



# Composición química, capacidad antioxidante y actividad antiinflamatoria de los frutos de *Mimusops coriacea* (A.DC) Mig (*Sapotaceae*) que crece en Ecuador

[Chemical composition, antioxidant capacity and anti-inflammatory activity of the fruits of *Mimusops coriacea* (A.DC) Mig (*Sapotaceae*) that grows in Ecuador]

Katherine E. Bustamante Pesantes<sup>1</sup>; Yamilet I. Gutiérrez Gaitén<sup>2</sup>; Iván A. Chóez Guaranda<sup>3</sup>; Migdalia Miranda Martínez<sup>3,4\*</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Farmacia. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad de Guayaquil. Ciudadela Universitaria "Salvador Allende". Ave. Kennedy S/N y Av. Delta. Guayaquil. Ecuador.

<sup>2</sup>Departamento de Farmacia, Instituto de Farmacia y Alimentos, Universidad de La Habana, Coronela, Lisa, Habana 13600, Cuba.

<sup>3</sup>Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador. Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL. Campus Gustavo Galindo Km. 30.5 Vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador.

<sup>4</sup>Departamento de Ciencias Químicas y Ambientales. Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL. Campus Gustavo Galindo Km. 30.5 Vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador.

\*E-mail: [mgmiran@espol.edu.ec](mailto:mgmiran@espol.edu.ec)

## Abstract

**Context:** *Mimusops coriacea* (*Sapotaceae*) is traditionally used to treat inflammation of the urethra, cystitis, diarrhea, and dysentery, among others. In Ecuador it is used as an analgesic and anti-inflammatory, however the phytochemical and pharmacological information is scarce.

**Aims:** To evaluate the chemical composition, antioxidant capacity and anti-inflammatory activity of the *M. coriacea* fruits in two stages of ripening.

**Methods:** An extraction with hexane by Soxhlet of the oils of the seeds of green and mature fruits was carried out. Saponifiable and unsaponifiable fractions were analyzed by Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS). Hydroalcoholic extracts were obtained by maceration from the green and ripe whole fruits and were tested by Liquid Chromatography-Mass Spectrometry (LC-MS). Antioxidant capacity by FRAP, DPPH and ABTS and anti-inflammatory activity using the plantar edema model by carrageenan were evaluated.

**Results:** In the saponifiable fractions, four fatty acids were identified (majority 9-octadecenoic acid) and in the unsaponifiable ones four compounds were assigned to green fruits and nine to mature fruits, the majority being squalene and urs-12-en-24-oico, 3-oxo-methyl ester, respectively. By LC-MS 31 compounds were identified, associated with phenolic compounds and triterpenic saponins. The extracts showed Fe<sup>3+</sup> reducing capacity and antiradical activity, the green fruit extract was the most active (IC<sub>50s</sub> = 4.99 µg/mL and 246.80 µg/mL, DPPH and ABTS, respectively). The anti-inflammatory activity of the extracts was demonstrated with inhibition percentages greater than 50% by using indomethacin as reference drug.

**Conclusions:** The results provide the first findings of the phytochemical and bioactive potential of the *M. coriacea* species that grows in Ecuador.

**Keywords:** anti-inflammatory activity; antioxidant activity; GC-MS; LC-MS; *Mimusops coriacea*.

## Resumen

**Contexto:** *Mimusops coriacea* (*Sapotaceae*) se emplea tradicionalmente para el tratamiento de la inflamación de la uretra, cistitis, diarreas y disentería, entre otros. En Ecuador se utiliza como analgésico y antiinflamatorio, sin embargo, la información fitoquímica y farmacológica es escasa.

**Objetivos:** Evaluar la composición química, la capacidad antioxidante y la actividad antiinflamatoria de los frutos de *M. coriacea* en dos estados de maduración.

**Métodos:** Se realizó una extracción por Soxhlet, con hexano, de los aceites de las semillas de frutos verdes y maduros. Las fracciones saponificables e insaponificables fueron analizadas por CG-EM. Se obtuvieron extractos hidroalcohólicos por maceración a partir de los frutos completos verdes y maduros y se ensayaron por CL-EM. Se evaluó la capacidad antioxidante por FRAP, DPPH y ABTS y la actividad antiinflamatoria mediante el modelo de edema plantar por carragenina.

**Resultados:** En las fracciones saponificables se identificaron cuatro ácidos grasos (ácido 9-octadecenoico mayoritario) y en las insaponificables se asignaron cuatro compuestos a los frutos verdes y nueve a los frutos maduros, siendo los mayoritarios el escualeno y el ácido urs-12-en-24-oico, 3-oxo-metil éster, respectivamente. Se identificaron 31 compuestos por CL-EM, asociados a compuestos fenólicos y saponinas triterpénicas. Los extractos mostraron capacidad reductora de Fe<sup>3+</sup> y actividad antirradicalaria, el extracto de fruto verde fue el más activo (CI<sub>50s</sub> = 4,99 µg/mL y 246,80 µg/mL, DPPH y ABTS, respectivamente). Se demostró la actividad antiinflamatoria de los extractos con porcentajes de inhibición superiores al 50% utilizando la indometacina como fármaco de referencia.

**Conclusiones:** Los resultados brindan los primeros hallazgos del potencial fitoquímico y bioactivo de la especie *M. coriacea* que crece en Ecuador.

**Palabras Clave:** actividad antiinflamatoria; actividad antioxidante; CG-EM, CL-EM, *Mimusops coriacea*.

## ARTICLE INFO

Received: July 31, 2020.

Received in revised form: September 21, 2020.

Accepted: September 26, 2020.

Available Online: October 7, 2020.

## AUTHOR INFO

ORCID: 0000-0002-3108-9736 (KEBP);

0000-0002-8885-4849 (YIGG);

0000-0003-2603-9491 (IACG);

0000-0002-6728-1818 (MMM)



---

## INTRODUCCIÓN

---

*Mimusops coriacea* (AD.C.) Miq es una especie que se ha cultivado ampliamente en los trópicos durante siglos. Esta es nativa solo de Madagascar y las Islas Comoras (Database of Tropical Plants, 2019). En Ecuador no existe un inventario de la distribución de esta especie, pero se plantea que presenta una abundancia restringida en las regiones costeras y en la Amazonía, en zonas de suelos bien drenados y clima lluvioso, compartiendo su hábitat con otras especies de árboles, algunos de ellos de la familia *Sapotaceae* (Jørgensen y León-Yáñez, 1999; Pennigton, 2007)

La especie se emplea con fines medicinales. Los tallos en decocción son tónicos, febrífugos, se usan en el tratamiento de la inflamación de la uretra (Baliga et al., 2011), cistitis, diarreas y disentería (Semenya et al., 2012). En Ecuador, la especie se utiliza como analgésico y antiinflamatorio (Erazo, 2010).

Para el género *Mimusops* se informan diferentes propiedades farmacológicas que incluyen antioxidantes (Gillani y Shahwar, 2017), antiinflamatorias (Konuku et al., 2017), antimicrobianas (Kiran Kumar et al., 2014) e hipoglucemiante (Saradha et al., 2014).

Siendo *M. coriacea* una especie medicinal importante en Ecuador, poco se sabe sobre su composición química y actividad farmacológica, no existen publicaciones en el país ni en la literatura consultada, lo que hace novedosa esta investigación. Este trabajo se propone como objetivo evaluar la composición química, la capacidad antioxidante y la actividad antiinflamatoria de los frutos de esta especie en dos estados de maduración.

---

## MATERIALES Y MÉTODOS

---

### Material vegetal

La recolección de *Mimusops coriacea* se realizó en los meses de febrero y agosto de 2019 en una vegetación natural protegida del Jardín Botánico, ubicada en un cinturón altitudinal entre 50 y 200 msnm, en la zona Norte de la ciudadela "Las Or-

quídeas" Av. Francisco de Orellana, en las cumbres del Cerro Colorado, ciudad de Guayaquil, provincia del Guayas - Ecuador, con las coordenadas 02°12'13.6800"S, 079°53'50.6400"O.

Se utilizaron plantas adultas de aproximadamente 30 m de altura, con flores y frutos. Una muestra se herborizó en el Herbario GUAY de la Facultad de Ciencias Naturales en la Universidad de Guayaquil con la clave 13111. Se realizó también la caracterización genética de la especie (Bustamante et al., 2019).

De las colectas se emplearon los frutos completos verdes y maduros, los cuales fueron lavados con agua potable y de una parte se extrajeron las semillas. Todo el material se secó en estufa marca Mettler Toledo a 40°C, hasta peso constante. Las muestras secas se trituraron en un molino artesanal manual de cuchillas y se guardaron en frascos de cristal de color ámbar hasta su uso.

### Estudio químico de las semillas

#### *Extracción de los aceites*

La extracción de los aceites se realizó por Soxhlet, a partir de 20 g de semillas y 200 mL de hexano (Merck), con un tiempo de extracción de dos horas.

Los extractos hexánicos se destilaron en evaporador rotatorio Heildoph Laborato modelo 4001 efficient HB digital a presión reducida, 50 rpm y temperatura de 40°C. Los residuos se pesaron para calcular el rendimiento.

#### *Saponificación de los aceites y metilación de los ácidos grasos*

Los aceites fueron saponificados de forma independiente (Bombón y Albuja, 2014). Se empleó NaOH (Sigma-Aldrich) 1 N en etanol, éter dietílico (Merck), ácido clorhídrico concentrado y sulfato de sodio anhidro (Sigma-Aldrich).

Para la metilación de los ácidos grasos se empleó una relación molar metanol/aceite de 11,66:1, y se añadió 1,5% en peso de la fracción de NaOH.

La mezcla se agitó a temperatura de 35°C durante 3 minutos. (Salimon et al., 2014)

#### *Análisis por Cromatografía Gaseosa-Espectrometría de Masas (CG-EM)*

Las fracciones de los compuestos saponificables metilados, y las insaponificables, se analizaron en un cromatógrafo de gases Agilent 7890A acoplado a espectrómetro de masas Agilent 5975C con fuente de ionización con impacto electrónico y analizador de simple cuádruplo. Temperatura del inyector: 280°C, volumen de inyección 2 µL, gas portador helio a 1 mL/min. Las condiciones de trabajo fueron: columna HP-5, 5% Phenyl Methyl Siloxan de 30 m × 0,30 mm × 0,25 µm, temperatura inicial: 150°C por 4 minutos incrementando 2°C/ min hasta 300°C por 2 min. Tiempo de análisis: 79 min. Espectrómetro de masas operado a 70 eV en modo *full scan* desde 50 hasta 600 unidades de masas. Temperatura de la fuente 230°C, temperatura del cuadrupolo 150°C. Los compuestos se identificaron mediante la comparación de sus espectros de masas y la referencia de masa de Wiley 9<sup>th</sup> con NIST 2011 MS Library tomando en cuenta aquellos con un porcentaje de similitud del 95% o superior (Valdez et al., 2019).

#### **Estudio químico de los frutos**

La mezcla de cáscaras, semillas y pulpas de los frutos verdes y maduros se extrajeron por maceración durante 7 días, a temperatura ambiente, con etanol (Sigma-Aldrich) al 80% en agua destilada. Los extractos se concentraron a sequedad y redisolviéron en metanol (HPLC Merck) para su análisis por Cromatografía Líquida-Espectrometría de Masas (CL-EM).

#### *Análisis por Cromatografía Líquida-Espectrometría de Masas (CL-EM)*

Se disolvieron 10 mg de extracto seco en 1 mL de metanol grado CLAR en un vial eppendorf de 2 mL. El vial se colocó en baño ultrasónico (1-3 min) y se filtró empleando jeringuilla estéril (3 mL) con filtro Titan 3 de 0,20 µm. El filtrado se transfirió directamente a viales CLAR de vidrio (2 mL).

El análisis CL-DAD-EM se realizó con un sistema "UPLC" (Thermo Scientific) con una bomba cuaternaria Dionex ultimate 3000 RS LC, auto muestreador Dionex ultimate 3000 RS, detector de arreglo de diodos Dionex Ultimate 3000 RS y espectrómetro de masas de trampa lineal de iones LTQ XL, equipado con el software Xcalibur 3.1.

Las separaciones se realizaron en una columna Accucore RP-MS (100 mm × 2,1 mm, 2,6 µm, Thermo Scientific) protegida por una precolumna (4 mm × 2 mm). La elución se realizó a un flujo de 0,4 mL/min y el volumen de inyección fue de 2 µL. La fase móvil estuvo constituida por acetonitrilo (Merck, disolvente A) y ácido fórmico (Merck, 0,1 %, disolvente B), modo gradiente.

El análisis de masas se realizó con una interfase "ESI" modo negativo. Los datos se adquirieron en el modo "Full Scan" (rango de *m/z* 100 a 1800). Los parámetros instrumentales fueron: temperatura de capilar 225°C; voltaje del capilar -50 V; voltaje del spray 5 Kv; flujo del gas principal 34 (nitrógeno gas, unidades arbitrarias); flujo del gas auxiliar 5 y flujo del gas de barrido 3. El archivo de sintonía se optimizó con una infusión directa de una disolución de quercetina con una concentración de 10 µg/mL.

#### *Capacidad antioxidante*

Se evaluaron los extractos hidroalcohólicos de los frutos completos verdes y maduros. Todos los reactivos empleados fueron de la compañía Merck.

#### *Determinación del potencial de reducción total (FRAP)*

La determinación de FRAP se realizó según el procedimiento descrito por Benzie y Strain (1996), sin realizar modificaciones. Fueron empleados extractos hidroalcohólicos de los frutos verde y maduro a las concentraciones de 0,75; 2; 6; 10 y 12,5 µg/mL. Cada determinación se llevó a cabo por triplicado en un espectrofotómetro UV-visible (Rayleigh UV-1601, China).

Los resultados fueron expresados como µmol equivalentes de ácido ascórbico (EAA) y µmol equivalentes de FeSO<sub>4</sub>, a partir del cálculo interpolando la densidad óptica (D.O) de las muestras en las curvas de calibración de ambas sustancias de

referencia a las concentraciones de 100, 200, 400, 800 y 1000  $\mu\text{M}$ . Las lecturas se realizaron por triplicado a los cuatro minutos.

#### *Determinación de la capacidad secuestradora del radical DPPH*

Para la determinación de la capacidad secuestradora de DPPH se siguieron estrictamente los procedimientos descritos por Brand-Williams et al. (1995) y Kedare y Singh (2011). Se emplearon extractos hidroalcohólicos de los frutos verde y maduro de *M. coriácea* a las concentraciones de 2; 6; 10; 15 y 20  $\mu\text{g}/\text{mL}$ . Cada determinación se llevó a cabo por triplicado en un espectrofotómetro UV-visible (Rayleigh UV-1601, China).

Los resultados fueron expresados como porcentaje de inhibición del radical DPPH según la fórmula [1]:

$$\% \text{ de inhibición del radical DPPH} = [(Ab - Am) / Ab] \times 100 \quad [1]$$

Donde:

Ab: absorbancia del blanco (nm)

Am: absorbancia de la muestra (nm)

Se determinó la concentración inhibitoria media ( $\text{IC}_{50}$ ) (valor de concentración al cual se alcanza el 50% de inhibición del efecto máximo de secuestro de DPPH), a través de un gráfico de % de inhibición contra concentración de los extractos y sustancias de referencia, con ayuda del programa estadístico Graphprism 5.0. Valores cercanos a 20  $\mu\text{g}/\text{mL}$  se consideraron de interés.

#### *Determinación de la capacidad secuestradora del radical ABTS•+*

La determinación de la capacidad secuestradora del radical ABTS•+ se desarrolló según lo propuesto por Re et al. (1999) y Arnao et al. (2001), sin cambios en la metodología. Se mezclaron 980  $\mu\text{L}$  de la solución de ABTS radicalico con 20  $\mu\text{L}$  de los extractos ensayados y la sustancia de referencia (ácido ascórbico) a las concentraciones de 100, 200, 300, 500 y 600  $\mu\text{g}/\text{mL}$ . Se incubó por 30 min para su posterior lectura a 734 nm en un espectrofotómetro UV-visible. Cada determinación se llevó a cabo por triplicado en un espectrofotómetro UV-visible (Rayleigh UV-1601, China).

Los resultados se expresaron como porcentaje de inhibición del radical ABTS•+ según la fórmula [2]:

$$\% \text{ de inhibición} = [A_{734} (\text{ABTS}) - A_{734} (\text{antioxidante})] / A_{734} (\text{ABTS}) \times 100 \quad [2]$$

Se determinó la concentración inhibitoria media ( $\text{IC}_{50}$ ) (valor de concentración al cual se alcanza el 50% de inhibición del efecto máximo de secuestro de ABTS), con ayuda del programa estadístico Graphprism 5.0.

#### *Actividad antiinflamatoria*

El trabajo se realizó en el Centro de Investigaciones y Evaluaciones Biológicas (CIEB-IFAL, Cuba). Se empleó el modelo de edema plantar en ratas inducido por carragenina, descrito por Winter et al. (1962) y González et al. (2011). El modelo animal utilizado en este ensayo fueron ratas albinas hembras Wistar (185 a 200 g), procedentes del Centro Nacional para la Producción de Animales de Laboratorio (CENPALAB), La Habana, Cuba, con sus correspondientes certificados de calidad que garantizaba la salud de estos, encontrándose aptos para efectuar este tipo de ensayo. La temperatura del local fue de  $20 \pm 3^\circ\text{C}$ , humedad relativa: 30 - 70%, ciclo de luz/ oscuridad: 12/12 h. El agua y la comida fueron suministradas *ad libitum*. A los animales se les retiró la comida 24 horas antes del comienzo del ensayo y solo se le permitió el acceso al agua. El ensayo fue aprobado por el comité de calidad del CIEB-IFAL, Cuba, cumpliendo con todos los procedimientos establecidos para el tratamiento de los animales, los que, una vez culminado el experimento fueron sacrificados en una cámara saturada de éter, cumpliendo con los procedimientos de refinamiento para evitar el dolor y el sufrimiento de estos. Se tuvieron en cuenta de igual forma las Normas de Bioética y Bioseguridad establecidas por The World Medical Association (2016).

Se confeccionaron cuatro grupos de tratamiento con seis animales cada uno: Grupo I- Solución salina 0,9%, 10 mL/kg (control negativo); Grupo II- Indometacina (Sigma-Aldrich) 10 mg/kg de peso corporal (p.c) (control positivo) (Matiz et al., 2011; González et al., 2011; Zahid et al., 2016); Grupo III- Extracto hidroalcohólico de fruto verde 200 mg/kg

p.c y Grupo IV- Extracto hidroalcohólico de fruto maduro 200 mg/kg p.c. (Purnima et al., 2010; Gadamsetty et al., 2013; Zahid et al., 2016). Todas las muestras fueron administradas oralmente. Las dosis de los extractos fueron seleccionadas de acuerdo con estudios anteriores, para especies del mismo género (Rajkumar et al., 2012).

A los 30 minutos, de la aplicación de los tratamientos, se administraron 0,3 mL de carragenina (Sigma) al 3%, como agente inductor de la inflamación, suspendida en solución salina, en la aponeurosis plantar derecha de las ratas. Las mediciones de los volúmenes de las patas se realizaron con un pletismómetro digital (Panlab, España) a las 1, 2, 3 y 5 horas después de la administración de la carragenina. Los porcentajes de inhibición de la inflamación (Balamurugan et al., 2012) se calcularon mediante la fórmula [3]:

$$\% \text{ de Inhibición} = [(V_c - V_t) / V_c] \times 100 \quad [3]$$

Donde:

Vc: valor medio del volumen de edema de los animales del grupo control negativo.

Vt: valor medio del volumen de edema de los animales del grupo tratado con la sustancia de prueba.

La duración del ensayo fue de 6 días (5 de aclimatación y uno de ensayo).

#### Consideraciones éticas de los ensayos biológicos

Todos los animales recibieron una dosificación exacta de acuerdo con el peso y la vía de administración utilizada (Diehl et al., 2001).

#### Análisis estadístico

Los datos de los ensayos de capacidad antioxidante y el estudio de la actividad antiinflamatoria

se analizaron por ANOVA de una sola vía, seguido de una prueba de comparaciones múltiples de medias de Tukey con una  $p \leq 0,05$ . Para el procesamiento y análisis estadístico de los resultados se empleó el programa estadístico SPSS para Windows versión 8.0. Los valores experimentales se expresaron como la media  $\pm$  desviación estándar (DE).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis de los aceites obtenidos de las semillas

En la Tabla 1 se exhibe el rendimiento de aceite obtenido para las semillas de los frutos verdes y maduros en dos épocas de recolección.

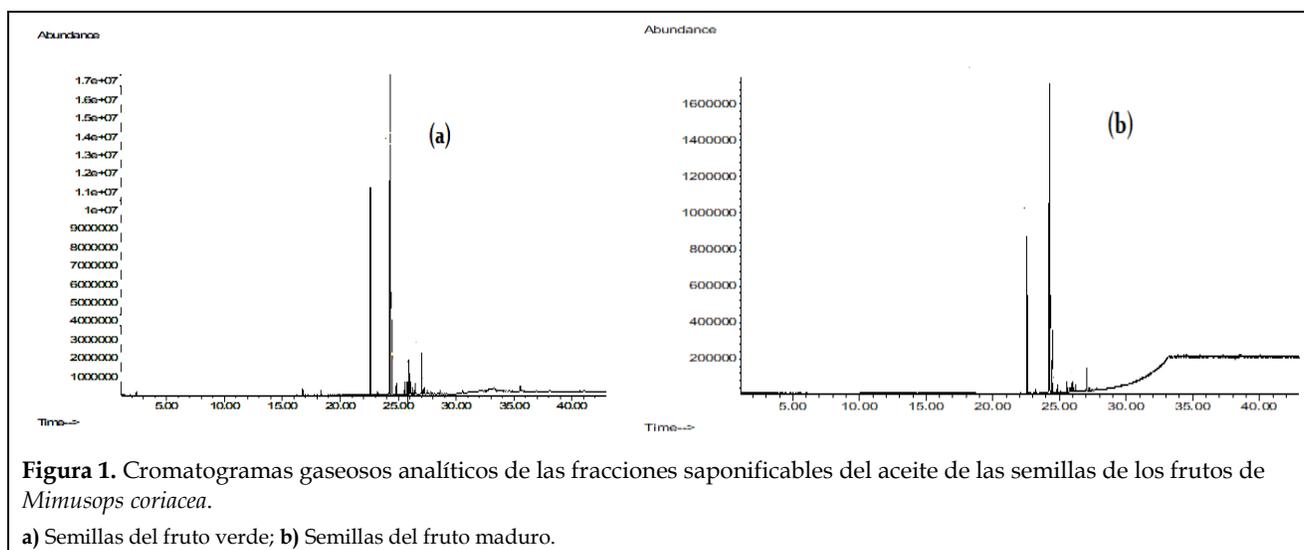
Se observó como una tendencia que, en ambas colectas, las semillas de los frutos verdes presentan menor rendimiento que las de los frutos maduros y que el rendimiento es mayor en el mes de agosto que en febrero.

Es conocido que la época de recolección influye en el rendimiento de aceites, ya que durante los meses de enero a marzo las temperaturas son más elevadas en la costa ecuatoriana y se producen algunas pérdidas de principios activos y se aceleran los procesos de biotransformación. Por otra parte, durante la maduración se promueve un conjunto de procesos de desarrollo y cambios en los frutos que traen como consecuencia una serie de características fisicoquímicas que permiten definir distintos estados de madurez. Algunos de los cambios más comunes durante la madurez de la mayoría de los frutos ocurren en la textura, color, sabor y aroma, así como la reducción de la firmeza (Miranda y Cuéllar, 2012; El Qarnifa et al., 2019).

**Tabla 1.** Rendimiento de aceite obtenido para las semillas de los frutos verdes y maduros de *M. coriácea*.

Estado de maduración	Rendimiento (% $\pm$ DE)	
	Época de colecta	
	Febrero	Agosto
Semillas frutos verdes (SFV)	0,86 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	1,49 $\pm$ 0,02 <sup>b</sup>
Semillas frutos maduros (SFM)	1,25 $\pm$ 0,00 <sup>c</sup>	1,71 $\pm$ 0,01 <sup>d</sup>

DE: desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas para un mismo tipo de semillas para  $p < 0,05$ ,  $n = 3$ .



**Tabla 2.** Compuestos identificados por CG-EM en las fracciones de compuestos saponificables de las semillas de los frutos verdes y maduros de *M. coriácea*

Fracción saponificable semillas frutos verdes (SFV)				Fracción saponificable semillas frutos maduros (SFM)		
No.	tr (min)	Compuesto	X ± DE	tr (min)	Compuesto	X ± DE
1	22,59	Ácido hexadecanoico	28,80 ± 0,21 <sup>a</sup>	22,56	Ácido hexadecanoico	28,84 ± 0,14 <sup>a</sup>
2	24,29	Ácido 9-octadecenoico	61,05 ± 1,02 <sup>b</sup>	24,24	Ácido 9-octadecenoico	58,26 ± 0,90 <sup>c</sup>
3	24,48	Ácido octadecanoico	9,08 ± 0,04 <sup>d</sup>	24,46	Ácido octadecanoico	11,58 ± 0,02 <sup>e</sup>
4	26,21	Ácido eicosanoico	1,07 ± 0,02 <sup>f</sup>	26,20	Ácido eicosanoico	1,32 ± 0,01 <sup>g</sup>

tr: tiempo de retención; X ± DE: porcentaje promedio ± desviación estándar (n= 3). Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas para un mismo tipo de compuesto, para p<0,05.

En las fracciones de compuestos saponificables de los frutos verdes y maduros (Fig. 1, Tabla 2) fueron identificados cuatro ácidos grasos, de ellos el ácido 9-octadecenoico (oleico) fue el de mayor abundancia en ambas fracciones, aunque significativamente superior en los frutos verdes, seguido del ácido hexadecanoico (palmítico) con un porcentaje similar en ambas fracciones.

Para las fracciones de compuestos insaponificables (Tabla 3, Fig. 2) se asignaron cuatro compuestos a los frutos verdes y nueve a los frutos maduros, siendo los mayoritarios el escualeno (81,26%) y el ácido urs-12-en-24-oico, 3-oxo-metil éster (45,13%), respectivamente.

Aunque para la especie en estudio no existen antecedentes de su composición, para otras espe-

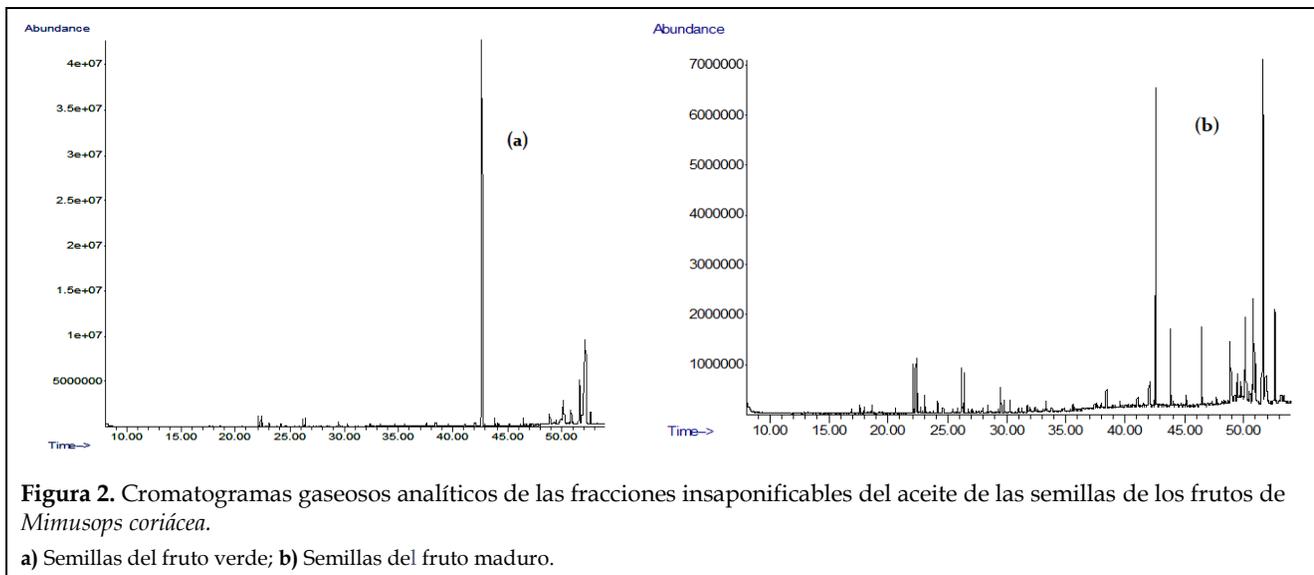
cies del género se han informado ácidos grasos como oleico, palmítico y esteárico (Misra y Mitra, 1968; Misra et al., 1974; Fayek et al., 2012; Sathish Kumar et al., 2015; Chivandi et al., 2016). De igual forma, se ha informado la presencia de acetato de β-amirina, acetato de α-amirina y ácido ursólico por Misra y Mitra (1966a, b; 1968), Misra et al. (1974) y Fayek et al. (2012). Sin embargo, para la presencia del escualeno en la especie, no se encontró información en la literatura.

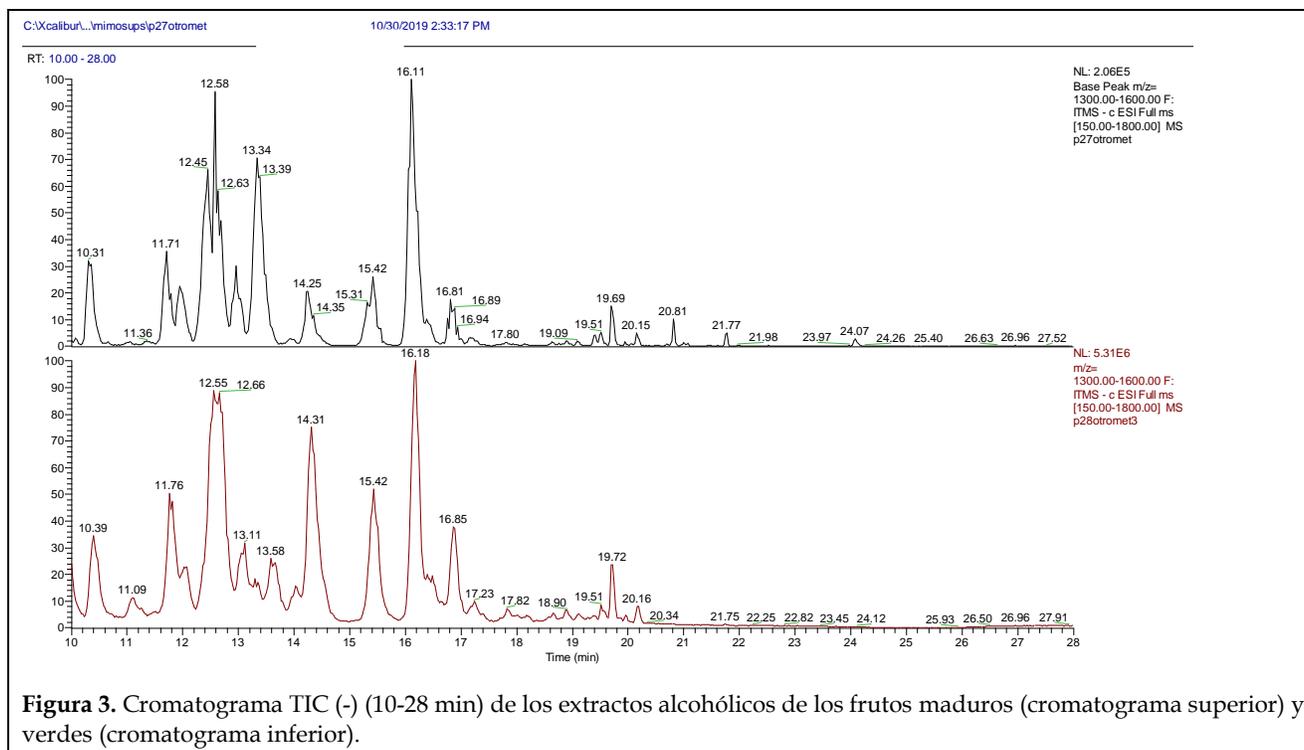
Para el escualeno se ha informado presenta un efecto benéfico en la prevención de enfermedades cardiovasculares pues reduce los niveles de colesterol y de triacilglicérols en sangre, también se le ha demostrado actividad antioxidante (Stuchlík y Stanislav, 2002; Rincón et al., 2014).

**Tabla 3.** Componentes identificados por CG-EM en la fracción de compuestos insaponificables del aceite de las semillas de los frutos verdes y maduros de *M. coriácea*.

Fracción insaponificable semillas frutos verdes				Fracción insaponificable semillas frutos maduros		
No	tr (min)	Compuesto	X ± DE	tr (min)	Compuesto	X ± DE
1	-	-	-	31,74	Ácido octadecanoico metil éster	0,36 ± 0,01
2	42,67	Escualeno	81,26 ± 11,88 <sup>a</sup>	42,61	Escualeno	20,65 ± 0,35 <sup>b</sup>
3	43,87	Eicosano	1,36 ± 0,22 <sup>c</sup>	43,85	Eicosano	5,27 ± 0,04 <sup>d</sup>
4	-	-	-	45,18	Triacotano	0,91 ± 0,08
5	-	-	-	49,78	Estigmast-7-en-3-ol	2,98 ± 0,36
6	-	-	-	49,49	β-Amirina	3,61 ± 0,27
7	50,16	α-Amirina	2,00 ± 1,3 <sup>e</sup>	50,18	α-Amirina	10,74 ± 0,1 <sup>f</sup>
8	-	-	-	50,87	Acetato de α-amirina	10,34 ± 0,05
9	51,64	Ácido urs-12-en-24-oico, 3-oxo-metil éster	15,38 ± 2,64 <sup>g</sup>	51,65	Ácido urs-12-en-24-oico, 3-oxo-metil éster	45,13 ± 0,41 <sup>h</sup>

tr: tiempo de retención; X ± DE: porcentaje promedio ± desviación estándar (n= 3). Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas para un mismo tipo de compuesto, para p<0,05.





**Figura 3.** Cromatograma TIC (-) (10-28 min) de los extractos alcohólicos de los frutos maduros (cromatograma superior) y verdes (cromatograma inferior).

### Análisis de los extractos alcohólicos de los frutos completos en los dos estados de maduración por CL-EM

En la Fig. 3 se muestra el cromatograma TIC (-) en el rango de tiempo de retención de 10-28 min, de los extractos alcohólicos de los frutos maduros y verdes. Este estudio permitió asignar las estructuras a 31 compuestos los cuales se presentan en la Tabla 4.

El análisis por CL-EM permitió identificar 31 compuestos, siete de ellos corresponden a compuestos fenólicos, identificados previamente en la corteza de los tallos de *M. elengi* por Akhtar et al. (2010). El resto de los compuestos en estos extractos fueron saponinas triterpénicas, las cuales han sido referidas para otras especies del género en trabajos realizados por Misra y Mitra (1966a, b) y Srivastava y Singh (1994) en cortezas y semillas de *M. hexandra*. También han sido informadas para *M. elengi* por Sahu et al. (1995; 1997; 1999); para las semillas de *M. elengi*, *M. hexandra* y *M. manilkara* por Lavaud et al. (1996) y en las hojas y semillas de *M. laurifolia* por Eskander et al. (2005; 2006). Estos compuestos no habían sido informados con anterioridad para la especie objeto de estudio.

### Capacidad antioxidante

Se evaluó la capacidad antioxidante por las técnicas FRAP, DPPH y ABTS a los extractos de frutos verdes y maduros. Los resultados de estos ensayos se muestran en la Tabla 5.

Respecto a la actividad ferro-reductora (Tabla 5A) se constataron diferencias significativas entre los valores de  $\mu\text{M}$  equivalentes de ácido ascórbico y  $\text{FeSO}_4$  para los extractos de frutos verde y maduro a las concentraciones de 0,75; 6 y 12,5  $\mu\text{g}/\text{mL}$ . La mayor capacidad reductora de  $\text{Fe}^{3+}$  se manifestó a la mayor concentración evaluada para el extracto de fruto verde.

En el ensayo de DPPH (Tabla 5B) se presentaron algunas diferencias significativas entre las muestras a una misma concentración, excepto a las concentraciones de 10 y 20  $\mu\text{g}/\text{mL}$  donde el extracto de fruto verde tuvo un comportamiento similar a la vitamina C y el extracto de fruto maduro exhibió un porcentaje de inhibición comparable a dicho compuesto de referencia a la mayor concentración. El extracto de fruto verde presentó la mayor actividad antirradicalaria con el menor valor de  $\text{IC}_{50}$  ( $4,99 \pm 1,32 \mu\text{g}/\text{mL}$ ).

**Tabla 4.** Compuestos identificados por CL-EM en los extractos hidroalcohólicos de los frutos verdes y maduros de la especie *M. coriácea*.

No.	Compuesto sugerido	Masa o m/z	Referencia	Detección**
1	3-O-(β-D-glucopiranosil)-28-O-(α-L-ramnopiranosil-(1-3)-β-D-xilopiranosil-(1-4)-[α-L-ramnopiranosil-(1-3)]-α-L-ramnopiranosil-(1-2)-β-D-xilopiranosil)-16α-hidroxi ácido protobásico	m/z 1383,6 [M-H] <sup>-</sup> m/z 1407,9 [M+Na] <sup>+</sup>	Eskander et al., 2005	No (-) No (+)
2	3-O-(β-D-glucopiranosil)-28-O-(α-L-ramnopiranosil-(1-3)-[β-D-xilopiranosil-(1-4)]-β-D-xilopiranosil-(1-4)-α-L-ramnopiranosil-(1-2)-α-L-arabinopiranosil) ácido protobásico	m/z 1353,7 [M-H] <sup>-</sup> m/z 1377,8 [M+Na] <sup>+</sup>	Eskander et al., 2005	No (+) Si (-)
3	3-O-(β-D-glucopiranosil)-28-O-(α-L-ramnopiranosil-(1-3)-[β-D-xilopiranosil-(1-4)]-β-D-xilopiranosil-(1-4)-α-L-ramnopiranosil-(1-2)-β-D-xilopiranosil) ácido protobásico	m/z 1353,8 [M-H] <sup>-</sup> m/z 1377,8 [M+Na] <sup>+</sup>	Eskander et al., 2005	Si (-) No (+)
4	3-O-(β-D-glucopiranosil)-28-O-(α-L-ramnopiranosil-(1-3)-β-D-xilopiranosil-(4)-[α-L-ramnopiranosil-(1-3)]-α-L-ramnopiranosil-(1-2)-β-D-xilopiranosil) ácido protobásico	m/z 1367,4 [M-H] <sup>-</sup> m/z 1391,7 [M+Na] <sup>+</sup>	Eskander et al., 2005	Si (-) No(+)
5	3-O-(β-D-apiofuranosil-(1-4)-β-D-glucopiranosil)-28-O-[α-L-ramnopiranosil-(1-3)-β-D-xilopiranosil-(1-4)-[α-L-ramnopiranosil-(1-3)]-α-L-ramnopiranosil-(1-2)-α-L-arabinopiranosil]-16α-hidroxi ácido protobásico	m/z 1515,4 [M-H] <sup>-</sup> m/z 1539,9 [M+Na] <sup>+</sup>	Eskander et al., 2005	No (-) No (+)
6	3-O-(β-D-apiofuranosil-(1-3)-β-D-glucopiranosil)-28-O-[α-L-ramnopiranosil-(1-3)-β-D-xilopiranosil-(1-4)-[α-L-ramnopiranosil-(1-3)]-α-L-ramnopiranosil-(1-2)-β-D-xilopiranosil]-16α-hidroxi ácido protobásico	m/z 1539,9 [M+Na] <sup>+</sup>	Eskander et al., 2005	No (-) No (+)
7	3-O-(β-D-apiofuranosil-(1-3)-β-D-glucopiranosil)-28-O-(α-L-ramnopiranosil-(1-3)-[β-D-xilopiranosil-(1-4)]-β-D-xilopiranosil-(1-4)-α-L-ramnopiranosil-(1-2)-β-D-xilopiranosil)-16α-hidroxi ácido protobásico	m/z 1501,9 [M-H] <sup>-</sup> m/z 1525,9 [M+Na] <sup>+</sup>	Eskander et al., 2005	No (-) No (+)
8	3-O-(β-D-apiofuranosil-(1-3)-β-D-glucopiranosil)-28-O-[α-L-ramnopiranosil-(1-3)-β-D-xilopiranosil-(1-4)-[α-L-ramnopiranosil-(1-3)]-α-L-ramnopiranosil-(1-2)-β-D-xilopiranosil]-16α-hidroxi ácido protobásico	m/z 1515,6 [M-H] <sup>-</sup> m/z 1539,7 [M+Na] <sup>+</sup>	Eskander et al., 2005	No (-) No (+)
9	3-O-(β-D-apiofuranosil-(1-4)-β-D-glucopiranosil)-28-O-(α-L-ramnopiranosil-(1-3)-β-D-xilopiranosil-(1-4)-α-L-ramnopiranosil-(1-2)-α-L-arabinopiranosil)-16α-hidroxi ácido protobásico	m/z 1369,6 [M-H] <sup>-</sup> m/z 1393,8 [M+Na] <sup>+</sup>	Eskander et al., 2005	No (-) No (+)
10	3-O-(β-D-apiofuranosil-(1-4)-β-D-glucopiranosil)-28-O-[α-L-ramnopiranosil-(1-3)-β-D-xilopiranosil-(1-4)-[α-L-ramnopiranosil-(1-3)]-α-L-ramnopiranosil-(1-2)-β-D-xilopiranosil]-16α-hidroxi ácido protobásico	m/z 1515,6 [M-H] <sup>-</sup> m/z 1539,9 [M+Na] <sup>+</sup>	Eskander et al., 2005	No (-) No (+)
11	3-O-(β-D-apiofuranosil-(1-4)-β-D-glucopiranosil)-28-O-[α-L-ramnopiranosil-(1-3)-β-D-xilopiranosil-(1-4)-[α-L-ramnopiranosil-(1-3)]-α-L-ramnopiranosil-(1-2)-α-L-arabinopiranosil] ácido protobásico	m/z 1500,4 [M-H] <sup>-</sup> m/z 1524,5 [M+Na] <sup>+</sup>	Eskander et al., 2005	No (-) No (+)
12	3-O-(β-D-apiofuranosil-(1-4)-β-D-glucopiranosil)-28-O-(α-L-ramnopiranosil-(1-3)-β-D-xilopiranosil-(1-4)-α-L-ramnopiranosil-(1-2)-α-L-arabinopiranosil) ácido protobásico	m/z 1353,7 [M-H] <sup>-</sup> m/z 1378,1 [M+Na] <sup>+</sup>	Eskander et al., 2005	Si (-) No (+)
13	3-O-(β-D-apiofuranosil-(1-4)-[α-L-ramnopiranosil-(1-3)]-β-D-glucopiranosil)-28-O-[α-L-ramnopiranosil-(1-3)-β-D-xilopiranosil-(1-4)-[α-L-ramnopiranosil-(1-3)]-α-L-ramnopiranosil-(1-2)-α-L-arabinopiranosil]-16α-hidroxi ácido protobásico	m/z 1661,5 [M-H] <sup>-</sup> m/z 1686,6 [M+Na] <sup>+</sup>	Eskander et al., 2005	No (-) No (+)

**Tabla 4.** Compuestos identificados por CL-EM en los extractos hidroalcohólicos de los frutos verdes y maduros de la especie *M. coriácea* (continuación...)

No.	Compuesto sugerido	Masa o m/z	Referencia	Detección**
14	3-O-(β-D-apiofuranosil-(1-4)-[α-L-ramnopiranosil-(1-3)-β-D-glucopiranosil]-28-O-[α-L-ramnopiranosil-(1-3)-β-D-xilopiranosil-(1-4)-[α-L-ramnopiranosil-(1-3)]-α-L-ramnopiranosil-(1-2)-β-D-xilopiranosil]-16α-hidroxi ácido protobásico	m/z 1662,4 [M-H] <sup>-</sup> m/z 1686,7 [M+Na] <sup>+</sup>	Eskander et al., 2005	No (-) No (+)
15	3-O-(β-D-glucopiranosil)-28-O-[α-L-ramnopiranosil-(1-3)-β-D-xilopiranosil-(1-4)-α-L-ramnopiranosil-(1-2)-β-D-xilopiranosil] ácido protobásico	m/z 1245 [M+Na] <sup>+</sup>	Eskander et al., 2005	No (+)
16	Butirosido C	m/z 1235 [M-H] <sup>-</sup>	Eskander et al., 2006	Si (-)
17	Arganina D	m/z 1385 [M+H] <sup>+</sup>	Eskander et al., 2006	No (+)
18	Mi-saponin A	m/z 1245 [M+Na] <sup>+</sup>	Eskander et al., 2006	No (+)
19	Tieghemelin A	m/z 1251 [M-H] <sup>-</sup>	Eskander et al., 2006	Si (-)
20	Arganina A	m/z 1401 [M+H] <sup>+</sup>	Eskander et al., 2006	No (+)
21	Arganina C	m/z 1261 [M+Na] <sup>+</sup>	Eskander et al., 2006	No (+)
22	3-O-(β-D-apiofuranosil(1-3)-β-D-glucuronopiranosil)-28-O-(α-L-ramnopiranosil-(1-3)-β-D-xilopiranosil-(1-4)-α-L-ramnopiranosil-(1-2)-α-L-arabinopiranosil)-16α-hidroxi ácido protobásico	m/z 1429,7 [M-2H+2Na] <sup>+</sup> m/z 1383,8 [M-2H] <sup>-</sup>	Eskander et al., 2006	No (+) No (-)
23	3-O-(β-D-glucopiranosil-(1-3)-β-D-glucopiranosil)-28-O-(α-L-ramnopiranosil-(1-3)-β-D-xilopiranosil-(1-4)-α-L-ramnopiranosil-(1-2)-α-L-arabinopiranosil)-16α-hidroxi ácido protobásico	m/z 1424,4 [M+Na] <sup>+</sup> m/z 1400,4 [M-H] <sup>-</sup>	Eskander et al., 2006	No (-) No (+)
24	3-O-(β-D-glucopiranosil-(1-6)-β-D-glucopiranosil-(1-6)-β-D-glucopiranosil)-28-O-(α-L-ramnopiranosil-(1-3)-β-D-xilopiranosil-(1-4)-α-L-ramnopiranosil-(1-2)-α-L-arabinopiranosil)-16α-hidroxi ácido protobásico	m/z 1586,6 [M+Na] <sup>+</sup> m/z 1562,5 [M-H] <sup>-</sup>	Eskander et al., 2006	No (-) No (+)
25	Fenil propanoxil galato	288	Akhtar et al., 2010	No (-) No (+)
26	β-D-glucopiranosil (6'-1'')-β-D-glucopiranosil-4''-(4'''-etil fenil) galato (mimusopstanin)	598	Akhtar et al., 2010	No (-) No (+)
27	2'-(1''-geraniloxi)-D-glucopiranosil (6'-1'')-D-glucopiranosil-4''-fenoxi galato (elengitanino)	698	Akhtar et al., 2010	No (-) No (+)
28	β-D-glucopiranosil (6'-1'')-β-D-glucopiranosil 3,4,5-trihidroxi benzoato (ácido gálico diglucosido)	494	Akhtar et al., 2010	No (-) No (+)
29	β-D-glucopiranosil-(6'-1'')-β-D-glucopiranosil-4''-(4'''-n-butilfenil) 3,4,5-trihidroxi benzoato (ácido gálico fenoxi diglucosido)	626	Akhtar et al., 2010	No (-) No (+)
30	β-D-glucopiranosil (6'-1'')-β-D-ramnosil 3,4,5-trihidroxi benzoato (elengibenil diglicósido)	480	Akhtar et al., 2010	No (-) No (+)
31	β-D-(2'-fenil glucopiranosil)-(6'-1'')-(2''-4''-difenil ramnopiranosil)-3,4,5-trihidroxi benzoato (ácido gálico trifenoxi diglicósido)	706	Akhtar et al., 2010	No (-) No (+)

\*\* Modo de detección.

**Tabla 5.** Capacidad antioxidante de los extractos hidroalcohólicos de los frutos verdes y maduros de *M. coriácea*.

<b>A. Capacidad ferro-reductora de los extractos hidroalcohólicos de los frutos verdes y maduros</b>				
Concentración ( $\mu\text{g/mL}$ )	Capacidad ferro-reductora			
	$\mu\text{M}$ equivalentes de ácido ascórbico		$\mu\text{M}$ equivalentes de $\text{FeSO}_4$	
	EFV	EFM	EFV	EFM
0,75	307,06 $\pm$ 11,90 <sup>a</sup>	264,21 $\pm$ 10,90 <sup>b</sup>	259,63 $\pm$ 10,63 <sup>i</sup>	221,33 $\pm$ 9,74 <sup>j</sup>
2	529,29 $\pm$ 17,86 <sup>c</sup>	498,33 $\pm$ 10,73 <sup>c</sup>	458,18 $\pm$ 15,92 <sup>k</sup>	430,55 $\pm$ 9,58 <sup>k</sup>
6	647,54 $\pm$ 13,25 <sup>d</sup>	606,27 $\pm$ 13,11 <sup>e</sup>	563,88 $\pm$ 11,84 <sup>l</sup>	527,01 $\pm$ 11,72 <sup>m</sup>
10	702,30 $\pm$ 24,15 <sup>f</sup>	678,49 $\pm$ 17,97 <sup>f</sup>	612,82 $\pm$ 21,59 <sup>n</sup>	591,54 $\pm$ 16,06 <sup>n</sup>
<b>B. Capacidad secuestradora de DPPH de los extractos de <i>M. coriácea</i> y las sustancias de referencias</b>				
Concentración ( $\mu\text{g/mL}$ )	Capacidad de secuestro del radical DPPH (%)			
	EFV	EFM	Vitamina C	Trolox
2	57,21 $\pm$ 0,43 <sup>a</sup>	54,97 $\pm$ 0,54 <sup>b</sup>	48,45 $\pm$ 0,22 <sup>c</sup>	60,29 $\pm$ 0,38 <sup>d</sup>
6	72,70 $\pm$ 0,49 <sup>e</sup>	60,87 $\pm$ 0,59 <sup>f</sup>	64,85 $\pm$ 0,16 <sup>g</sup>	69,37 $\pm$ 0,21 <sup>h</sup>
10	74,76 $\pm$ 0,38 <sup>i</sup>	68,11 $\pm$ 0,51 <sup>j</sup>	74,26 $\pm$ 0,39 <sup>i</sup>	75,82 $\pm$ 0,33 <sup>k</sup>
15	77,95 $\pm$ 0,56 <sup>l</sup>	72,85 $\pm$ 0,82 <sup>m</sup>	76,03 $\pm$ 0,23 <sup>n</sup>	80,19 $\pm$ 0,27 <sup>o</sup>
20	79,62 $\pm$ 0,27 <sup>p</sup>	78,09 $\pm$ 0,92 <sup>q</sup>	78,78 $\pm$ 0,54 <sup>pq</sup>	84,21 $\pm$ 0,49 <sup>r</sup>
<b>IC<sub>50</sub> (<math>\mu\text{g/mL}</math>)</b>	<b>4,99 <math>\pm</math> 1,32</b>	<b>8,95 <math>\pm</math> 1,24</b>	<b>5,77 <math>\pm</math> 0,55</b>	<b>7,54 <math>\pm</math> 0,98</b>
<b>C. Capacidad secuestradora del radical ABTS<sup>•+</sup> de los extractos de <i>M. coriácea</i> y las sustancias de referencia</b>				
Concentración ( $\mu\text{g/mL}$ )	Capacidad de secuestro del radical ABTS (%)			
	EFV	EFM	Vitamina C	Trolox
100	47,01 $\pm$ 0,57 <sup>a</sup>	44,59 $\pm$ 0,73 <sup>b</sup>	47,15 $\pm$ 0,42 <sup>a</sup>	42,68 $\pm$ 1,45 <sup>c</sup>
200	67,68 $\pm$ 0,58 <sup>d</sup>	64,24 $\pm$ 0,50 <sup>e</sup>	73,18 $\pm$ 1,48 <sup>f</sup>	55,81 $\pm$ 0,71 <sup>g</sup>
300	74,62 $\pm$ 0,79 <sup>h</sup>	72,57 $\pm$ 0,49 <sup>i</sup>	93,38 $\pm$ 0,53 <sup>j</sup>	64,14 $\pm$ 0,66 <sup>k</sup>
500	90,12 $\pm$ 0,63 <sup>l</sup>	89,10 $\pm$ 0,37 <sup>m</sup>	94,36 $\pm$ 0,12 <sup>n</sup>	93,14 $\pm$ 0,14 <sup>o</sup>
600	95,71 $\pm$ 0,83 <sup>p</sup>	93,89 $\pm$ 0,79 <sup>q</sup>	96,04 $\pm$ 0,79 <sup>p</sup>	95,25 $\pm$ 0,25 <sup>p</sup>
<b>IC<sub>50</sub> (<math>\mu\text{g/mL}</math>)</b>	<b>246,80 <math>\pm</math> 6,87</b>	<b>250,30 <math>\pm</math> 6,19</b>	<b>196,30 <math>\pm</math> 2,20</b>	<b>301,60 <math>\pm</math> 6,19</b>

EFV: Extracto fruto verde; EFM: Extracto fruto maduro; IC<sub>50</sub>: Concentración que secuestra el 50% de los radicales o metales como el Fe. Los datos son representados por la media  $\pm$  desviación estándar (n=3). Letras diferentes en una fila indican diferencias estadísticamente significativas a una misma concentración (p $\leq$  0,05), según la prueba de comparación múltiple de Tukey.

Al analizar los resultados del método de ABTS (Tabla 5C), se pudo constatar una alta capacidad de secuestro (superior al 60%) para todas las muestras a partir de 200  $\mu\text{g/mL}$ . A 500  $\mu\text{g/mL}$  el extracto de fruto verde mostró un porcentaje de secuestro del radical ABTS similar a la vitamina C y el Trolox. De las muestras evaluadas, las que presenta-

ron menor IC<sub>50</sub> fueron la vitamina C y el extracto de fruto verde, con valores de 196,30  $\mu\text{g/mL}$  y 246,80  $\mu\text{g/mL}$ , respectivamente, indicando mejor efecto antioxidante con respecto al extracto de fruto maduro y el Trolox.

La capacidad antioxidante ha sido informada para algunas especies del género *Mimusops*; *M.*

*elengi* (Natungnuy y Poeaim, 2018; Uddin et al., 2018), *M. hexandra* (Parikh y Patel, 2017; Dutta y Ray, 2020) y *M. zapota* (Chanda y Nagani, 2010; Fayek et al., 2012) han sido las más estudiadas. Se han evaluado hojas, corteza, flores y frutos en diferentes disolventes de extracción por varios métodos *in vitro*. En el ensayo de DPPH, al comparar los resultados de IC<sub>50</sub> alcanzados para los dos extractos de *M. coriácea* con los de dichas plantas, se destaca que los valores obtenidos son inferiores, lo que denota el poder antioxidante de la especie estudiada.

### Actividad antiinflamatoria

En el presente estudio también fue evaluada la actividad antiinflamatoria mediante el ensayo de edema plantar inducido por carragenina. En la Tabla 6 se puede observar como en el Grupo I hubo una tendencia al aumento del volumen de edema, por el contrario, en los grupos tratados con indometacina y los extractos se apreció un comportamiento antiinflamatorio, asociado a una disminución del volumen de edema en el tiempo de estudio.

Se pudo evidenciar que existían diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre todos los grupos tratados respecto al control negativo. Los grupos que recibieron los extractos (200 mg/kg) evidenciaron un porcentaje de inhibición respecto al control negativo comparable con el mostrado por la indometacina (10 mg/kg), principalmente, a las 3 y 5 horas de

ensayo, sin diferencias significativas entre ellos. Fue significativo el volumen de edema cuando se compararon la primera hora con la última hora (para un mismo tratamiento).

La indometacina es utilizada con frecuencia como control positivo en este método experimental, pues inhibe las ciclooxigenasas (COX) y, por tanto, inhibe la formación y liberación de las prostaglandinas que en la segunda fase (entre las 3 y 4 horas) adquieren su máxima manifestación, principalmente la PGE<sub>2</sub> (Dirosa y Giround, 1971).

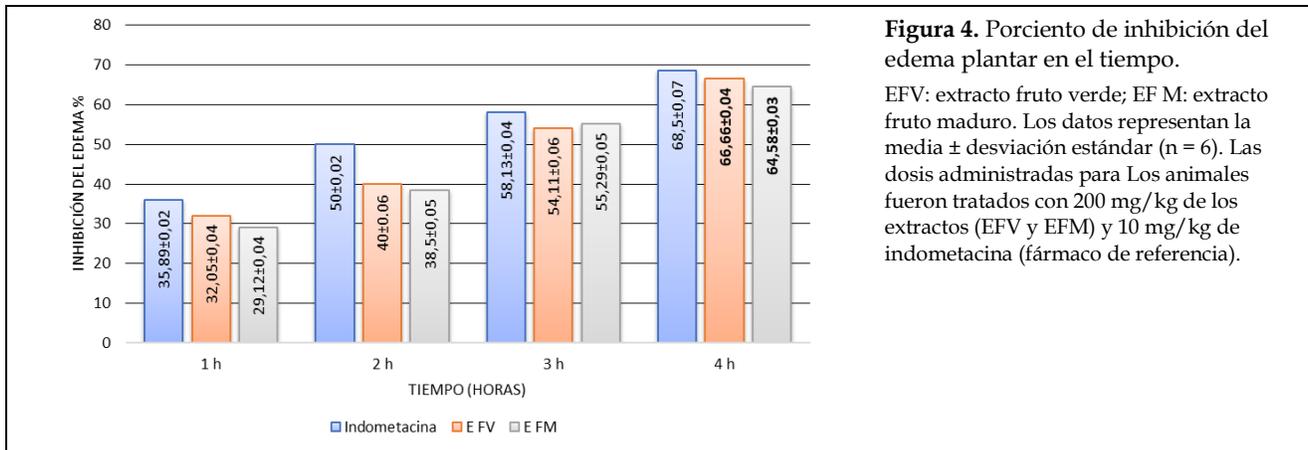
Se observó (Fig. 4) como a partir de la tercera hora los extractos fueron capaces de disminuir el edema producido por la carragenina, con porcentajes de inhibición superiores al 50% mostrando actividad antiinflamatoria bajo las condiciones ensayadas, si se tiene en cuenta que a la máxima hora de estudio se alcanzaron valores cercanos o superiores al 65%.

Los resultados están en analogía con estudios efectuados por Rajkumar et al. (2012) a extractos hidroalcohólicos al 80% de corteza de *Mimusops elengi*, donde se demostró un efecto antiinflamatorio, a las dosis de 200 y 400 mg/kg, con porcentajes de inhibición de 55,5% y 59,5%, respectivamente a partir de la cuarta hora de ensayo. En la investigación realizada los porcentajes de inhibición del edema para la dosis evaluada de 200 mg/kg fueron superiores, demostrándose un efecto antiinflamatorio superior.

**Tabla 6.** Volumen promedio de edema plantar en el tiempo.

Grupo	Dosis (mg/kg)	Volumen de edema (mL)			
		1 h	2 h	3 h	5 h
NaCl 0,9%	-	0,78 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,80 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,85 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,96 ± 0,04 <sup>a</sup>
Indometacina	10	0,49 ± 0,02 <sup>bc</sup>	0,42 ± 0,02 <sup>bc</sup>	0,37 ± 0,04 <sup>b</sup>	0,30 ± 0,07 <sup>b</sup>
EFV	200	0,53 ± 0,04 <sup>cd</sup>	0,48 ± 0,06 <sup>cd</sup>	0,39 ± 0,06 <sup>b</sup>	0,32 ± 0,04 <sup>b</sup>
EFM	200	0,57 ± 0,04 <sup>d</sup>	0,49 ± 0,05 <sup>d</sup>	0,38 ± 0,05 <sup>b</sup>	0,34 ± 0,03 <sup>b</sup>

EFV: extracto fruto verde, EFM: extracto fruto maduro. Los valores representan la media de los volúmenes de edema ± desviación estándar (n=6); letras diferentes en una columna indican diferencias significativas  $p < 0,05$  (prueba de comparaciones múltiples de Tukey).



**Figura 4.** Porcentaje de inhibición del edema plantar en el tiempo.

EFV: extracto fruto verde; EF M: extracto fruto maduro. Los datos representan la media  $\pm$  desviación estándar (n = 6). Las dosis administradas para Los animales fueron tratados con 200 mg/kg de los extractos (EFV y EFM) y 10 mg/kg de indometacina (fármaco de referencia).

La capacidad antioxidante y la actividad antiinflamatoria pueden ser causadas por principios activos de naturaleza química muy variada, entre ellos, compuestos fenólicos, triterpenoides, ácidos grasos y saponinas. Los resultados mostrados en los extractos de frutos verdes y maduros pueden estar vinculados a la presencia de dichos metabolitos, los cuales fueron detectados por CG-EM y CL-EM. Por ejemplo, los triterpenoides tienen efecto antioxidante (Cai et al., 2019) y contribuyen con la actividad antiinflamatoria, debido a la inhibición de la prostaglandina sintetasa, reduciendo el nivel de prostaglandinas en el proceso inflamatorio (Villena y Arroyo, 2012; de Almeida et al., 2019). Los ácidos grasos poliinsaturados (omega 3 y 6), además de su efecto antioxidante (Stavrino et al., 2020), inhiben directamente la inflamación al competir con el ácido araquidónico o indirectamente al afectar los factores de transcripción o los receptores nucleares responsables de la expresión de genes inflamatorios (Ahmad et al., 2019). Por su parte, el ácido palmítico tiene reconocida actividad antiinflamatoria a través de la inhibición de la fosfolipasa A<sub>2</sub>, uno de los mediadores del proceso inflamatorio (Chouhan et al., 2011; Vasudevan et al., 2012; Awad et al., 2014).

No obstante, la demostración de la capacidad antioxidante y la actividad antiinflamatoria de los extractos evaluados resultaría de interés valorar estas actividades para los principios activos aislados para demostrar si estas se deben a un efecto sinérgico o sumatorio de los principios activos presentes.

## CONCLUSIONES

En el presente estudio se identificaron triterpenoides, ácidos grasos, compuestos fenólicos y saponinas para extractos de frutos verdes y maduros de *Mimusops coriacea* los que no han sido reportados con anterioridad, según la literatura científica revisada.

La capacidad antioxidante fue dependiente de la concentración en los ensayos realizados (FRAP, DPPH y ABTS), en los que el extracto de frutos verdes mostró la mayor capacidad antioxidante.

Se demostró la actividad antiinflamatoria de los extractos de frutos verdes y maduros. Los dos extractos lograron disminuir la inflamación producida por la carragenina con porcentajes de inhibición superiores al 50% a las 3 y 5 horas de ensayo, de manera similar al fármaco de referencia indometacina.

## CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación no fue financiada y no recibió ninguna subvención específica de agencias de financiamiento en los sectores público, comercial o sin fines de lucro.

## REFERENCIAS

Ahmad TB, Rudd D, Kotiw M, Liu L, Benkendorff K (2019) Correlation between fatty acid profile and anti-inflammatory activity in common Australian seafood by products. *Mar Drugs* 17(3): 155.

- Akhtar N, Ali M, Alam MS (2010) Gallic acid esters from the stem bark of *Mimusops elengi* L. *Nat Prod Res* 24(10): 962-972.
- Arnao MB, Cano A, Acosta M (2001) The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. *Food Chem* 73(2): 239-244.
- Awad SE, Hassan AM, Elazhari GEM (2014) Fatty acid composition, anti-inflammatory and analgesic activities of *Hibiscus sabdariffa* Linn. seeds. *J Adv Vet Anim Res* 1(2): 50-57.
- Balamurugan K, Sakthidevi G, Mohan VR (2012) Antiinflammatory activity of leaf of *Melastoma malabathricum* L. (Melastomataceae). *Int J Res Ayurveda Pharm* 3(6): 801-802.
- Baliga MS, Pai RJ, Bhat HP, Palatty PL, Boloor R (2011) Chemistry and medicinal properties of the Bakul (*Mimusops elengi* Linn): a review. *Food Res Int* 44(7): 1823-1829.
- Benzie IFF, Strain JJ (1996) The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: The FRAP assay. *Anal Biochem* 239: 70-76.
- Bombón N, Albuja M (2014) Diseño de una planta de saponificación para el aprovechamiento del aceite vegetal de desecho. *Revista Politécnica* 34(1): 22.
- Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C (1995) Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm Wiss Technol* 22: 25-30.
- Bustamante K, Santos-Ordóñez E, Miranda M, Pacheco R, Gutiérrez Y, Scull R (2019) Morphological and molecular barcode analysis of the medicinal tree *Mimusops coriácea* (A.DC.) Miq. collected in Ecuador. *PeerJ* 7: e7789.
- Cai C, Ma J, Han C, Jin Y, Zhao G, He X (2019) Extraction and antioxidant activity of total triterpenoids in the mycelium of a medicinal fungus, *Sanghuangporus sanghuang*. *Sci Rep* 9: 7418.
- Chanda SV, Nagani KV (2010) Antioxidant capacity of *Manilkara zapota* L. leaves extracts evaluated by four *in vitro* methods. *J Biol Sci* 8(10): 260-266.
- Chivandi E, Mukonowenzou N, Berliner D (2016) The coastal red-milkwood (*Mimusops caffra*) seed: proximate, mineral, amino acid and fatty acid composition. *S Afr J Bot* 102: 137-141.
- Chouhan HS, Sahu AN, Sing SK (2011) Fatty acid composition, antioxidant, anti-inflammatory and antibacterial activities of seed oil from *Crotalaria juncea* Linn. *J Med Plant Res* 5: 984-991.
- Database of Tropical Plants (2019) Ken Fern. tropical.theferns.info. Available at tropical.theferns.info/viewtropical.php?id=Mimusops+coriácea. [Accessed: April 2, 2019].
- De Almeida SCX, da-Silva ÁCF, Sousa NRT, Amorim IHF, Leite BG, Neves KRT, Costa JGM, Felipe CFB, de-Barros Viana GS (2019) Antinociceptive and anti-inflammatory activities of a triterpene-rich fraction from *Himatanthus drasticus*. *Braz J Med Biol Res* 52(5): e7798-e7810.
- Diehl KH, Hull R, Morton D, Pfister R, Rabemampianina Y, Smith D, Vidal JM, van de Vorstenbosch C (2001) A good practice guide to the administration of substances and removal of blood, including routes and volumes. *J Appl Toxicol* 21: 15-23.
- Dirosa M, Giround J (1971) Studies of the mediators of acute inflammatory response induced in rats in different sites by carrageenan and turpentine. *J Pathol* 104(1): 15-29.
- Dutta S, Ray S (2020) Comparative assessment of total phenolic content and *in vitro* antioxidant activities of bark and leaf methanolic extracts of *Manilkara hexandra* (Roxb.) Dubard. *J King Saud Univ Sci* 32: 643-647.
- El Qarnifa S, El Antari A, Hafidi A (2019) Effect of maturity and environmental conditions on chemical composition of olive oils of introduced cultivars in Morocco. *Journal of Food Quality* 2019: 1854539.
- Erazo N (2010) Compendio de plantas medicinales del Ecuador. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Available at: <https://www.google.com/search?q=Erazo+N.+2010.+Compendio+de+plantas+medicinales+del+Ecuador.+Riobamba%3A+Escuela+Superior+Polit%C3%A9cnica+de+Chimborazo.&sq=Erazo+N.+2010.+Compendio+de+plantas+medicinales+del+Ecuador.+Riobamba%3A+Escuela+Superior+Polit%C3%A9cnica+de+Chimborazo.&qs=chrome.69i57.3451j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8> [Accessed: January 5, 2019].
- Eskander J, Lavaud C, Abdel-Khalik SM, Soliman HSM, Mahmoud II, Long C (2005) Saponins from the leaves of *Mimusops laurifolia*. *J Nat Prod* 68(6): 832-841.
- Eskander J, Lavaud C, Pouny I, Soliman HS, Abdel-Khalik SM, Mahmoud II (2006) Saponins from the seeds of *Mimusops laurifolia*. *Phytochemistry* 67(16): 1793-1799.
- Fayek NM, Azza RAM, Meselhy RM, Mohamed YM, Amani HS (2012) Chemical and biological study of *Manilkara zapota* (L.) Van Royen leaves (Sapotaceae) cultivated in Egypt. *Pharmacogn Res* 4(2): 85.
- Gadamsetty G, Maru S, Sarada NC (2013) Antioxidant and anti-inflammatory activities of the methanolic leaf extract of traditionally used medicinal plant *Mimusops elengi* L. *J Pharm Sci Res* 5(6): 125-130.
- Gillani SS, Shahwar D (2017) Investigation of antioxidant activity in *Mimusops elengi*. *J Plant Biochem Physiol* 5: 202.
- González GMC, Ospina GLF, Rincón VJ (2011) Actividad antiinflamatoria de extractos y fracciones de *Myrcianthes leucoxila*, *Calea prunifolia*, *Curatella americana* y *Physalis peruviana* en los modelos edema auricular por TPA, edema plantar por carragenina y artritis inducida por colágeno. *Biosalud* 10(1): 9-18.
- Jørgensen PM, León-Yáñez S (eds.) (1999) Catalogue of the vascular plants of Ecuador. *Monogr Syst Bot Missouri Bot Gard* 75: i-viii, 1-1181.

- Kedare SB, Singh RP (2011) Genesis and development of DPPH method of antioxidant assay. *J Food Sci Technol* 48(4): 412–422.
- Kiran Kumar HA, Mandal BK, Mohan Kumar K, Maddinedi Sb, Sai Kumar T, Madhiyazhagan P, Ghosh AR (2014) Antimicrobial and antioxidant activities of *Mimusops elengi* seed extract mediated isotropic silver nanoparticles. *Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc* 130: 13–18.
- Konuku K, Karri KC, Gopalakrishnan VK, Hagos Z, Kebede H, Naidu TK, Noyola PP, Palleti JD, Rao Duddukuri GRD (2017) Anti-inflammatory activity of *Manilkara zapota* leaf extract. *Int J Curr Pharm Res* 9(4): 130–134.
- Lavaud C, Massiot G, Becchi M, Misra G, Nigam SK (1996) Saponins from three species of *Mimusops*. *Phytochemistry* 41(3): 887–893.
- Matiz GE, Franco LA, Rincón J (2011) Anti-inflammatory activity of flowers and leaves of *Caesalpinia pulcherrima* L. (Swartz). *Salud UIS* 43(3): 281–287.
- Miranda MM, Cuéllar AC (2012) *Farmacognosia y Química de Productos Naturales*, 2<sup>nd</sup> Edición. La Habana: Editorial Varela Félix, pps. 135–145, 261–280.
- Misra G, Mitra CR (1966a) *Mimusops hexandra*—II. *Phytochemistry* 5(3): 535–538.
- Misra G, Mitra CR (1966b) Constituents fruit and deed of *Mimusops elengi*. *Phytochemistry* 6: 453.
- Misra G, Mitra CR (1968) Constituents of leaves, heartwood and root of *Mimusops elengi*. *Phytochemistry* 7: 27–28.
- Misra SK, Nigam, Mitra CR (1974) Studies on *Mimusops* spp. *Nat Bot Gardens* 26: 155–165.
- Natungny K, Poeaim S (2018) Antioxidant and cytotoxic activities of methanolic extracts from *Mimusops elengi* flowers. *Int J Agr Technol* 14(5): 731–740.
- Parikh B, Patel VH (2017) Quantification of phenolic compounds and antioxidant capacity of an underutilized Indian fruit: Rayan [*Manilkara hexandra* (Roxb.) Dubard]. *Food Sci Hum Well* 6: 10–19.
- Pennington TD (2007) Sapotaceae. In Harling G and Persson C, *Flora of Ecuador* Vol. 80. Department of Systematic Botany, University of Göteborg, Section for Botany, Riksmuseum.
- Purnima A, Koti BC, Thippeswamy AHM, Jaji MS, Vishwantha AHM, Kurhe YV, Jaffar Sadiq A (2010) Antiinflammatory, analgesic and antipyretic activities of *Mimusops elengi* Linn. *Indian J Pharm Sci* 72(4): 480–485.
- Rajkumar S, Pandiselvi A, Sandhiya G (2012) Isolation of chemical constituents from *Mimusops elengi* bark and evaluation of anti-inflammatory activity. *Int J Phytopharm Res* 3(1): 9–15.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C (1999) Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26: 1231–1237.
- Rincón ACM, Patiño LOJ, Plazas GEA, Bulla NME, Roza TG, Puyana HM (2014) Estudio químico preliminar y evaluación de la actividad antioxidante, antialimentaria y tóxica, de la especie *Pernettya prostrata* (Ericaceae). *Rev Cubana Plant Med* 19(2):138–150.
- Sahu NP, Koike K, Jia Z, Nikaido T (1995) Novel triterpenoid saponins from *Mimusops elengi*. *Tetrahedron* 51(48): 13435–13446.
- Sahu NP, Koike K, Jia Z, Nikaido T (1997) Triterpenoid saponins from *Mimusops elengi*. *Phytochemistry* 44(6): 1145–1149.
- Sahu NP, Koike K, Jia Z, Mondal NB, Achari B, Nikaido T (1999) Structure determination and detailed <sup>1</sup>H, <sup>13</sup>C NMR assignments of triterpenes from *Mimusops elengi*. *Magn Reson Chem* 37(2): 152–156.
- Salimon J, Omar TA, Salih N (2014) Comparison of two derivatization methods for the analysis of fatty acids and *trans* fatty acids in bakery products using gas chromatography. *Sci World J* 2014: 906407.
- Saradha S, Ruckmani A, Chokkalingam M, Maignanakumar R, Arunkumar R, Madhavi E, Prabhu LR (2014) Hypoglycemic activity of aqueous and ethanolic extracts of *Manilkara zapota* seeds in streptozotocin induced diabetic rats. *Int J Pharm Pharm Sci* 6(2):434–437.
- Sathish Kumar R, Sureshkumar K, Velraj R (2015) Optimization of biodiesel production from *Manilkara zapota* (L.) seed oil using Taguchi method. *Fuel* 140: 90–96.
- Srivastava M, Singh J (1994) A new triterpenoid saponin from *Mimusops hexandra*. *Int J Pharmacogn* 32(2): 197–200.
- Semenya S, Potgieter M, Erasmus L (2012) Ethnobotanical survey of medicinal plants used by Bapedi healers to treat diabetes mellitus in the Limpopo Province, South Africa. *J Ethnopharmacol* 141(1): 440–445.
- Stavrinou PS, Andreou E, Aphamis G, Pantzaris M, Ioannou M, Patrikios IS, Giannaki CD (2020) The effects of a 6-month high dose omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids and antioxidant vitamins supplementation on cognitive function and functional capacity in older adults with mild cognitive impairment. *Nutrients* 12(2): 325.
- Stuchlík M, Stanislav S (2002) Vegetable lipids as components of functional foods. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub* 146(2): 3–10.
- The World Medical Association (2016) Declaración de la AMM sobre el Uso de Animales en la Investigación Biomédica [Internet]. Available at: <https://www.wma.net/es/polices-post/declaracion-de-la-amm-sobre-el-uso-de-animales-en-la-investigacion-biomedica/> (Accessed July 16, 2020).
- Uddin MM, Mostari F, Yeasmin S, Jalil MA, Akter N, Amin R, Islam B (2018) Evaluation of *in vitro* free radical scavenging and antioxidant activities of *Mimusops elengi* (Bokul) leaf extract. *Int J Innovative Pharm Sci Res* 6(9): 19–29.
- Valdez LL, Chóez IA, Carrillo GA, Miranda M (2019) Pharmacognostic study and evaluation of the antioxidant capacity of the fruit of two varieties of *Nephelium*

- lappaceum* L. (Sapindaceae), (rambutan). J Pharm Pharmacogn Res 8(1): 64–77.
- Vasudevan A, Vijayan D, Mandal P (2012) Anti-Inflammatory property of n-hexadecanoic acid: Structural evidence and kinetic assessment. Chem Biol Drug Des 80(3): 434–439.
- Villena CAN, Arroyo JLA (2012) Efecto antiinflamatorio del extracto hidroalcohólico de *Oenothera rosea* (yawar socco) en ratas con inducción a la inflamación aguda y crónica. Cienc Invest 15(1): 15–19.
- Winter CA, Risley EA, Nuss GW (1962) Carrageenin-induced edema in hind paw of the rat as an assay for anti-inflammatory drugs. Proc Soc Exp Biol Med Soc Exp Biol Med N Y N 111: 544–547.
- Zahid H, Rizwani GH, Khan M, Khalid S (2016) Anti-inflammatory and antioxidant activities of *Mimusops elengi* L. Br J Pharm Res 9(3): 1–10.

## AUTHOR CONTRIBUTION:

Contribution	Bustamante Pesantes KE	Gutiérrez Gaitén YI	Chóez Guaranda IA	Miranda Martínez M
Concepts or ideas	x	x	x	x
Design	x	x	x	x
Definition of intellectual content	x	x	x	x
Literature search	x	x		
Experimental studies	x	x	x	
Data acquisition	x	x	x	
Data analysis	x	x	x	x
Statistical analysis	x	x	x	x
Manuscript preparation	x		x	
Manuscript editing	x	x	x	x
Manuscript review	x	x	x	x

**Citation Format:** Bustamante Pesantes KE, Gutiérrez Gaitén YI, Chóez Guaranda IA, Miranda Martínez M (2021) Composición química, capacidad antioxidante y actividad antiinflamatoria de los frutos de *Mimusops coriácea* (A.DC) Mig (*Sapotaceae*) que crece en Ecuador [Chemical composition, antioxidant capacity and anti-inflammatory activity of the fruits of *Mimusops coriácea* (A.DC) Mig (*Sapotaceae*) that grows in Ecuador]. J Pharm Pharmacogn Res 9(1): 33–48.