i>et al.</i> (2020); López-Cobo <i>et al.</i> (2016); Permal <i>et al.</i> (2020); Yasir <i>et al.</i> (2010)
Ácido ferúlico glucósido (pulpa)	López-Cobo <i>et al.</i> (2016); Salazar-López <i>et al.</i> (2020)
Ácido 5-hidroxiferúlico (hoja)	Castro-López <i>et al.</i> (2019)
Ácido isoferúlico (piel y semilla)	Zaki <i>et al.</i> (2020)
Ácido neoclorogénico (piel)	Kosińska <i>et al.</i> (2012)
Ácido 3- <i>p</i> -coumaroilquínico (grano)	Kosińska <i>et al.</i> (2012); Melgar <i>et al.</i> (2018); Widsten <i>et al.</i> (2014)
Ácido <i>p</i> -cumárico (pulpa, piel, semilla y hoja)	Bahru <i>et al.</i> (2019); Kamaraj <i>et al.</i> (2020); López-Cobo <i>et al.</i> (2016); Permal <i>et al.</i> (2020); Yasir <i>et al.</i> (2010)
Ácido <i>p</i> -cumárico glucósido (pulpa)	López-Cobo <i>et al.</i> (2016); Salazar-López <i>et al.</i> (2020)
Ácido <i>p</i> -cumárico rutinósido (pulpa)	López-Cobo <i>et al.</i> (2016); Salazar-López <i>et al.</i> (2020)
Ácido sinapiénico (pulpa)	Hurtado-Fernández <i>et al.</i> (2014); Salazar-López <i>et al.</i> (2020)
Ácido sinapiénico-hexósido (pulpa)	López-Cobo <i>et al.</i> (2016)
Ácido 3,4,5-trimetoxicinámico (piel y semilla)	Zaki <i>et al.</i> (2020)
Cumarina (piel y semilla)	Zaki <i>et al.</i> (2020)
Escopoletina (hoja y semilla)	Yasir <i>et al.</i> (2010)



- Ácido cafeico: $R_1=R_2=OH$; $R_3=H$.

- Glucósido del ácido cafeico: $R_1=OH$; $R_2=glucósido$; $R_3=H$.
- Ácido cinámico: $R_1=R_2=R_3=H$.
- Ácido clorogénico: $R_1=H$; $R_2=R_3=OH$; esterificado con un ácido quínico.
- Ácido ferúlico: $R_1=OCH_3$; $R_2=R_3=OH$.
- Ácido ferúlico glucósido: $R_1=H$; $R_2=glucósido$; $R_3=OMe$.
- Ácido 5-hidroxiferúlico: $R_1=OCH_3$; $R_2=OH$; $R_3=H$.
- Ácido isoferúlico: $R_1=OH$; $R_2=OCH_3$; $R_3=H$.
- Ácido neoclorogénico: $R_1=H$; $R_2=R_3=OH$; esterificado con un ácido quínico.
- Ácido 3-*p*-coumaroilquínico: $R_1=H$; $R_2=OH$; $R_3=H$; esterificado con un ácido quínico.
- Ácido *p*-cumárico: $R_1=H$; $R_2=OH$; $R_3=H$.
- Ácido *p*-cumárico glucósido: $R_1=H$; $R_2=glucósido$; $R_3=H$.
- Ácido *p*-cumárico rutinósido: $R_1=H$; $R_2=rutinósido$; $R_3=H$.
- Ácido sinapiénico: $R_1=OCH_3$; $R_2=OH$; $R_3=OCH_3$.
- Ácido sinapiénico-hexósido: $R_1=OCH_3$; $R_2=hexósido$; $R_3=OCH_3$.
- Ácido 3,4,5-trimetoxicinámico: $R_1=R_2=R_3=OCH_3$.



- Cumarina: $R_1=H$; $R_2=H$. - Escopoletina: $R_1=OCH_3$; $R_2=OH$.

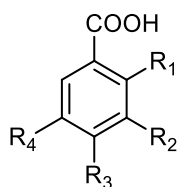
7.5. Ácidos fenólicos

Se han aislado 12 compuestos de este tipo (Tabla 7.10).

Tabla 7.10. Ácidos fenólicos identificados en *Persea americana* Mill.

Compuesto	Referencia
Ácido 4-aminobenzoico (piel y semilla)	Zaki <i>et al.</i> (2020)
Ácido benzoico (pulpa, piel y semilla)	López-Cobo <i>et al.</i> (2016); Permal <i>et al.</i> (2020); Yasir <i>et al.</i> (2010)
Ácido gálico (pulpa, piel y semilla)	Kamaraj <i>et al.</i> (2020); Kosińska <i>et al.</i> (2012); López-Cobo <i>et al.</i> (2016); Permal <i>et al.</i> (2020); Yasir <i>et al.</i> (2010)
Ácido gentílico (pulpa)	Salazar-López <i>et al.</i> (2020)
Ácido 4-hidroxibenzoico (pulpa, piel y semilla)	Kamaraj <i>et al.</i> (2020); López-Cobo <i>et al.</i> (2016); Melgar <i>et al.</i> (2018); Yasir <i>et al.</i> (2010)
Ácido protocatéquico (pulpa, piel y semilla)	López-Cobo <i>et al.</i> (2016); Melgar <i>et al.</i> (2018); Yasir <i>et al.</i> (2010)
Ácido protocatéquico-4-glucósido (pulpa)	López-Cobo <i>et al.</i> (2016); Salazar-López <i>et al.</i> (2020)
Ácido salicílico (piel y semilla)	Zaki <i>et al.</i> (2020)

Ácido sirínico (pulpa)	Hurtado-Fernández <i>et al.</i> (2014)
Ácido vanílico (pulpa, piel y semilla)	Kamaraj <i>et al.</i> (2020); Melgar <i>et al.</i> (2018); Permal <i>et al.</i> (2020); Yasir <i>et al.</i> (2010)
Glucósido del ácido vanílico (semilla)	Araújo <i>et al.</i> (2018); Salazar-López <i>et al.</i> (2020)
Vainillina (pulpa y piel)	López-Cobo <i>et al.</i> (2016); Melgar <i>et al.</i> (2018); Permal <i>et al.</i> (2020)



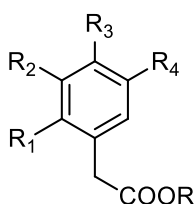
- Ácido 4-aminobenzoico: $R_1=R_2=H$; $R_3=NH_2$; $R_4=H$.
- Ácido benzoico: $R_1=R_2=R_3=R_4=H$.
- Ácido gálico: $R_1=H$; $R_2=R_3=R_4=OH$.
- Ácido gentílico: $R_1=OH$; $R_2=R_3=H$; $R_4=OH$.
- Ácido 4-hidroxibenzoico: $R_1=R_2=H$; $R_3=OH$; $R_4=H$.
- Ácido protocatéquico: $R_1=H$; $R_2=R_3=OH$; $R_4=H$.
- Ácido protocatéquico-4-glucósido: $R_1=H$; $R_2=OH$; $R_3=glucósido$; $R_4=H$.
- Ácido salicílico: $R_1=OH$; $R_2=R_3=R_4=H$.
- Ácido sirínico: $R_1=H$; $R_2=OCH_3$; $R_3=OH$; $R_4=OCH_3$.
- Ácido vanílico: $R_1=H$; $R_2=OCH_3$; $R_3=OH$; $R_4=H$.
- Glucósido del ácido vanílico: $R_1=H$; $R_2=OCH_3$; $R_3=glucósido$; $R_4=H$.
- Vainillina: $R_1=H$; $R_2=OCH_3$; $R_3=OH$; $R_4=H$.

7.6. Ácidos fenilacéticos

Se han aislado un total de 3 compuestos de este tipo en diferentes partes del aguacate (Tabla 7.11).

Tabla 7.11. Ácidos fenilacéticos identificados en *Persea americana* Mill.

Compuesto	Referencia
Ácido 3,4-Dihidroxifenilacético (pulpa y piel)	Kamaraj <i>et al.</i> (2020); Melgar <i>et al.</i> (2018)
Ácido homogentísico (semilla)	Deng <i>et al.</i> (2012); Kumoro <i>et al.</i> (2020)
Oleuropeína (piel y semilla)	Zaki <i>et al.</i> (2020)



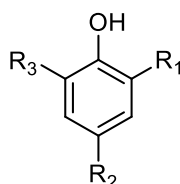
- Ácido 3,4-Dihidroxifenilacético: $R=H$; $R_1=H$; $R_2=OH$; $R_3=OH$; $R_4=H$.
- Ácido homogentísico: $R=H$; $R_1=OH$; $R_2=H$; $R_3=H$; $R_4=OH$.
- Oleuropeína: $R=\text{glucósido secoiridoide}$; $R_1=R_2=R_3=R_4=H$.

7.7. Fenoles

Se han aislado un total de 5 compuestos de este tipo en la piel y la semilla del aguacate (Tabla 7.12).

Tabla 7.12. Fenoles identificados en *Persea americana* Mill.

Compuesto	Referencia
Catecol (piel y semilla)	Melgar <i>et al.</i> (2018); Yasir <i>et al.</i> (2010)
Hidroxitirosol (piel y semilla)	Zaki <i>et al.</i> (2020)
Hidroxitirosol glucósido (semilla)	López-Cobo <i>et al.</i> (2016)
Pirogalol (piel y semilla)	Zaki <i>et al.</i> (2020)
Salidroside (semilla)	López-Cobo <i>et al.</i> (2016)



- Catecol: $R_1=OH$; $R_2=H$; $R_3=H$.
- Hidroxitirosol: $R_1=OH$; $R_2=CH_2OH$; $R_3=H$.
- Hidroxitirosol glucósido: $R_1=OH$; $R_2=CH_2CH_2-O\text{-glucósido}$; $R_3=H$.
- Pirogalol: $R_1=OH$; $R_2=H$; $R_3=OH$.
- Salidroside: $R_1=H$; $R_2=CH_2CH_2-O\text{-glucósido}$; $R_3=H$.

Del análisis de todas estas tablas sobre la composición química del árbol del aguacate podemos deducir que se han identificado del orden de 49 compuestos en piel, 44 en semilla, 36 en pulpa, 30 en hoja, y 4 en el grano. De los compuestos encontrados en la piel del aguacate, 3 son flavonas, 4 son flavanonas, 18 son flavonoles, 2 son flavan-3-oles, 9 son ácidos hidroxicinámicos, 8 son ácidos fenólicos, 2 son ácidos fenilacéticos, y 3 son fenoles. En cuanto a la semilla del aguacate, se han encontrado 3 flavonas, 3 flavanonas, 8 flavonoles, 3 flavan-3-oles, 1 antocianidina, 2 esteroides, 9 ácidos hidroxicinámicos, 8 ácidos fenólicos, 2 ácidos fenilacéticos, y 5 fenoles. Con respecto a la pulpa, 3 son flavonas, 1 es una flavanona, 5 son flavonoles, 1 es un dihidroflavonol, 2 son flavan-3-oles, 3 son

esteroides, 11 son ácidos hidroxicinámicos, 9 son ácidos fenólicos, y 1 es un ácido fenilacético. En hoja se han identificado: 5 flavonas, 13 flavonoles, 1 dihidroflavonol, 2 flavan-3-oles, 3 antocianidinas, y 6 ácidos dihidroxicinámicos; mientras que en grano, 2 son flavan-3-oles y otros 2 son ácidos hidroxicinámicos.

Se puede deducir claramente, a la vista de los artículos publicados hasta la fecha, que en la piel del aguacate y la hoja del árbol abundan los flavonoles, mientras que en la semilla y en la pulpa son más frecuentes los flavonoles, los ácidos hidroxicinámicos y los ácidos fenólicos.

Atendiendo a la información recogida en bibliografía, los compuestos fenólicos de utilidad en la conservación de alimentos, el espesamiento, como materia prima para películas termoplásticas y varias otras, son especialmente abundantes en piel y semilla de aguacate. Los flavonoides, los ácidos fenólicos y las proantocianidinas se encuentran entre los tipos más relevantes de compuestos fenólicos presentes en el fruto del aguacate [Salazar-López *et al.* (2020)].

Del mismo modo que para el árbol del mango, no existen trabajos publicados sobre la composición química de la madera procedente de la poda del árbol del aguacate, así como tampoco de la flor ni de la raíz.

8. REVISIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE *Annona cherimola* Mill.

En la tabla 8.1 se recogen los artículos correspondientes a estudios sobre compuestos fenólicos identificados en chirimoya, así como la parte estudiada en cada caso.

Tabla 8.1. Estudios sobre los compuestos fenólicos llevados a cabo en *Annona cherimola* Mill.

Parte estudiada de la planta	Referencia
Piel y hoja	Galarce-Bustos <i>et al.</i> (2020)
Piel y pulpa	Loizzo <i>et al.</i> (2012)
Pulpa, piel y semilla	García-Salas, Gómez-Caravaca, <i>et al.</i> (2015)
Pulpa, piel y semilla	García-Salas, Verardo, <i>et al.</i> (2016)
Tallo	Chung Yi <i>et al.</i> (1997)
Tallo	Chen <i>et al.</i> (1998)
Tallo	Chung Yi <i>et al.</i> (1999)
Hoja	Díaz-de-Cerio <i>et al.</i> (2018)

Hoja	Mannino <i>et al.</i> (2020)
Rama	Castro <i>et al.</i> (1999)

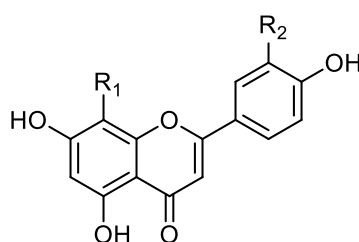
A continuación se recoge la bibliografía existente sobre la composición polifénolica de *Annona cherimola* Mill. organizada por familias de compuestos.

8.1. Flavonoides

Flavonas: Se han aislado 2 flavonas de *Annona cherimola* Mill. (Tabla 8.2).

Tabla 8.2. Flavonas identificadas en *Annona cherimola* Mill.

Compuesto	Referencia
Apigenina-8-C-glucósido (hoja)	Mannino <i>et al.</i> (2020)
Orientina (pulpa)	García-Salas, Gómez-Caravaca, <i>et al.</i> (2015)

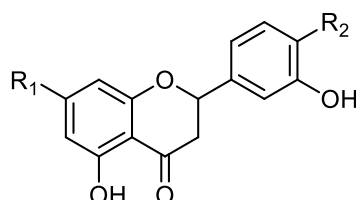


- Apigenina-8-C-glucósido: R_1 =glucósido; R_2 =H.
- Orientina: R_1 =glucósido; R_2 =OH.

Flavanonas: Se han aislado un total de 2 compuestos de este tipo en diferentes partes de la chirimoya (Tabla 8.3).

Tabla 8.3. Flavanonas identificadas en *Annona cherimola* Mill.

Compuesto	Referencia
Hesperidina (piel y semilla)	García-Salas, Gómez-Caravaca, <i>et al.</i> (2015)
Neoeriocitrina (semilla)	García-Salas, Gómez-Caravaca, <i>et al.</i> (2015)

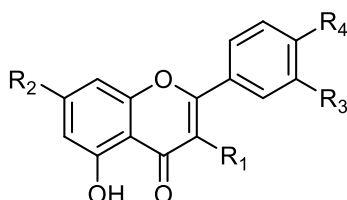


- Hesperidina: R_1 =O- α -L-ramnopiranosilo; R_2 =OCH₃
- Neoeriocitrina: R_1 =O- β -glucopiranosido; R_2 =OH.

Flavonoles: Se han aislado un total de 11 compuestos de este tipo en diferentes partes de la chirimoya (Tabla 8.4).

Tabla 8.4. Flavonoles identificados en *Annona cherimola* Mill.

Compuesto	Referencia
Canferol (hoja)	Díaz-de-Cerio <i>et al.</i> (2018)
Canferol-3-O- β -D-(6"-O-p-coumaroil)-galactopiranosido (hoja)	Díaz-de-Cerio <i>et al.</i> (2018)
Canferol-3-galactósido-7-ramnósido (hoja)	Mannino <i>et al.</i> (2020)
Canferol-3-O-glucósido (hoja)	Mannino <i>et al.</i> (2020)
Luteolina-3-glucósido-7-ramnósido (hoja)	Mannino <i>et al.</i> (2020)
Luteolina-3-glucósido-7-ramnósido (hoja)	Mannino <i>et al.</i> (2020)
Quercetina (piel y hoja)	Díaz-de-Cerio <i>et al.</i> (2018); Mannino <i>et al.</i> (2020)
Quercetina-3-O-glucósido (hoja)	Mannino <i>et al.</i> (2020)
Quercetina-3-O-rutinósido-7-O-glucósido (hoja)	Díaz-de-Cerio <i>et al.</i> (2018); Mannino <i>et al.</i> (2020)
Quercetina-3-O-rutinósido-7-O-pentósido (hoja)	Mannino <i>et al.</i> (2020)
Rutina (piel, semilla y hoja)	Díaz-de-Cerio <i>et al.</i> (2018); Mannino <i>et al.</i> (2020)



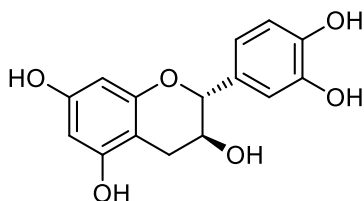
- Canferol: $R_1=R_2=OH$; $R_3=H$; $R_4=OH$.
- Canferol-3-O- β -D-(6"-O-p-coumaroil)-galactopiranosido: $R_1=(O-p-coumaroil)-galactopiranosido$; $R_2=OH$; $R_3=H$; $R_4=OH$.
- Canferol-3-galactósido-7-ramnósido: $R_1=galactósido$; $R_2=ramnósido$; $R_3=H$; $R_4=OH$.
- Canferol-3-O-glucósido: $R_1=O-\alpha-D-glucósido$; $R_2=O$; $R_3=H$; $R_4=O$.
- Luteolina-3-galactósido-7-ramnósido: $R_1=galactósido$; $R_2=ramnósido$; $R_3=R_4=OH$.
- Luteolina-3-glucósido-7-ramnósido: $R_1=glucósido$; $R_2=ramnósido$; $R_3=R_4=OH$.
- Quercetina: $R_1=R_2=R_3=R_4=OH$.
- Quercetina-3-O-glucósido: $R_1=O-\alpha-D-glucósido$; $R_2=R_3=R_4=OH$.
- Quercitina-3-O-rutinósido-7-O-glucósido: $R_1=O-rutinósido$; $R_2=O-\alpha-D-glucósido$; $R_3=OH$; $R_4=OH$.

- Quercitina-3-O-rutinósido-7-O-pentósido: R₁=O-rutinósido; R₂=O- α -D-pentósido; R₃=OH; R₄=OH.
- Rutina: R₁=diglucósido; R₂=OH; R₃=H; R₄=OH.

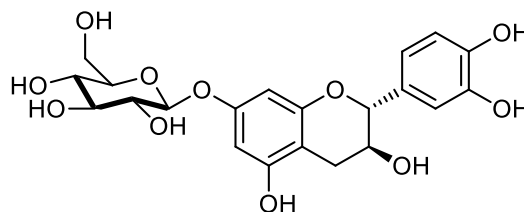
Flavan-3-ol: Se han aislado 3 compuestos de este tipo en diferentes partes de la chirimoya (Tabla 8.5).

Tabla 8.5. Flavan-3-oles identificados en *Annona cherimola* Mill.

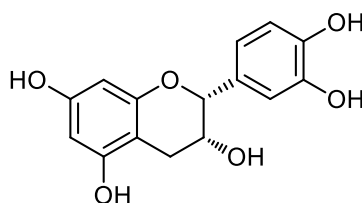
Compuesto	Referencia
Catequina (pulpa, piel, semilla y hoja)	Díaz-de-Cerio <i>et al.</i> (2018)
Catequina-7-O-glucósido (hoja)	Díaz-de-Cerio <i>et al.</i> (2018)
Epicatequina (pulpa, piel, semilla y hoja)	Díaz-de-Cerio <i>et al.</i> (2018)



Catequina



Catequina-7-O-glucósido



Epicatequina

8.2. Procianidinas

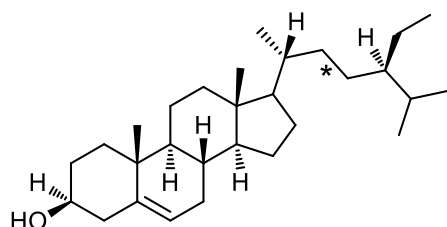
Se han identificado (a) dímeros de procianidinas tipo A, B, trímeros tipo B y tetrámeros tipo B de la piel; (b) dímeros, trímeros y tetrámeros de procianidinas tipo B de la pulpa; y (c) dímeros, trímeros de procianidinas tipo B de la semilla de *Annona Cherimola* Mill. [García-Salas, Gómez-Caravaca, *et al.* (2015)].

8.3. Esteroides y terpenos

Se han aislado 15 compuestos de este tipo en diferentes partes de la chirimoya (Tabla 8.6 y Tabla 8.7).

Tabla 8.6. Esteroides identificados en *Annona cherimola* Mill.

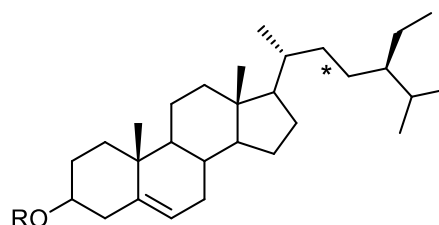
Compuesto	Referencia
Campesterol (pulpa, piel y semilla)	García-Salas, Verardo, et al. (2016)
Ergosterol (pulpa y piel)	García-Salas, Verardo, et al. (2016)
Estigmasta-4,22-dien-3-eno (tallo)	Chung Yi et al. (1997)
Estigmastanol (pulpa, piel y semilla)	García-Salas, Verardo, et al. (2016)
Estigmasterol (pulpa, piel, semilla y tallo)	Chung Yi et al. (1999); Mannino et al. (2020)
Estigmasterol-D-glucósido (tallo)	Chung Yi et al. (1999)
6 β -Hidroxiestigmasterona (tallo)	Chung Yi et al. (1997)
6 β -Hidroxi- β -sitosterona (tallo)	Chung Yi et al. (1997)
β -Sitostenona (tallo)	Chung Yi et al. (1997)
β -Sitosterol (pulpa, piel y tallo)	Chung Yi et al. (1999); Mannino et al. (2020)
γ -Sitosterol (pulpa y piel)	García-Salas, Verardo et al. (2016)
β -Sitosterol-D-glucósido (tallo)	Chung Yi et al. (1999)
6'-(β -Sitosteril-3-O- β -glucopiranosidilo)-hexadecanoato (tallo)	Chung Yi et al. (1999)



Campesterol

Estigmasterol:*=doble enlace

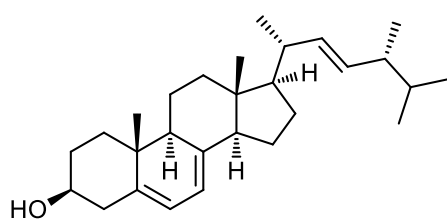
β -Sitosterol



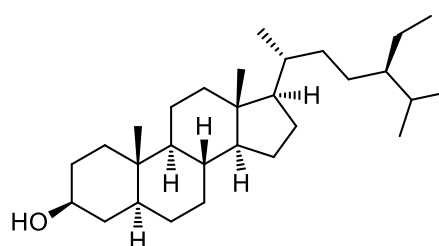
β -Sitosterol-D-glucósido: R= β -D-glucósido.

Estigmasterol-D-glucósido: R= β -D-glucósido; *=doble enlace.

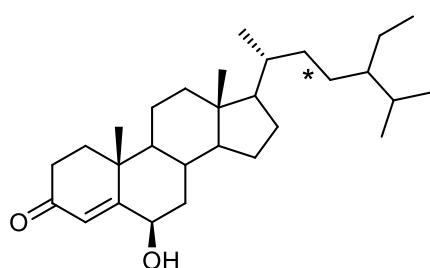
6'-(β -Sitosteril-3-O- β -glucopiranosidilo)-hexadecanoato: R= β -D-glucósido - hexadecanoato.



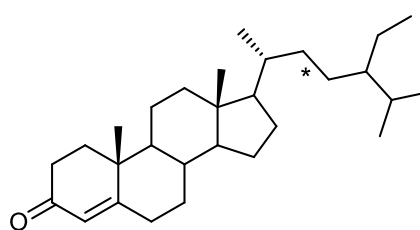
Ergosterol



Estigmatanol



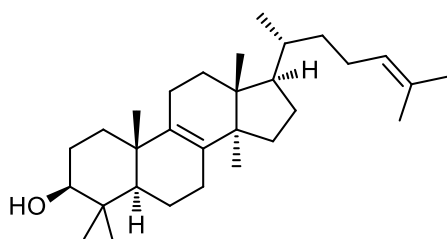
6β-Hidroxi-β-sitosterona
6β-Hidroxiestigmasterona



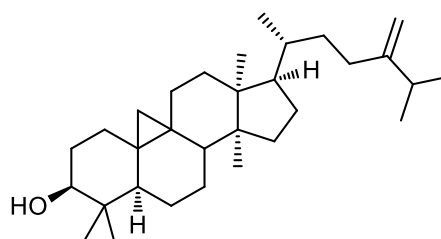
Estigmasta-4,22-dien-3-eno
β-Sitostenona

Tabla 8.7. Triterpenos identificados en *Annona cherimola* Mill.

Compuesto	Referencia
Lanosterol (pulpa, piel y semilla)	García-Salas, Verardo, et al. (2016)
24-Metilencicloartanol (semilla)	García-Salas, Verardo, et al. (2016)



Lanosterol



24-Metilencicloartanol

8.4. Fenilpropanoides, ácidos hidroxicinámicos y cumarinas

Se han aislado 3 compuestos de este tipo en diferentes partes de la chirimoya (Tabla 8.8).

Tabla 8.8. Fenilpropanoides identificados en *Annona cherimola* Mill.

Compuesto	Referencia
Ácido <i>p</i> -cumárico (hoja)	Díaz-de-Cerio et al. (2018)
Lariciresinol-glucopiranosido (piel y hoja)	Chen et al. (2001); Ediriweera et al. (2017)
Secoisolariciresinol-β-D-hexósido (pulpa, piel y hoja)	Chen et al. (2001); Ediriweera et al. (2017)

Los estudios químicos sobre este fruto (chirimoya) son comparativamente más escasos que los estudios sobre mango y aguacate. Del análisis de todas estas tablas sobre composición química del árbol del chirimoyo podemos deducir que se

han identificado del orden de 18 compuestos en hoja, 14 en piel, 11 en la pulpa, 10 en semilla, y 9 en el tallo. De los compuestos encontrados en la hoja del chirimoyo, 1 es una flavona, 11 son flavonoles, 3 son flavan-3-oles, y 3 fenilpropanoides. En cuanto a la piel de la fruta, se han encontrado 1 flavanona, 2 flavonoles, 2 flavan-3-oles, 6 esteroides, 1 triterpeno, y 2 fenilpropanoides. Con respecto a la pulpa de la fruta, 1 es una flavona, 2 son flavan-3-oles, 6 son esteroides, 1 es un triterpeno, y 1 es un fenilpropanoide. En las semillas se han identificado: 2 flavanonas, 1 flavonol, 2 flavan-3-oles, 3 esteroides, y 2 triterpenos; mientras que en el tallo todos son esteroides.

Se puede deducir claramente, a la vista de los artículos publicados hasta la fecha, que en la hoja del árbol de la chirimoya abundan los flavonoles, mientras que en la piel, en la pulpa, en la semilla y en el tallo son más frecuentes los esteroides.

Atendiendo a toda la información recogida en bibliografía, la piel de chirimoya representa un subproducto alimentario interesante que podría utilizarse como ingrediente en la industria de alimentos funcionales y/o farmacéutica [García-Salas, Gómez-Caravaca, *et al.* (2015)].

De igual modo que con los árboles del mango y del aguacate, no existen estudios de composición química de la madera procedente de la poda del árbol del chirimoyo, salvo un estudio sobre ramas [Castro *et al.* (1999)].

9. CONCLUSIONES

Una vez analizadas las tablas de composición química de los tres cultivos seleccionados en este TFG (capítulos 6, 7 y 8), puede concluirse que (a) la piel del mango posee un alto contenido en flavonoles, mientras que la semilla es una buena fuente de ácidos hidroxicinámicos; (b) la piel y semilla del aguacate es rica en flavonoides, ácidos fenólicos y proantocianidinas; (c) mientras que la piel de la chirimoya posee una considerable concentración de compuestos fenólicos en comparación con la pulpa y la semilla.

En cuanto a las partes más estudiadas de estos tres árboles, el fruto (piel, pulpa y semilla) destaca con diferencia, seguido de la hoja, y en menor frecuencia, la corteza, los tallos, y prácticamente en ningún caso, la madera completa procedente de la poda de estos tres frutales.

Ello significa que el estudio de la composición química de las maderas de los árboles del mango, aguacate y chirimoya podrían ser un buen objetivo a alcanzar en un

futuro trabajo de laboratorio, al tratarse de un material abundante y renovable, que podría contener interesantes productos bioactivos, como así sucede con otras partes de estos cultivos subtropicales implantados ya en Andalucía desde hace décadas.

10. BIBLIOGRAFÍA

- ABDALLA, A.E.M., DARWISH, S.M., AYAD, E.H.E. y EL-HAMAHMY, R.M. (2007): "Egyptian mango by-product 1. Compositional quality of mango seed kernel", *Food Chemistry*, 103(4), pp. 1134–1140.
- Agricultura. El cultivo del aguacate. 1ª parte.
https://infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/aguacate.htm (consultado el 13-06-2021).
- Agricultura. El cultivo del chirimoyo. 1ª parte.
https://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/chirimoyo.htm (consultado el 13-06-2021).
- Agricultura. El cultivo del mango. 1ª parte.
https://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/mango.htm (consultado el 13-06-2021).
- AMOR, N., BOUAZIZ, A., ROMERA-CASTILLO, C., SALIDO, S., LINARES-PALOMINO, P.J., BARTEGI, A., SALIDO, G.M. y ROSADO, J.A. (2007): "Characterization of the intracellular mechanisms involved in the antiaggregant properties of cinnamtannin B-1 from bay wood in human platelets", *Journal of Medical Chemistry*, 50(16), pp. 3937–3944.
- ANAYA-ESPARZA, L.M., GARCÍA-MAGAÑA, M.L., DOMÍNGUEZ-ÁVILA, J.A., YAHIA, E.M., SALAZAR-LÓPEZ, N.J., GONZÁLEZ-AGUILAR, G.A. y MONTALVO-GONZÁLEZ, E. (2020): "Annonas: Underutilized species as a potential source of bioactive compounds", *Food Research International*, 138, 109775.
- *Annona* - FNA <http://floranorthamerica.org/Annona> (consultado el 12-06-2021).
- ARAÚJO, R.G., RODRIGUEZ-JASSO, R.M., RUIZ, H.A., PINTADO, M. M.E. y AGUILAR, C.N. (2018): "Avocado by-products: nutritional and functional properties", *Trends Food Science Technology*, 80, pp. 51–60.
- ARGOTI, J.C., SALIDO, S., LINARES-PALOMINO, P.J., RAMÍREZ, B., INSUASTY, B. y ALTAREJOS, J. (2011): "Antioxidant activity and free radical-scavenging capacity of a selection of wild-growing Colombian plants", *Journal Science Food Agriculture*, 91(13), pp. 2399–2406.

- ASIF, A., FAROOQ, U., AKRAM, K., HAYAT, Z., SHAFI, A., SARFRAZ, F., Sidhu, M. A.I., REHMAN, H.U. y AFTAB, S. (2016): "Therapeutic potentials of bioactive compounds from mango fruit wastes", *Trends Food Science Technology*, 53, pp. 102–112.
- AZCÓN-BIETO, J. y TALÓN, M. (2003): *Fundamentos de fisiología vegetal* (2.^a edición).UB.
- BAHRU, T.B., TADELE, Z.H. y AJEBE, E.G. (2019): "A review on avocado seed: functionality, composition, antioxidant and antimicrobial properties", *Chemistry Science International Journal*, 27(2), pp. 1–10.
- BARRETO, J.C., TREVISAN, M.T.S., HULL, W.E. y ERBEN, G., DE BRITO, E.S., PFUNDSTEIN, B., WÜRTELE, G., SPIEGELHALDER, B. y OWEN, R.W. (2008): "Characterization and quantitation of polyphenolic compounds in bark, kernel, leaves, and peel of mango (*Mangifera Indica* L.)", *Journal Agriculture Food Chemistry*, pp. 5599–5610.
- BERARDINI, N., KNÖDLER, M., SCHIEBER, A. y CARLE, R. (2005): "Utilization of mango peels as a source of pectin and polyphenolics", *Innovative Food Science Emerging Technologies*, 6(4), pp. 442–452.
- BHUYAN, D.J., ALSHERBINY, M.A., PERERA, S., LOW, M., BASU, A., DEVI, O.A., BAROOAH, M.S., LI, C.G. y PAPOUTSIS, K. (2019): "The odyssey of bioactive compounds in avocado (*Persea americana*) and their health benefits", *Antioxidants*, 8(10), pp. 426.
- BOUAZIZ, A., ROMERA-CASTILLO, C., SALIDO, S., LINARES-PALOMINO, P.J., ALTAREJOS, J., BARTEGI, A., ROSADO, J.A. y SALIDO, G.M. (2007): "Cinnamtannin B-1 from bay wood exhibits antiapoptotic effects in human platelets", *Apoptosis*, 12(3), 489–498.
- CAMPÊLO, M.C.S., MEDEIROS, J.M.S. y SILVIA, J.B.A. (2019): "Natural products in food preservation ", *International Food Research Journal*, 26, pp. 41–46.
- CASTRO, M., CAUTÍN, R. y BIANCANI, L. (1999): "Evaluation of three disinfection protocols and three protocols for the use of anti-oxidants in in vitro cultivation of cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) and the quantitative determination of branch phenolic content", *Acta Horticulturae*, 497, pp. 303-307.
- CASTRO-LÓPEZ, C., BAUTISTA-HERNÁNDEZ, I., GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, M.D., MARTÍNEZ-ÁVILA, G.C.G., ROJAS, R., GUTIÉRREZ-DÍEZ, A., MEDINA-HERRERA, N. y AGUIRRE-ARZOLA, V.E. (2019): "Polyphenolic profile and

antioxidant activity of leaf purified hydroalcoholic extracts from seven Mexican *Persea americana* cultivars", *Molecules*, 24(1), pp. 16-18.

- CASTRO-VARGAS, H.I., VIVAS, D.B., BARBOSA, J.O., MEDINA, S.J.M., GUTIÉRREZ, F.A. y PARADA-ALFONSO, F. (2019): "Bioactive Phenolic Compounds from the Agroindustrial Waste of Colombian Mango Cultivars 'Sugar Mango' and 'Tommy Atkins'—An Alternative for Their Use and Valorization", *Antioxidants*, 8(2), pp. 1–19.
- CHEN, C.Y., CHANG, F.R., PAN, W.BIN y WU, Y.C. (2001): "Four alkaloids from *Annona cherimola*", *Phytochemistry*, 56(7), pp. 753–757.
- CHEN, C.Y., WU, T.Y., CHANG, F.R. y WU, Y.C. (1998): "Lignans and kauranes from the stems of *Annona cherimola*", *Journal Chinese Chemistry Society*, 45(5), pp. 629–634.
- CHUNG YI, C., FANG RONG, C., CHE MING, T. y YANG CHANG, W. (1999): "Cheritamine, a new N-fatty acyl tryptamine and other constituents from the stems of *Annona cherimola*", *Journal Chinese Chemistry Society*, 46(1), pp. 77–86.
- CHUNG YI, C., FANG RONG, C. y YANG CHANG, W. (1997): "The Constituents from the stems of *Annona cherimola*", *Journal Chinese Chemistry Society*, 44(3), pp. 313–319.
- Clasificación y propiedades de los alimentos
<http://saludybuenosalimentos.es/alimentos/> (consultado el 13-06-2021).
- DA SILVA, A.C. y NEUZA. (2017): "Bioactive compounds of oils extracted from fruits seeds obtained from agroindustrial waste", *European Journal Lipid Science Technology*, 119(4), pp. 1–5.
- DENG, G., SHEN, C., XU, X., KUANG, R. y GUO, Y. (2012): "Potential of fruit wastes as natural resources of bioactive compounds", *International Journal Molecular Science*, 13(7), pp. 8308–8323.
- DÍAZ-DE-CERIO, E., AGUILERA-SAEZ, L.M., GÓMEZ-CARAVACA, A.M., VERARDO, V., FERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ, A., FERNÁNDEZ, I. y ARRÁEZ-ROMÁN, D. (2018): "Characterization of bioactive compounds of *Annona cherimola* L. leaves using a combined approach based on HPLC-ESI-TOF-MS and NMR", *Analytical Bioanalytical Chemistry*, 410(15), pp. 3607–3619.
- EDIRIWEERA, M.K., TENNEKOON, K.H. y SAMARAKOON, S.R. (2017): "A review on ethnopharmacological applications, pharmacological activities, and bioactive compounds of *Mangifera indica* (Mango)", *Evidence Based Complementary*

Alternative Medicine, 2017, 6949835.

- FIGUEROA, J.G., BORRÁS-LINARES, I., LOZANO-SÁNCHEZ, J., QUIRANTES-PINÉ, R. y SEGURA-CARRETERO, A. (2018): "Optimization of drying process and pressurized liquid extraction for recovery of bioactive compounds from Avocado peel by-product", *Electrophoresis*, 39(15), pp. 1908–1916.
- GALARCE-BUSTOS, O., FERNÁNDEZ-PONCE, M.T., MONTES, A., PEREYRA, C., CASAS, L., MANTELL, C. y ARANDA, M. (2020): "Usage of supercritical fluid techniques to obtain bioactive alkaloid-rich extracts from Cherimoya peel and leaves: extract profiles and their correlation with antioxidant properties and acetylcholinesterase and α -glucosidase inhibitory activities", *Food Function*, 11(5), pp. 4224–4235.
- GARCÍA-SALAS, P., GÓMEZ-CARAVACA, A.M., MORALES-SOTO, A., SEGURA-CARRETERO, A. y FERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ, A. (2015): "Identification and quantification of phenolic and other polar compounds in the edible part of *Annona cherimola* and its by-products by HPLC-DAD-ESI-QTOF-MS", *FRIN*, 78(2015), pp. 246–257.
- GARCÍA-SALAS, P., VERARDO, V., GORI, A., CABONI, M.F., SEGURA-CARRETERO, A. y FERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ, A. (2016): "Determination of lipid composition of the two principal Cherimoya cultivars grown in Andalusian region", *LWT - Food Science Technology*, 65, pp. 390–397.
- GONÇALVES ALBURQUERQUE, T., SANTOS, F., SANCHES-SILVIA, A., OLIVEIRA, M.B., BENTO, A.C. y COSTA, H.S. (2016): "Nutritional and phytochemical composition of *Annona cherimola* Mill. Fruits and by-products: potential health benefits", *Food Chemistry*, 193, pp. 187–195.
- GONDI, M., BASHA, S.A., BHASKAR, J.J., SALIMATH, P.V. y PRASADA RAO, U.J. S. (2015): "Anti-diabetic effect of dietary mango (*Mangifera Indica* L.) peel in streptozotocin-induced diabetic rats", *Journal Science Food Agriculture*, 95(5), pp. 991–999.
- HURTADO-FERNÁNDEZ, E., GÓMEZ-ROMERO, M., PACCHIAROTTA, T., MAYBORODA, O.A., CARRASCO-PANCORBO, A. y FERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ, A. (2014): "Determination of Avocado fruit metabolites by UHPLC–MS", *Ultra Performance Liquid Chromatography Mass Spectrometry*, 2014, pp. 175-212.
- KAMARAJ, M., DHANA RANGESH KUMAR, V., NITHYA, T.G. y DANYA, U. (2020): "Assessment of antioxidant, antibacterial activity and phytoactive compounds of

aqueous extracts of Avocado fruit peel from Ethiopia", *International Journal Peptide Research Therapeutics*, 26(3), pp. 1549–1557.

- KHAN, N., KHUSHTAR, M., AHMAD, N., HASAN, N. y KHAN, Z. (2017): "Nutritional importance and pharmacological activity of *Mangifera indica*", *World Journal Pharmaceutical Science.*, 6(05), pp. 258–273.
- KOSINSKA, A., KARAMAC, M., ESTRELLA, I., HERNÁNDEZ, T., BARTOLOMÉ, B. y DYKES, G.A. (2012): "Phenolic compound profiles and antioxidant capacity of *Persea americana* Mill. Peels and Seeds of Two Varieties", *Journal Agriculture Food Chemistry*, 60(18), pp. 4613–4619.
- KUMORO, A.C., ALHANIF, M. y WARDHANI, D.H. (2020): "A critical review on tropical fruits seeds as prospective sources of nutritional and bioactive compounds for functional foods development: a case of Indonesian exotic fruits", *International Journal Food Science*, 2020(2017), 4051475.
- LOIZZO, M.R., TUNDIS, R., BONESI, M., MENICHINI, F., MASTELLONE, V., AVALLONE, L. y MENICHINI, F. (2012): "Radical scavenging, antioxidant and metal chelating activities of *Annona cherimola* Mill. (Cherimoya) peel and pulp in relation to their total phenolic and total flavonoid contents", *Journal Food Composition Analysis*, 25(2), pp. 179–184.
- LÓPEZ-COBO, A., GÓMEZ-CARAVACA, A.M., PASINI, F., CABONI, M.F., SEGURA-CARRETERO, A. y FERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ, A. (2016): "HPLC-DAD-ESI-QTOF-MS and HPLC-FLD-MS as valuable tools for the determination of phenolic and other polar compounds in the edible part and by-products of Avocado", *LWT - Food Science Technology*, 73, pp. 505–513.
- MAMBANZULUA NGOMA, P., HILIGSMANN, S., SUMBU ZOLA, E., CULOT, M., FIEVEZ, T. y THONART, P. (2015): "Comparative study of the methane production based on the chemical compositions of *Mangifera indica* and manihot utilisima leaves", *Springerplus*, 4(1), pp. 1–12.
- MANNINO, G., GENTILE, C., PORCU, A., AGLIASSA, C., CRADONNA, F. y MARGHERITA BERTEA, C. (2020): "Chemical profile and biological activity of cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) and Atemoya (*Annona atemoya*) leaves", *Molecules*, 25(11), 2612.
- MELGAR, B., DIAS, M.I., CIRIC, A., SOKOVIC, M., GARCIA-CASTELLO, E.M., RODRIGUEZ-LOPEZ, A.D., BARROS, L. y FERREIRA, I.C.R.F. (2018): "Bioactive characterization of *Persea americana* Mill. by-products: a rich source of inherent

- antioxidants", *Industrial Crops Products*, 111(2017), pp. 212–218.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación <https://www.mapa.gob.es/es/> (consultado el 12-06-2021).
 - Ministerio-Material vegetal- [magrama.gob.es https://www.mapa.gob.es/app/MaterialVegetal/fichaMaterialVegetal.aspx?idFicha=2738](https://www.mapa.gob.es/app/MaterialVegetal/fichaMaterialVegetal.aspx?idFicha=2738) (consultado el 13-06-2021).
 - MWAURAH, P.W., KUMAR, S., KUMAR, N., PANGHAL, A., ATTKAN, A.K., SINGH, V.K. y GARG, M.K. (2020): "Physicochemical characteristics, bioactive compounds and industrial applications of mango kernel and its products: a review", *Comprehensive Reviews Food Science Food Safety*, 19(5), pp. 2421–2446.
 - NÚÑEZ SELLÉS, A.J., VÉLEZ CASTRO, H.T., AGÜERO- AGÜERO, J., GONZÁLEZ- GONZÁLEZ, J., NADDEO, F., DE SIMONE, F. y RASTRELLI, L. (2002): "Isolation and quantitative analysis of phenolic antioxidants, free sugars, and polyols from mango (*Mangifera indica* L.) stem bark aqueous decoction used in Cuba as a nutritional supplement", *Journal Agriculture Food Chemistry*, 50(4), pp. 762–766.
 - ORDÓÑEZ-TORRES, A., TORRES-LEÓN, C., HERNÁNDEZ-ALMANZA, A., FLORES-GUÍA, T., LUQUE-CONTRERAS, D., AGUILAR, C.N. y ASCACIO-VALDÉS, J. (2021): "Ultrasound-microwave-assisted extraction of polyphenolic compounds from Mexican "Ataulfo" mango peels: antioxidant potential and identification by HPLC/ESI/MS", *Phytochemical Analysis*, 32(4), pp. 495–502.
 - ORTEGA-VIDAL, J., COBO, A., ORTEGA-MORENTE, E., GÁLVEZ, A., ALEJO-ARMIJO, A., SALIDO, S. y ALTAREJOS, J.(2021): "Antimicrobial and antioxidant activities of flavonoids isolated from wood of sweet cherry tree (*Prunus avium* L.)", *Journal Wood Chemistry Technology*, 41(2–3), pp. 104–117.
 - PAN, J., YI, X., ZHANG, S., CHENG, J., WANG, Y., LIU, C. y HE, X. (2018): "Bioactive phenolics from mango leaves (*Mangifera indica* L.)", *Industrial Crops Products*, 111(2017), pp. 400–406.
 - PÉREZ-BONILLA, M., SALIDO, S., VAN BEEK, T.A. y ALTAREJOS, J. (2014): "Radical-scavenging compounds from olive tree (*Olea Europaea* L.) Wood", *Journal Agriculture Food Chemistry*, 62(1), pp. 144–151.
 - PÉREZ-BONILLA, M., SALIDO, S., VAN BEEK, T.A., LINARES-PALOMINO, P.J., ALTAREJOS, J., NOGUERAS, M. y SÁNCHEZ, A. (2006): "Isolation and identification of radical scavengers in olive tree (*Olea Europaea*) Wood", *Journal*

Chromatography A, 1112(1–2), pp. 311–318.

- PÉREZ-BONILLA, M., SALIDO, S., VAN BEEK, T.A., WAARD, P., LINARES-PALOMINO, P.J., SÁNCHEZ, A. y ALTAREJOS, J. (2011): "Isolation of antioxidative secoiridoids from olive wood (*Olea Europaea* L.) guided by on-line HPLC-DAD-radical scavenging Detection", *Food Chemistry*, 124(1), pp. 36–41.
- PERMAL, R., LEONG CHANG, W., SEALE, B., HAMID, N. y KAM, R. (2020): "Converting industrial organic waste from the cold-pressed Avocado oil production line into a potential food Preservative", *Food Chemistry*, 306, 125635.
- Persea - FNA <http://floranorthamerica.org/Persea> (consultado el 12-06-2021).
- RAMÍREZ, J.E., ZAMBRANO, R., SEPÚLVEDA, B. y SIMIRGIOTIS, M.J. (2014): "Antioxidant properties and hyphenated HPLC-PDA-MS profiling of chilean pica mango fruits (*Mangifera indica* L. Cv. Piqueño)", *Molecules*, 19(1), pp. 438–458.
- RANADE, S.S. y THIAGARAJAN, P. (2015): "A review on *Persea americana* Mill. (Avocado)- its fruit and oil", *International Journal PharmTech Research*, 8(6), pp. 72–77.
- RIBEIRO, S.M.R. y SCHIEBER, A. (2010): "Bioactive compounds in mango (*Mangifera indica* L.)", *Bioactive Foods Promoting Health*, 2010, pp. 507–523.
- RUALES, J., BAENAS, N., MORENO, D.A., STINCO, C.M., MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A.J. y GARCÍA-RUIZ, A. (2018): "Biological active ecuadorian mango 'Tommy atkins' ingredients an opportunity to reduce agrowaste", *Nutrients*, 10(9), pp. 1–14.
- SAFDAR, M.N., KAUSAR, T. y NADEEM, M. (2017): "Comparison of ultrasound and maceration techniques for the extraction of polyphenols from the mango peel", *Journal Food Processing Preservation*, 41(4), 13028.
- SALAZAR-LÓPEZ, N.J., DOMÍNGUEZ-AVILA, J.A., YAHIA, E.M., BELMONTE-HERRERA, B.H., WALL-MEDRANO, A., MONTALVO-GONZÁLEZ, E. y GONZÁLEZ-AGUILAR, G.A. (2020): "Avocado fruit and by-products as potential sources of bioactive compounds", *Food Research International*, 138, 109774.
- SALIDO, S., PÉREZ-BONILLA, M., ADAMS, R.P. y ALTAREJOS, J. (2015): "Phenolic components and antioxidant activity of wood extracts from 10 main Spanish olive cultivars", *Journal Agriculture Food Chemistry*, 63(29), pp. 6493–6500.
- SUN, J., LI, L., YOU, X., LI, C., ZHANG, E., LI, Z., CHEN, G. y PENG, H. (2011): "Phenolics and polysaccharides in major tropical fruits: chemical compositions, analytical methods and bioactivities", *Analytical Methods*, 3(10), pp. 2212–2220.
- VEERANJANEYA REDDY, L., YOUNG JUNG, W., WEIBING, Y. y MALLIKARJUNA,

- K. (2021): "Nutritional composition and bioactive compounds in three different parts of mango fruit", *International Journal Environmental Research Public Health*, 18(2), pp. 1–20.
- WIDSTEN, P., CRUZ, C.D., FLETCHER, G.C., PAJAK, M.A. y MCGHIE, T.K. (2014): "Tannins and extracts of fruit byproducts: antibacterial activity against foodborne bacteria and antioxidant capacity", *Journal Agriculture Food Chemistry*, 62(46), pp. 11146–11156.
 - YAMASSAKI, F.T., CAMPESTRINI, L.H., ZAWADZKI-BAGGIO, S.F. y MAURER, J.B.B. (2017): "Avocado leaves: influence of drying process, thermal incubation, and storage conditions on preservation of polyphenolic compounds and antioxidant activity", *International Journal Food Properties*, 20, pp. 2280–2293.
 - YASIR, M., DAS, S. y KHARYA, M.D. (2010): "The phytochemical and pharmacological profile of *Persea americana* Mill", *Pharmacognosy Reviews*, 4(7), pp. 77–84.
 - ZAKI, S.A.E.H., ISMAIL, F.A.E.A., ABDELATIF, S.H., EL-MOHSEN, N.R.A. y HELMY, S.A. (2020): "Bioactive compounds and antioxidant activities of Avocado peels and seeds", *Pakistan Journal Biology Science*, 23(3), pp. 345–350.
 - ZUIN, V.G. y RAMIN, L.Z. (2018): "Green and Sustainable Separation of Natural Products from Agro-Industrial Waste: Challenges, Potentialities, and Perspectives on Emerging Approaches", *Topics Current Chemistry*, 376(1), pp. 1–54.