


## Calidad nutricional y nutraceutica del fruto de tres especies de Annonaceae: guanábana, chirimoya y chincuya

### Nutritional and nutraceutical quality of the fruit of three species of Annonaceae: soursop, cherimoya and chincuya

Carlos Raúl López Martínez<sup>1</sup>  - María del Rosario García Mateos<sup>1</sup>   - María Teresa Martínez Damián<sup>1</sup>   
Luis Sánchez Sánchez<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Universidad Autónoma Chapingo, Instituto de Horticultura, Departamento de Fitotecnia

<sup>2</sup> Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza

 Autora de correspondencia: [rosgar08@hotmail.com](mailto:rosgar08@hotmail.com)

Recepción: 03-06-2021 / Aceptación: 30-08-2021

© Nova Scientia, bajo licencia Creative Commons

#### Resumen

Algunos de frutos de la familia Annonaceae son apreciados por sus cualidades organolépticas, digestivas, nutritivas, alimenticias, medicinales e industriales. Aunque existe información sobre el valor nutricional de algunas especies como *Annona muricata* (guanábana) y *A. cherimola* (chirimoya), otras destacan por sus propiedades medicinales y toxicidad. Sin embargo, se desconoce el potencial antioxidante y nutraceutico de la mayoría de ellas, como el de *A. purpurea* (chincuya). El objetivo de esta investigación fue evaluar la calidad nutricional y nutraceutica (compuestos fenólicos, flavonoides y ácido ascórbico) de tres especies de anonáceas: guanábana, chirimoya y chincuya, así como determinar la toxicidad de extractos metanólicos de pulpa, cáscara, semillas y hojas de estas especies a través de un bioensayo con *Artemia salina*, con la finalidad de contribuir al conocimiento científico de especies con potencial nutraceutico y económico de México. El fruto de chirimoya fue el que presentó la mayor concentración de proteína cruda (1.89 %), carbohidratos (20.65 %), los valores más altos de minerales (Ca, P, Mg, Na, Fe y Zn), compuestos fenólicos (366.27 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> p. f.) y ácido ascórbico (48.36 mg EAA 100 g<sup>-1</sup> p. f.). De acuerdo con la correlación de Pearson, la mayor actividad antioxidante se asoció con el contenido de compuestos fenólicos y ácido ascórbico; el fruto de guanábana superó a las dos especies restantes en los niveles de lípidos (0.31 %) y flavonoides (10.13 mg EQ 100 g<sup>-1</sup> p. f.). Finalmente, los extractos de semillas de chincuya y de chirimoya resultaron extremadamente tóxicos (CL<sub>50</sub> = 5.0 ppm) para *A. salina*, mientras que el extracto de pulpa de guanábana se clasificó como muy tóxico (CL<sub>50</sub> = 67.5 ppm); de acuerdo con los criterios reportados en otras investigaciones extremadamente tóxico (CL<sub>50</sub> ≤ 10 ppm) y muy tóxico (CL<sub>50</sub> 10 - 100 ppm).

**Palabras clave:** Anonáceas; compuestos fenólicos; flavonoides; ácido ascórbico; DPPH; ABTS; *Artemia salina*; toxicidad; antioxidantes; semillas; nutrición; frutos; extractos; pulpa; cáscara; hojas

#### Abstract

Some of the fruits of the family Annonaceae are appreciated for their organoleptic, digestive, nutritional, dietary, medicinal, and industrial properties. Although there is information about the nutritional value of some species such as *Annona muricata* (soursop) and *A. cherimola* (cherimoya), others are noted for their medicinal properties and toxicity. However, the antioxidant and nutraceutical potential of most of them, such as that of *A. purpurea* (chincuya), is unknown. The objective of this research was to evaluate nutritional and nutraceutical quality (phenolic compounds, flavonoids, and ascorbic acid) of three species of Annonaceae: soursop, cherimoya and chincuya, as well as to determine the toxicity of methanolic extracts of pulp, peel, seeds, and leaves of these species through a bioassay with *Artemia salina*, in order to contribute to the scientific knowledge of species with nutraceutical and economic potential in Mexico. The cherimoya fruit presented the highest concentration of crude protein (1.89 %), carbohydrates (20.65 %), the highest values of minerals (Ca, P, Mg, Na, Fe and Zn), phenolic compounds (366.27 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> F.W.) and ascorbic acid (48.36 mg EAA 100 g<sup>-1</sup> F.W.); according to Pearson's correlation, the highest antioxidant activity was associated with the content of phenolic compounds and ascorbic acid; soursop fruit was higher than the other two

species in lipid (0.31 %) and flavonoid levels (10.13 mg EQ 100 g<sup>-1</sup> F.W.). Finally, the chincuya and cherimoya seed extracts resulted extremely toxic (LC<sub>50</sub> = 5.0 ppm), while the soursop pulp extract was classified as very toxic (LC<sub>50</sub> = 67.5 ppm), according to the criteria reported in other investigations extremely toxic (LC<sub>50</sub> ≤ 10 ppm) and very toxic (LC<sub>50</sub> 10 - 100 ppm) in *A. salina*.

**Keywords:** Annonaceae; phenolic compounds; flavonoids; ascorbic acid; DPPH; ABTS; *Artemia salina*; toxicity; antioxidants; seeds; nutrition; fruits; extracts; pulp; peel; leaf

---

## 1. Introducción

Las anonáceas son consideradas una de las plantas más primitivas que existen. Son la familia más grande del Orden Magnoliales, e incluyen árboles tropicales, arbustos y trepadoras (Hernández-Fuentes *et al.*, 2016; Aminimoghdamfarouj *et al.*, 2011). El género *Annona* es uno de los más importantes de la familia Annonaceae, debido a sus cualidades organolépticas, digestivas y nutritivas. En los últimos años se ha incrementado el valor económico de las anonáceas en México. De éstas, el fruto de la guanábana es el más importante, ya que se distribuye en 15 de los 32 estados de la república mexicana, convirtiéndose en la especie con mayor área cultivada, volumen y valor de producción. Además, tiene una gran demanda en el mercado nacional e internacional como fruta fresca o procesada (Hernández-Fuentes *et al.*, 2016; Pinzón-García *et al.*, 2016; Hernández *et al.*, 2014). Entre los frutos apreciados por sus propiedades alimenticias, medicinales e industriales se encuentran la guanábana (*Annona muricata*), la chirimoya (*Annona cherimola*) y la chincuya (*Annona purpurea*) (González-Vega, 2013). Sin embargo, se desconocen los contenidos de los principales ingredientes nutracéuticos y antioxidantes en los frutos de estas especies, principalmente de la chincuya.

Las frutas y los vegetales son la mayor fuente de sustancias o ingredientes nutracéuticos —productos del metabolismo secundario— que proporcionan beneficios a la salud del consumidor (Wildman y Kelley, 2007), y de sustancias que se asocian con propiedades antiinflamatorias, antienvjecimiento y desintoxicantes (Scarafoni *et al.*, 2007). Algunos nutracéuticos también son antioxidantes: actúan en la prevención de algunas enfermedades crónico-degenerativas (cardiovasculares y cáncer) provocadas por el daño oxidativo (Das *et al.*, 2012). Entre los nutracéuticos, se encuentran principalmente las vitaminas C y E, los carotenoides, las antocianinas, algunos flavonoides y otros compuestos fenólicos (Floegel *et al.*, 2011)

Algunas especies de la familia Annonaceae (*A. muricata*, *A. squamosa* y *A. purpurea*) se caracterizan por la presencia de sustancias bioactivas presentes en hojas, raíz, corteza de tallo, frutas y semillas, lo que explica su uso en medicina tradicional para tratar diversas enfermedades (respiratorias, hipertensión, diabetes y cáncer) (Coria-Téllez *et al.*, 2018; García *et al.*, 2012). Desde hace décadas, *A. muricata* ha sido estudiada debido a su potencial terapéutico y tóxico por la bioactividad de los numerosos metabolitos identificados (alcaloides, compuestos fenólicos, flavonoides, ciclopéptidos y acetogeninas). Estudios etnobotánicos también señalan sus propiedades antiparasitarias e insecticidas (Coria-Téllez *et al.*, 2018). Sin embargo, por falta de validación científica, aún existe desconocimiento sobre algunos fitoquímicos con actividad biológica que podrían justificar las propiedades medicinales (anticancerígenas, antiinflamatorias, antibacterianas, antimicrobianas y citotóxicas) que se le atribuyen a estas especies (Luján-Hidalgo *et al.*, 2015; García *et al.*, 2012).

Los estudios de bioactividad pueden ser la base de la aplicación terapéutica de plantas con actividad medicinal, pero los análisis toxicológicos también son importantes para considerar sus usos medicinales *versus* su toxicidad, por los posibles efectos nocivos de los productos preparados a partir de la planta (Coria-Téllez *et al.*, 2018). Actualmente, se ha incrementado el estudio de plantas con posible actividad anticancerígena, antiviral y citotóxica (García *et al.*, 2012; Aminimoghdamfarouj *et al.*, 2011; Fernández-Calienes Valdés *et al.*, 2009). Como parte de los estudios realizados para evaluar de manera preliminar la actividad biológica *in vitro* de algunas plantas con actividad tóxica, se utilizan modelos biológicos en estudios biodirigidos con el crustáceo *Artemia salina*; un bioensayo sencillo, económico, fiable y útil para el estudio de la actividad toxicológica y farmacológica de extractos de especies vegetales que sirven como fuentes de principios activos de origen natural (Hamidi *et al.*, 2014; Maruthanayagam *et al.*, 2013; Meyer *et al.*, 1982).

Con base en lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar la calidad nutricional y nutracéutica (compuestos fenólicos, flavonoides y ácido ascórbico) de tres especies de anonáceas: guanábana (*Annona muricata* L.), chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) y chincuya (*Annona purpurea* Moc. et Sess.), así como determinar la toxicidad de los extractos metanólicos de pulpa, cáscara, semillas y hojas de estas especies, mediante un bioensayo en *Artemia salina*. La finalidad es contribuir en el conocimiento científico de estas especies con potencial nutracéutico y antioxidante en beneficio de la salud del consumidor y, en consecuencia, generar demanda para el productor de especies de baja demanda comercial.

## 2. Método

### ***Recolecta del material vegetal***

La adquisición de frutos y hojas de anonáceas (guanábana, chirimoya y chincuya) se realizó en diferentes estados de la república mexicana, de acuerdo con los lugares de mayor producción. La guanábana se obtuvo en la localidad Cofradía de Morelos, municipio de Tecomán, en el estado de Colima (18° 53' 20' 'LN 103° 50' 23' 'LO) a una altitud de 28 m. La chirimoya se obtuvo en Tlalnepantla, estado de Morelos (19° 00' 33' 'LN 98° 59' 42' 'LO) a una altitud de 2052 m. La chincuya se encontró en la comunidad de Las Salinas, municipio de Chicomuselo, en el estado de Chiapas (15° 45' 07' 'LN 92° 16' 08' 'LO) a una altitud de 590 m. El material vegetal se recolectó aleatoriamente, libre de enfermedades y sin daños visibles, y los frutos en estado de madurez fisiológica. Las muestras se lavaron con agua de la llave y se enjuagaron con agua destilada. Los frutos se despulparon manualmente. La pulpa, la cáscara, las semillas y las hojas se almacenaron a -20 °C para su posterior liofilización en un equipo modelo 7670520 (LABCONCO, Kansas, USA), a -40 °C y 12 Pa, por 24 h. El material liofilizado se almacenó en bolsas herméticas a temperatura ambiente, hasta su análisis.

### ***Análisis proximal***

Se determinó el contenido de humedad, cenizas, proteína cruda, lípidos y fibra cruda en la pulpa de los frutos, de acuerdo con la metodología establecida por la AOAC (Horwitz, 2002). El contenido de carbohidratos totales se calculó mediante la fórmula  $CT = 100 - (C + PC + L + FC)$ , donde: CT = Carbohidratos totales (%), C = Cenizas (%), PC = Proteína cruda (%), L = Lípidos (%), FC = Fibra cruda (%). Los resultados obtenidos se expresaron como porcentaje en peso fresco.

### ***Análisis mineral***

En la pulpa de cada fruto se cuantificó el contenido de Ca, P, Mg, K, Na, Fe, Zn, Cu, Mn y B, de acuerdo con la metodología propuesta por Alcántar y Sandoval (1999). Se procesaron 0.25 g de cada muestra liofilizada y molida mediante una digestión húmeda con 3 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:HNO<sub>3</sub>:H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, en relación 2:1:1 (v:v:v) a 190 °C. El extracto resultante se aforó a 25 mL con agua desionizada y se filtró con papel Whatman No. 41. Posteriormente, las muestras fueron analizadas en un equipo de espectrometría de emisión e inducción por plasma (Agilent 725 Series ICP-OES).

### ***Cuantificación de compuestos nutracéuticos***

Se prepararon extractos metanólicos para la evaluación de los compuestos fenólicos y flavonoides con la pulpa liofilizada de cada especie. Se pesó 1 g de muestra y se mezcló con 25 mL de MeOH acuoso 95 % (v/v). Posteriormente, la mezcla se mantuvo por 20 min en un equipo de ultrasonido (Cole-Palmer, Pasadena, USA) a temperatura ambiente, y el sobrenadante se aforó a 25 mL con MeOH acuoso a 80 % (v/v). Para determinar la actividad antioxidante, se mezclaron 0.4 g de muestra y 10 mL de MeOH acuoso a 80 % (v/v); después se sonicó por 20 min a temperatura ambiente. Los extractos se mantuvieron en refrigeración y oscuridad, hasta su análisis.

### ***Compuestos fenólicos***

Se utilizó el método espectrofotométrico descrito por Waterman y Mole (1994). Del extracto previamente preparado con MeOH 95 % (v/v), se tomó una alícuota de 0.5 mL y se mezcló con 10 mL de carbonato de sodio (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) a 10 % (p/v); la mezcla se homogenizó con un vórtex y se mantuvo en baño maría a 38 °C por 15 min. Se tomó 1 mL de esta combinación y se le adicionaron 3 mL de agua destilada más 1 mL de solución Folín-Ciocalteu:agua 1:1 (v:v)

homogenizando perfectamente, y se dejó en reposo por 15 min a temperatura ambiente y oscuridad. Posteriormente, se midió la absorbancia a 760 nm en un espectrofotómetro Genesys 10s (Thermoscientific, Florida, USA). El contenido de compuestos fenólicos se calculó a partir de una curva estándar de ácido gálico ( $y = 0.0002x - 0.0003$ ;  $R^2 = 0.9831$ ) y el resultado se expresó en mg equivalentes de ácido gálico por 100 g de peso fresco (mg EAG 100 g<sup>-1</sup> p.f.).

### **Flavonoides**

El contenido de flavonoides se determinó por el método propuesto por Chang *et al.* (2002). Del primer extracto metanólico se tomaron 0.5 mL y se mezclaron con 1.5 mL de MeOH 95 % (v/v), 0.1 mL de solución de cloruro de aluminio (AlCl<sub>3</sub>) a 10 % (p/v), 0.1 mL de solución de acetato de potasio (CH<sub>3</sub>COOK) 1.0 M y 2.8 mL de agua destilada; la mezcla se homogenizó en un vórtex y se incubó a temperatura ambiente por 30 min. Concluido el tiempo se midió la absorbancia de la muestra a una longitud de onda de 415 nm en un espectrofotómetro Genesys 10s (Thermoscientific, Florida, USA). La cuantificación de flavonoides se realizó a partir de una curva estándar de quercetina ( $y = 0.0041x - 0.0003$ ;  $R^2 = 0.9976$ ) y los resultados se expresaron en mg equivalentes de quercetina por 100 g de peso fresco (mg EQ 100 g<sup>-1</sup> p.f.).

### **Ácido ascórbico**

La concentración de ácido ascórbico en la pulpa de los frutos se determinó por el método oficial de la AOAC 967.21 (Horwitz, 2002). 1.0 g de pulpa liofilizada de cada especie se maceró separadamente con 10 mL de ácido metafosfórico 3 % – ácido acético 8 % (HPO<sub>3</sub>-CH<sub>3</sub>COOH) (p/v), se filtró con papel Whatman No. 1 y se aforó a un volumen de 10 mL con la misma solución (HPO<sub>3</sub>-CH<sub>3</sub>COOH). De este extracto se tomaron 2 mL y se mezclaron con 5 mL de HPO<sub>3</sub>-CH<sub>3</sub>COOH; la mezcla se tituló rápidamente con una solución de 2,6-dicloroindofenol (0.05 % p/v), hasta observar un cambio de color a un tono rosa ligero. Por otro lado, se tituló por triplicado un blanco de 2 mL de ácido ascórbico (1 mg mL<sup>-1</sup>) y 5 mL de HPO<sub>3</sub>-CH<sub>3</sub>COOH, con 2,6-dicloroindofenol (0.05 % p/v) hasta que la solución cambió de color a un tono rosa ligero. El contenido de ácido ascórbico se calculó mediante la siguiente fórmula: mg ácido ascórbico g<sup>-1</sup> =  $(X - B) (F \times E^{-1}) (V \times A^{-1})$ , donde: X = mL promedio de 2,6-dicloroindofenol utilizados para la titulación de la muestra; B = mL promedio de 2,6-dicloroindofenol utilizados para la titulación del blanco; F = mg de ácido ascórbico equivalentes a 1 mL de la solución estándar de 2,6-dicloroindofenol; E = g de muestra; V = volumen inicial de la muestra; A = volumen de la muestra después de la titulación. La concentración de ácido ascórbico se expresó en mg equivalentes de ácido ascórbico por 100 g de peso fresco (mg EAA 100 g<sup>-1</sup> p. f.), considerando el contenido de humedad del análisis proximal.

### **Actividad antioxidante**

#### **Método DPPH**

La actividad antioxidante en la pulpa liofilizada de los frutos se evaluó por el método descrito por Kim *et al.* (2002). Se preparó una solución del radical libre DPPH<sup>•+</sup> (2,2-Difenil-1-picrilhidrazilo) a una concentración de 100 μM en metanol acuoso a 80 % (v/v) y se midió la absorbancia a 517 nm (A<sub>I</sub> = Absorbancia inicial). Se tomó 0.1 mL del extracto metanólico de cada muestra y se mezcló con 2.9 mL de la solución del radical libre DPPH<sup>•+</sup>. La mezcla se homogenizó con un vórtex y se mantuvo en oscuridad por 30 min a temperatura ambiente, transcurrido el tiempo se midió la absorbancia en un espectrofotómetro Genesys 10s (Thermoscientific, Florida, USA) a 517 nm (A<sub>F</sub> = Absorbancia final). El porcentaje de inhibición del DPPH se calculó mediante la fórmula: % DPPH<sub>inhibido</sub> =  $[1 - (A_F / A_I)] \times 100$ . La actividad antioxidante se determinó a partir de una curva estándar de trolox (Ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico) ( $y = 0.0784x + 1.972$ ;  $R^2 = 0.9973$ ) y se expresó como micromoles equivalentes de trolox por cada 100 g de peso fresco (μM ET 100 g<sup>-1</sup> p.f.).

#### **Método ABTS**

La actividad antioxidante por el radical ABTS<sup>•+</sup> se obtuvo de acuerdo con la metodología desarrollada por Re *et al.* (1999). El radical se generó mediante la reacción de 10 mL de ABTS (Ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolin)-6-sulfónico) 7 mM con 6.61 mg de persulfato potásico K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>, para obtener una concentración final de 2.45 mM. La mezcla se incubó a temperatura ambiente en oscuridad por 16 h. Una vez formado el radical ABTS<sup>•+</sup> se tomó 1 mL y

se diluyó con etanol absoluto hasta obtener un valor de absorbancia comprendida entre  $0.70 \pm 0.1$  a una longitud de onda de 734 nm. Posteriormente, se mezclaron 1 mL de ABTS<sup>•+</sup> 7 mM y 10 µL del extracto metanólico de la muestra, la mezcla se incubó en baño maría a 30 °C en oscuridad por 7 min, transcurrido el tiempo se midió la absorbancia en un espectrofotómetro Genesys 10s (Thermoscientific, Florida, USA) a 734 nm. El porcentaje de inhibición del ABTS<sup>•+</sup> se obtuvo mediante la fórmula:  $\% \text{ ABTS}_{\text{inhibido}} = [(A_I - A_F) / A_I] \cdot 100$ ; donde:  $A_I$  = Absorbancia inicial del radical libre;  $A_F$  = Absorbancia final de la reacción del radical libre con la muestra. La actividad antioxidante se calculó con una curva estándar ( $y = 0.2154x - 3.4097$ ;  $R^2 = 0.9958$ ) a base de trolox (Ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico), los resultados se expresaron como micromoles equivalentes de trolox por cada 100 g de peso fresco (µM ET 100 g<sup>-1</sup> p.f.).

#### *Evaluación de la toxicidad en Artemia Salina*

Se prepararon extractos metanólicos con 15 g del material vegetal liofilizado década tejido por separado (pulpa, cáscara, semillas y hojas) de cada especie mediante una extracción con un equipo Soxhlet manteniendo en recirculación 250 mL de MeOH (99.8 % v:v) a 65 °C por 8 h. Cada extracto se concentró a vacío en un rotavapor Büchi R-210 para eliminar el disolvente, obtener el extracto crudo y determinar el rendimiento. Los extractos crudos se almacenaron a -20 °C hasta su análisis.

La toxicidad de los extractos crudos se evaluó utilizando el modelo biológico de *A. salina* propuesto por Meyer *et al.* (1982). Para la eclosión de los nauplios se pesaron 20 mg de huevecillos del crustáceo y se incubaron en un medio salino simulado de NaCl (35 g L<sup>-1</sup>) a 25 °C por 24 h, con oxigenación e iluminación artificial. La prueba se realizó en viales con 5 mL de medio salino y cada uno de los extractos metanólicos crudos a una concentración de 1000, 100 y 10 ppm, a los cuales se agregaron 10 nauplios por vial. Cada ensayo se realizó por triplicado, usando un blanco como referencia. Los viales se mantuvieron con iluminación a 25 °C por 24 h; transcurrido el tiempo se contaron los crustáceos que sobrevivieron y se calculó la Concentración Letal Media (CL<sub>50</sub>) mediante un análisis Probit.

#### *Análisis estadístico*

Para el análisis de datos se utilizó un diseño experimental completamente al azar. Los resultados se expresaron con la media y la desviación estándar tomando como base para cada especie tres repeticiones (n = 3) para el análisis proximal y mineral y cuatro repeticiones (n = 4) para la cuantificación de los componentes antioxidantes. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de comparación de medias de Tukey para evaluar las diferencias entre los frutos a un nivel de significancia ( $P \leq 0.05$ ). Se calculó el coeficiente de correlación de Pearson para cada par de variables y poder obtener una perspectiva general entre la capacidad antioxidante y los compuestos antioxidantes presentes en la pulpa de cada fruto. La toxicidad de los extractos metanólicos de pulpa, cáscara, semillas y hojas de cada especie sobre *A. salina*, se evaluó por medio de un análisis Probit, en donde se determinó la Concentración Letal Media (CL<sub>50</sub>) de tres repeticiones (n = 3). El análisis estadístico de los datos se realizó mediante el programa Statistical Analysis System (SAS, 2000).

### **3. Resultados y discusión**

#### **3.1 Análisis proximal**

La chirimoya presentó la mayor concentración de proteína cruda y carbohidratos entre los frutos de las especies estudiadas (tabla 1). Al respecto, Menchú *et al.* (2012) reportaron valores menores de proteína (1.6 %) y carbohidratos (17.7 %) en los frutos de la misma especie. Por otra parte, valores similares de proteína (1.3-1.9 %) y carbohidratos (17.6-21.1 %) fueron reportados por Albuquerque *et al.* (2016). Aunque González-Vega (2013) y el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF, 2018) encontraron un menor contenido de proteína (1.0 y 1.5 %) y una concentración similar de carbohidratos (22.0 y 20.2 %) a lo presentado en la presente investigación. Asimismo, el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán encontró en la pulpa de chirimoya un mayor contenido de proteína (2.3 %) y una menor concentración de carbohidratos (14.3 %) (INCMNSZ, 2015).

Álvarez (2010) y Menchú *et al.* (2012) reportaron en guanábana un menor contenido de proteína de 1.0 % en ambos estudios y una concentración de carbohidratos (14.6 y 16.8 %) similar a lo encontrado en esta investigación. Vit *et al.* (2014) mostraron un valor menor en proteína (0.3 %) para esta especie. Otra investigación reportó una menor

concentración de proteína y carbohidratos (0.6 y 6.8 %, respectivamente) (ICBF, 2018). En comparación con otros frutos, los contenidos de proteína y carbohidratos en las especies de anonáceas (tabla 1) fueron superiores a lo reportado en frutos de mayor demanda comercial como naranja (0.85 y 9.30 %, respectivamente), fresa (0.84 y 5.28 %, respectivamente), limón (0.78 y 9.21 %, respectivamente) y piña (0.56 y 8.37 %, respectivamente) (INCMNSZ, 2015).

**Tabla 1.** Composición nutrimental en pulpa de tres especies de Anonáceas.

**Table 1.** Nutritional composition in pulp of three species of Annonaceae.

Especie	Humedad (%)	Cenizas (%)	Proteína cruda (%)	Lípidos (%)	Fibra cruda (%)	Carbohidratos (%)
Guanábana	81.70±1.179 b*	0.94 ± 0.053 a	1.49 ± 0.119 b	0.31 ± 0.020 a	1.16 ± 0.013 a	14.41 ± 0.855 b
Chirimoya	75.49±0.023 c	0.56 ± 0.021 b	1.89 ± 0.005 a	0.24 ± 0.002 b	1.17 ± 0.010 a	20.65 ± 0.052 a
Chincuya	85.38±0.312 a	0.64 ± 0.026 b	1.17 ± 0.027 c	0.15 ± 0.001 c	1.34 ± 0.039 a	11.32 ± 0.267 c
DHS <sup>†</sup>	1.76	0.09	0.17	0.02	0.19	1.29

Nota: \* Media ± desviación estándar (n = 3); medias con letras diferentes en la misma columna son estadísticamente diferentes (Tukey,  $P \leq 0.05$ ). <sup>†</sup> DHS: Diferencia Honesta Significativa.

Note: \* Mean ± standard deviation (n = 3); means with different letters in the same column are statistically different (Tukey,  $P \leq 0.05$ ). <sup>†</sup> HSD: Honest Significant Difference.

La concentración de lípidos en las especies estudiadas fue superior en guanábana (tabla 1), similar a lo reportado por Menchú *et al.* (2012) y el ICBF (2018) (0.3 y 0.2 %, respectivamente), pero menor a los valores encontrados por Álvarez (2010) y Vit *et al.* (2014) (1.0 y 0.6 %, respectivamente). El INCMNSZ (2015) reportó en chirimoya un contenido de lípidos (0.3 %) ligeramente superior; sin embargo, otros autores reportaron un contenido menor (0.1 %) respecto a los resultados observados en la presente investigación (González-Vega, 2013; Albuquerque *et al.*, 2016).

No se encontraron diferencias significativas de la concentración de fibra cruda entre especies (tabla 1). Es importante destacar que el valor de fibra cruda de estos frutos superó a lo reportado por el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán en frutos como limón (1.1 %), piña (0.4 %) y naranja (0.3 %) (INCMNSZ, 2015). Álvarez (2010) encontró una concentración menor de fibra (0.7 %) comparada con la del presente estudio, así como a la cantidad menor (2.0-5.3 %) a la reportada por Albuquerque *et al.* (2016).

Cabe señalar que el consumo de frutas y hortalizas con valores altos en fibra provee beneficios para la prevención y tratamiento de enfermedades crónicas como las afecciones cardiovasculares, diabetes mellitus, cáncer y la hipertensión arterial, al ser fundamental para el adecuado funcionamiento del intestino (Almeida-Alvarado *et al.*, 2014; Eswaran *et al.*, 2013). De acuerdo con varios estudios, la recomendación diaria de fibra dietética se encuentra entre 21 y 38 g por día dependiendo de algunos factores como la edad y sexo de los consumidores (Meisner *et al.*, 2011). Las frutas ocupan el tercer lugar dentro de las principales fuentes dietéticas de fibra después de los cereales y las verduras, aportando de 11 a 26 % del total requerido en la dieta, por lo que deben ser consideradas en la alimentación diaria (Meisner *et al.*, 2011).

Las diferencias encontradas en los contenidos nutricionales entre las especies estudiadas, así como lo valores reportados en otras investigaciones se podrían deber a la variabilidad entre especies, estado de madurez, factores edafoclimáticos del lugar de origen, así como a las técnicas de preparación y análisis (de Castro *et al.*, 2013).

### 3.2 Análisis mineral

La chirimoya destacó de los frutos restantes al presentar los niveles más altos de Ca, P, Mg, Na, Fe y Zn (tabla 2). Comparando los datos de chirimoya del presente estudio con otras investigaciones, se encontró un contenido similar de Ca (24.0 mg 100 g<sup>-1</sup> p. f.), P (47.0 mg 100 g<sup>-1</sup> p. f.) y Fe (0.4 mg 100 g<sup>-1</sup> p. f.) (González-Vega, 2013); el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán reportó valores menores en P (27.0 mg 100 g<sup>-1</sup> p. f.) y Na (7.0 mg 100 g<sup>-1</sup> p. f.), similares en Mg (17.0 mg 100 g<sup>-1</sup> p. f.), Zn (0.16 mg 100 g<sup>-1</sup> p. f.), Cu (0.09 mg 100 g<sup>-1</sup> p. f.), Mn (0.08 mg 100 g<sup>-1</sup> p. f.) y mayores en Ca (60.0 mg 100 g<sup>-1</sup> p. f.) y K (287.0 mg 100 g<sup>-1</sup> p. f.) (INCMNSZ, 2015).

**Tabla 2.** Composición mineral en pulpa de tres especies de Anonáceas.**Table 2.** Mineral composition in pulp of three species of Annonaceae.

Especie	Mineral (mg 100 g <sup>-1</sup> p. f.)									
	Ca	P	Mg	K	Na	Fe	Zn	Cu	Mn	B
<b>Guanábana</b>	20.26 ± 1.53 c*	35.82 ± 0.33 b	16.41 ± 0.34 b	281.50 ± 1.38 a	13.63 ± 0.51 c	0.33 ± 0.020 b	0.07 ± 0.005 b	0.07 ± 0.012 a	0.08 ± 0.005 a	0.40 ± 0.010 a
<b>Chirimoya</b>	31.09 ± 1.39 a	43.18 ± 1.33 a	18.17 ± 0.43 a	203.84 ± 6.69 b	19.49 ± 1.00 a	0.47 ± 0.021 a	0.14 ± 0.005 a	0.06 ± 0.006 ab	0.07 ± 0.021 a	0.32 ± 0.025 b
<b>Chincuya</b>	24.16 ± 0.35 b	26.39 ± 0.52 c	17.13 ± 0.11 b	277.73 ± 8.56 a	16.34 ± 1.04 b	0.22 ± 0.006 c	0.07 ± 0.005 b	0.04 ± 0.006 b	0.09 ± 0.000 a	0.22 ± 0.010 c
<b>DHS<sup>†</sup></b>	3.03	2.12	0.81	15.84	2.21	0.04	0.01	0.02	0.03	0.04

*Nota:* \* Media ± desviación estándar (n = 3); medias con letras diferentes en la misma columna son estadísticamente diferentes (Tukey,  $P \leq 0.05$ ). <sup>†</sup>DHS: Diferencia Honesta Significativa.

*Note:* \* Mean ± standard deviation (n = 3); means with different letters in the same column are statistically different (Tukey,  $P \leq 0.05$ ). <sup>†</sup>HSD: Honest Significant Difference.

Por otro lado, la guanábana presentó la mayor concentración de K, Cu y de B respecto a las especies restantes. Ramírez-Méndez *et al.* (2012) reportaron en guanábana valores superiores de Mg (23.8 g 100 g<sup>-1</sup> p. f.) y Na (22.6 mg 100 g<sup>-1</sup> p. f.), pero menores en Ca (14.3 mg 100 g<sup>-1</sup> p. f.), P (28.0 g 100 g<sup>-1</sup> p. f.) y K (46.3 mg 100 g<sup>-1</sup> p. f.). Asimismo, Ramírez y de Delahaye (2011) reportaron valores menores en Ca (10.7 mg 100 g<sup>-1</sup> p. f.) y K (112.2 mg 100 g<sup>-1</sup> p. f.) pero una concentración mayor de Fe (2.3 mg 100 g<sup>-1</sup> p. f.) con respecto a la presente investigación. Las diferencias observadas entre las especies reportadas en otros estudios, se pueden deber a diversas condiciones edafológicas (condiciones del suelo) y climáticas en las que se cultivaron las plantas, factores que influyen sobre la calidad nutricional de los frutos (Ramírez-Méndez *et al.*, 2012; Pérez *et al.*, 2017).

Existen diferencias en la composición mineral entre frutos de mayor demanda comercial y las especies de anonáceas estudiadas (tabla 2), el contenido de Ca, Na, P y Mg superó a lo reportado en manzana (6.0, 1.0, 11.0 y 5.0 mg 100 g<sup>-1</sup> p. f., respectivamente), piña (13.0, 1.0, 8.0 y 12.0 mg 100 g<sup>-1</sup> p. f., respectivamente) y fresa (16.0, 1.0, 24.0 y 13.0 mg 100 g<sup>-1</sup> p. f., respectivamente) (Menchú *et al.*, 2012). Los frutos de guanábana, chirimoya y chincuya son una fuente de alimento rica en K, el mineral más abundante en frutas (Ramírez-Méndez *et al.*, 2012), con valores superiores a los encontrados en fresa, limón, manzana, naranja y piña (157.0, 143.0, 107.0, 134.0 y 159.0 mg 100 g<sup>-1</sup> p.f., respectivamente) y menores a lo reportado en plátano (328.0 mg 100 g<sup>-1</sup> p.f.) y guayaba (337.0 mg 100 g<sup>-1</sup> p.f.) (ICBF, 2018). Las frutas y las verduras constituyen un grupo de alimentos saludables para el consumidor por su alto contenido de minerales en la dieta, esenciales para los procesos biológicos ya que desempeñan un papel vital en las funciones metabólicas, el crecimiento normal y desarrollo (Baca-Ibáñez *et al.*, 2016; Rodríguez-Leyton, 2019).

### 3.3 Contenido de compuestos nutraceuticos

El análisis de estos metabolitos mostró diferencias significativas entre las especies estudiadas (tabla 3). La pulpa de chirimoya presentó los valores más altos de compuestos fenólicos y ácido ascórbico; en contraste, el mayor contenido de flavonoides se encontró en la pulpa de guanábana. Aunque el fruto de chincuya no destacó de los demás frutos estudiados, se debe considerar para futuros estudios.

De acuerdo a los resultados obtenidos en guanábana (tabla 3), se encontraron diferencias con otras investigaciones hechas en esta especie. Un mayor contenido de compuestos fenólicos (6420 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> p. f.) y menor concentración de flavonoides (2.1 mg EQ 100 g<sup>-1</sup> p. f.) y ácido ascórbico (13.2 mg EAA 100 g<sup>-1</sup> p. f.) fue reportado en guanábana por Terán-Erao *et al.* (2019). Vit *et al.* (2014) encontraron una mayor concentración de compuestos fenólicos (624.2 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> p. f.) y flavonoides (480.6 mg EQ 100 g<sup>-1</sup> p. f.). Isabelle *et al.* (2010) reportaron valores más altos en el contenido de compuestos fenólicos (236.0 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> p. f.), pero menor concentración de ácido ascórbico (15.9 mg EAA 100 g<sup>-1</sup> p. f.). Menchú *et al.* (2012) y de Hernández *et al.* (2012) señalaron menor cantidad de ácido ascórbico (21.0 y 28.5 mg EAA 100 g<sup>-1</sup> p. f.) en la misma especie. En chirimoya también hubo diferencias con otros estudios publicados. Albuquerque *et al.* (2016) encontraron un contenido menor de compuestos fenólicos (3.06-12.0 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> p.f.) y de ácido ascórbico (2.13-6.73 mg EAA 100 g<sup>-1</sup> p. f.). También, González-Vega (2013) reportó una menor concentración de ácido ascórbico (18.0 mg EAA 100 g<sup>-1</sup> p.f.) y

Loizzo *et al.* (2012) obtuvieron un valor ligeramente mayor de flavonoides (3.8 mg EQ 100 g<sup>-1</sup> p. f.) en esta especie. Estas diferencias pueden ser atribuidas a diversos factores, ya que la composición química depende de varios factores como: estado fenológico, origen geográfico, condiciones ambientales de crecimiento, variabilidad genética, entre otros (Ramírez *et al.*, 2011).

**Tabla 3.** Contenido de compuestos fenólicos, flavonoides y ácido ascórbico en pulpa de tres especies de Anonáceas.  
**Table 3.** Content of phenolic compounds, flavonoids, and ascorbic acid in pulp of three species of Annonaceae.

Especie	Compuesto fenólicos (mg EAG 100 g <sup>-1</sup> p.f.)*	Flavonoides (mg EQ 100 g <sup>-1</sup> p.f.)**	Ácido ascórbico (mg EAA 100 g <sup>-1</sup> p.f.)***
Guanábana	154.44 ± 8.830 c <sup>†</sup>	10.13 ± 0.933 a	34.82 ± 0.426 b
Chirimoya	366.27 ± 2.934 a	1.84 ± 0.693 c	48.36 ± 0.527 a
Chincuya	181.93 ± 3.121 b	5.35 ± 0.666 b	30.16 ± 0.210 c
DHS <sup>†</sup>	11.19	1.53	0.81

Nota: \* mg Equivalentes de Ácido Gálico 100 g<sup>-1</sup> peso fresco; \*\* mg Equivalentes de Quercetina 100 g<sup>-1</sup> peso fresco; \*\*\* mg Equivalentes de Ácido Ascórbico 100 g<sup>-1</sup> peso fresco; <sup>†</sup> media ± desviación estándar (n = 4); medias con letras diferentes en la misma columna son estadísticamente diferentes (Tukey,  $P \leq 0.05$ ). <sup>†</sup> DHS: Diferencia Honesta Significativa.

Note: \* mg Gallic Acid Equivalents 100 g<sup>-1</sup> fresh weight; \*\* mg Quercetin Equivalents 100 g<sup>-1</sup> fresh weight; \*\*\* mg Ascorbic Acid Equivalents 100 g<sup>-1</sup> fresh weight; <sup>†</sup> mean ± standard deviation (n = 4); means with different letters in the same column are statistically different (Tukey,  $P \leq 0.05$ ). <sup>†</sup> HSD: Honest Significant Difference.

Zapata *et al.* (2014) señalaron que las frutas se pueden clasificar de acuerdo al contenido de compuestos fenólicos en tres categorías (alto, intermedio y bajo); dentro del contenido alto (1192 a 1864.4 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> p.s.) se encuentran frutos como mora, fresa y guayaba; en la clasificación intermedia (124.7 a 426.7 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> p.s.) se ubican los frutos de manzana roja, uva, piña y pera; por último están los frutos con contenido bajo (30.5 y 84.8 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> p.s.) como durazno y plátano, respectivamente. Por lo tanto, se calcularon los valores de los compuestos fenólicos en peso seco de guanábana, chirimoya y chincuya considerando los valores de humedad del análisis proximal (tabla 1) para ubicarlos en la clasificación como frutos con un alto contenido de compuestos fenólicos (844.3, 1494.3 y 1244.3 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> p. s., respectivamente).

Los compuestos fenólicos se encuentran presentes en frutas, hortalizas, tubérculos y cereales; participan en diversas funciones metabólicas en las plantas, en el crecimiento y reproducción, y en la protección contra patógenos externos y el estrés (radiación UV y depredadores) en las plantas (Peñarrieta *et al.*, 2014). Estos metabolitos de gran importancia, constituyen un grupo de antioxidantes naturales importantes en la dieta con múltiples beneficios biológicos para el ser humano, tales como la prevención de enfermedades cardiovasculares y degenerativas (Moreno *et al.*, 2014). Los flavonoides el grupo abundante de los compuestos fenólicos, proporcionan resistencia contra la fotooxidación de la luz ultravioleta del sol, intervienen en el transporte de hormonas y algunos funcionan como defensa ante los depredadores. El hombre los consume en la dieta ya que están presentes de forma abundante en vegetales, frutas rojas como fresas, zarzamoras, cítricos, chocolate, nueces, vino tinto y en varias plantas medicinales. Estos fitoquímicos poseen una amplia gama de actividades farmacológicas entre las que destacan sus propiedades antioxidantes, las cuales les confieren capacidad de proteger a las células del estrés oxidativo relacionado con patologías asociadas al envejecimiento, como las enfermedades de Alzheimer y Parkinson (Estrada-Reyes *et al.*, 2012). El ácido ascórbico (vitamina C) es un nutriente esencial para la biosíntesis del colágeno y un cofactor en la biosíntesis de las catecolaminas, L-carnitina, colesterol, aminoácidos, y algunas hormonas peptídicas. La falta de vitamina C causa escorbuto, una condición patológica que conduce a la fragilidad de los vasos sanguíneos y daño del tejido conectivo, está potencialmente implicada en la prevención del cáncer y enfermedades cardiovasculares (Grosso *et al.*, 2013); es un micronutriente al que tradicionalmente se le ha reconocido un poder ante infecciones agudas, refriados comunes, etc., y cuya efectividad sobre el sistema inmunitario ha sido estudiada (Mauro-Martín y Garicano-Vilar, 2015).

Los frutos estudiados presentaron un contenido de ácido ascórbico similar a lo reportado en limón, naranja y piña (38.5, 49.0 y 35.8 mg EAA 100 g<sup>-1</sup> p. f., respectivamente), mayor a frutas como manzana y mandarina (5.35 y 29.4 mg EAA 100 g<sup>-1</sup> p. f., respectivamente), menor al de fresa y guayaba (79.7 y 223.2 mg EAA 100 g<sup>-1</sup> p. f.,



respectivamente) (INCMNSZ, 2015). Se puede considerar incluir a las anonáceas dentro de la dieta por su aporte a los requerimientos diarios que se encuentran entre 15 y 120 mg dependiendo de la edad y condición de la persona (Bastías y Cepero, 2016).

### 3.4 Actividad antioxidante

Las sustancias antioxidantes desempeñan una función fundamental en la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles debido a que tienen la capacidad de inhibir la oxidación de moléculas (lípidos, proteínas y ácidos nucleicos) evitando que se alteren las funciones celulares, por lo tanto, actúan como protectores contra especies reactivas de oxígeno o radicales libres. Muchos antioxidantes pueden ser sintetizados en el cuerpo u obtenidos a partir de una dieta basada en frutas y hortalizas (Gordillo *et al.*, 2012; López *et al.*, 2012).

En la actividad antioxidante se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre los extractos evaluados de las tres especies por ambos métodos de análisis. Los resultados de la actividad antioxidante y porcentaje de inhibición (tabla 4) mostraron que chirimoya presentó la mayor capacidad antioxidante lo que podría deberse principalmente a variaciones genéticas entre especies, como consecuencia diferente concentración y perfil químico de los componentes, como se ha reportado en diferentes frutos de otras especies (Brat *et al.*, 2007). De acuerdo con datos publicados de la determinación de la actividad antioxidante usando los métodos DPPH y ABTS en guanábana, Kuskoski *et al.* (2005) reportaron menor actividad antioxidante en guanábana por el método del radical DPPH ( $288 \mu\text{M ET } 100 \text{ g}^{-1} \text{ p.f.}$ ), pero la determinada por el método ABTS ( $480 \mu\text{M ET } 100 \text{ g}^{-1} \text{ p.f.}$ ) fue mayor en comparación a los niveles encontrados en el presente estudio (tabla 4). Vit *et al.* (2014) también reportaron una actividad antioxidante en guanábana menor a la encontrada en esta investigación ( $193.4 \mu\text{M ET } 100 \text{ g}^{-1} \text{ p.f.}$ ) usando el método ABTS. La actividad antioxidante en pulpa de chirimoya observada fue mayor a la reportada por Loizzo *et al.* (2012) ( $440 \mu\text{M ET } 100 \text{ g}^{-1} \text{ p.f.}$ ) por el método ABTS. Las diferencias encontradas de la actividad antioxidante determinada por ambos métodos se puede debe a las características experimentales del mismo, a las propiedades estructurales del radical libre (DPPH $\cdot$ ; ABTS $\cdot^+$ ), a la polaridad de los antioxidantes presentes en la matriz del fruto, entre otros (Huang *et al.*, 2005; Prior *et al.*, 2005).

Frutos de otras especies se caracterizan por sus componentes antioxidantes; Moreno *et al.* (2014) encontraron menor actividad antioxidante en pulpa de aguacate de la variedad 'Hass' por el método DPPH ( $165.1 \mu\text{M ET } 100 \text{ g}^{-1} \text{ p.f.}$ ) en comparación con la encontrada en el presente estudio; en contraste, el fruto de guayaba (DPPH  $1177.89 \mu\text{M ET } 100 \text{ g}^{-1} \text{ p.f.}$  y ABTS  $6679.92 \mu\text{M ET } 100 \text{ g}^{-1} \text{ p.f.}$ ) presentó mayor actividad que la observada en las anonáceas reportada por Zapata *et al.* (2013). Se ha descrito el porcentaje de inhibición del radical libre DPPH en frutos de mayor consumo, como los valores de inhibición reportados por Palomo *et al.* (2009) en ciruela (71 %), frambuesa (78 %), kiwi (78 %) y manzana (73 %), mayores a lo observado en guanábana, similares a lo encontrado en chincuya y menores a lo descrito en chirimoya en el presente estudio.

**Tabla 4.** Determinación de la actividad antioxidante en pulpa de tres especies de Anonáceas por los métodos DPPH y ABTS.

**Table 4.** Determination of antioxidant activity in pulp of three species of Annonaceae by DPPH and ABTS methods.

Especie	DPPH		ABTS	
	( $\mu\text{M ET } 100 \text{ g}^{-1} \text{ p. f.}$ )*	Inhibición (%)	( $\mu\text{M ET } 100 \text{ g}^{-1} \text{ p. f.}$ )	Inhibición (%)
<b>Guanábana</b>	$306.49 \pm 4.47 \text{ b}^+$	$60.36 \pm 0.85$	$345.38 \pm 6.33 \text{ b}$	$77.60 \pm 1.48$
<b>Chirimoya</b>	$650.55 \pm 0.80 \text{ a}$	$94.45 \pm 0.11$	$587.58 \pm 0.26 \text{ a}$	$99.43 \pm 0.04$
<b>Chincuya</b>	$287.04 \pm 5.62 \text{ c}$	$70.38 \pm 1.33$	$324.73 \pm 1.41 \text{ c}$	$91.87 \pm 0.41$
<b>DHS<sup>†</sup></b>	8.24	-	7.40	-

*Nota:* \* $\mu\text{M}$  Equivalentes de Trolox  $100 \text{ g}^{-1} \text{ p. f.}$ ; <sup>+</sup> media  $\pm$  desviación estándar ( $n = 4$ ); Medias con letras diferentes en la misma columna son estadísticamente diferentes (Tukey,  $P \leq 0.05$ ). <sup>†</sup> DHS: Diferencia Honesta Significativa.

*Note:* \* $\mu\text{M}$  Trolox equivalents  $100 \text{ g}^{-1} \text{ p. f.}$ ; <sup>+</sup> mean  $\pm$  standard deviation ( $n = 4$ ); Means with different letters in the same column are statistically different (Tukey,  $P \leq 0.05$ ). <sup>†</sup> HSD: Honest Significant Difference.

El análisis de correlación de Pearson (tabla 5) indicó que los compuestos fenólicos y el ácido ascórbico tienen una correlación positiva con la actividad antioxidante, por lo tanto estos metabolitos sinérgicamente se asocian a la actividad antioxidante encontrada en el presente estudio. Sin embargo, la actividad antioxidante en frutas y verduras también se le puede atribuir a la presencia de otro tipo de compuestos como vitamina E, carotenoides, antocianinas y otros compuestos (Gordillo *et al.*, 2012), que no fueron evaluados en estas especies.

**Tabla 5.** Correlación de Pearson entre los compuestos antioxidantes en pulpa de tres especies de Anonáceas.

**Table 5.** Pearson's correlation between antioxidant compounds in pulp of three species of Annonaceae.

Correlación	Compuestos fenólicos	Flavonoides	Ácido Ascórbico	DPPH	ABTS
Compuestos fenólicos	1.0000	-0.8674	0.9306	0.9842*	0.9798*
Flavonoides		1.0000	-0.6395	-0.7726	-0.7577
Ácido ascórbico			1.0000	0.9782*	0.9822*
DPPH				1.0000	0.9993*
ABTS					1.0000

Nota / Note: \* $P \leq 0.05$ .

### 3.5 Toxicidad en *Artemia salina*

El grado de toxicidad de los extractos metanólicos de la semilla, cáscara, hojas y pulpa de las tres especies se definió en función de la concentración letal media ( $CL_{50}$ ) en los nauplios de *A. salina* (tabla 6) considerando los siguientes criterios propuestos por Betancurt *et al.* (2014): extremadamente tóxico ( $\leq 10$  ppm); muy tóxico (10 - 100 ppm); moderadamente tóxico (100 - 1000 ppm) y no tóxico ( $\geq 1000$  ppm). Con base en lo anterior, se identificaron tres extractos con mayor toxicidad; el extracto de la pulpa de guanábana como muy tóxico ( $CL_{50}$  de 67.5 ppm) y los extractos de las semillas de chirimoya y chincuya como extremadamente tóxicos ( $CL_{50}$  de 5.0 ppm).

**Tabla 6.**  $CL_{50}$  de extractos metanólicos de tres especies de Anonáceas.

**Table 6.**  $LC_{50}$  of methanolic extracts of three species of Annonaceae.

Especie	Parte analizada	$CL_{50}$ ppm*
<i>A. muricata</i> (guanábana)	Pulpa	67.5
	Cáscara	786.2
	Semillas	753.4
	Hojas	1003.0
<i>A. cherimolla</i> (chirimoya)	Pulpa	609.1
	Cáscara	1199.7
	Semillas	5.0
	Hojas	528.4
<i>A. purpurea</i> (chincuya)	Pulpa	544.5
	Cáscara	110.4
	Semillas	5.0
	Hojas	104.3

Nota: \*  $CL_{50}$ : concentración letal que causa el 50 % de mortalidad en la población calculada por el método Probit ( $n = 3$ ).

Note: \*  $LC_{50}$ : lethal concentration causing 50 % mortality in the population calculated by the Probit method ( $n = 3$ ).

Son pocas las investigaciones que reportan la toxicidad de extractos de anonáceas evaluadas *in vitro* en *A. salina*, solamente se encontraron estudios de extractos obtenidos de corteza del tallo de la especie *Annona cherimolioides* con una  $CL_{50}$  menor a 250 ppm, atribuida principalmente a la presencia de alcaloides (García *et al.*, 2012). Fernández-Calienes *et al.* (2009), reportaron en el extracto etanólico de *Annona glabra* una  $CL_{50}$  mayor a 1000 ppm en el mismo

nauplio, como estudio preliminar para evaluar la actividad antiparasitaria. González-Esquinca *et al.* (2012) encontraron una CL<sub>50</sub> entre 409 y valores superiores a 1000 ppm en los extractos etanólico y acuosos de tallos y hojas de tres especies de anonáceas; solamente el extracto etanólico de hoja de la especie *Annona diversifolia* presentó toxicidad con una CL<sub>50</sub> de 52 ppm para el control de larva *Anastrepha ludens* de la mosca que afecta el desarrollo y crecimiento de algunos frutos durante el cultivo. Las diferencias de toxicidad de los extractos de estas especies podrían deberse: a) diferencias genéticas; b) la polaridad de los disolventes utilizados en la extracción de los componentes en cada tejido; c) métodos de extracción y análisis. La alta toxicidad mostrada en algunos extractos de las plantas del género *Annona* se han relacionado con la presencia de compuestos fenólicos, flavonoides, acetogeninas, taninos, quinonas, alcaloides y terpenos que pueden actuar de manera sinérgica en la planta o en diferentes partes de ella, explicando así la diferente toxicidad observada en los extractos (García *et al.*, 2012).

#### 4. Conclusiones

Chirimoya destacó de la guanábana y chincuya por presentar los valores más altos de proteína cruda, carbohidratos y minerales (Ca, P, Mg, Na, Fe y Zn), además de un alto contenido de compuestos fenólicos y ácido ascórbico (vitamina C), que explican su mayor capacidad antioxidante. Los valores más altos lípidos y contenido de flavonoides se encontraron en la pulpa de guanábana. El fruto de chincuya no destacó de los demás frutos estudiados, sus valores en compuestos fenólicos, flavonoides, ácido ascórbico y algunos minerales fueron cercanos a los de guanábana, por lo que se debe considerar para futuros estudios. De los extractos metanólicos de pulpa, cáscara, semillas y hojas de las tres especies evaluados en *Artemia salina*; el extracto metanólico de la pulpa de guanábana (CL<sub>50</sub> de 67.5 ppm) y los extractos de semilla de chirimoya y chincuya (CL<sub>50</sub> de 5 ppm) resultaron los más tóxicos. De manera general se observó que los frutos de anonáceas son una fuente rica en compuestos nutricionales y nutracéuticos, aunque su consumo de chirimoya y chincuya es limitado. Los frutos de estas especies podrían considerarse alimentos funcionales por la presencia de metabolitos nutracéuticos con capacidad antioxidante. Se recomienda realizar más estudios para aprovechar su potencial nutracéutico en la industria agroalimentaria, así como, evaluar la bioactividad de los metabolitos presentes en las especies aun no estudiadas.

#### 5. Información adicional

No.

#### Información de los autores

Carlos Raúl López Martínez<sup>1</sup>  0000-0002-7018-8358  
María del Rosario García Mateos<sup>1</sup>  0000-0003-2552-3951  
María Teresa Martínez Damián<sup>1</sup>  0000-0002-7204-2133  
Luis Sánchez Sánchez<sup>2</sup>  0000-0001-7094-4371

#### Contribución de los autores en el desarrollo del trabajo

Los autores declaran que contribuyeron por igual para la realización de esta investigación.

#### Conflicto de interés

Los autores declaran que no existe conflicto de interés.

#### Referencias

- Albuquerque, T. G., Santos, F., Sanches-Silva, 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, 187-195. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.044>
- Alcántar, G. G., y Sandoval, V. M. (1999). *Manual de análisis químico de tejido vegetal. Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación*. Publicación especial Núm. 10 de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. Colegio de Postgraduados, México.

- Almeida-Alvarado, S. L., Aguilar-López, T., y Hervert-Hernández, D. (2014). La fibra y sus beneficios a la salud. *In Anales Venezolanos de Nutrición*, 27(1), 73-76. Fundación Bengoa.
- Álvarez, M. E. G. (2010). La guanábana (*Annina muricata* L.). Propiedades y usos. *Revista CitriFrut*, 27(1), 69-70.
- Aminimoghadamfarouj, N., Nematollahi, A., & Wiart, C. (2011). Annonaceae: bio-resource for tomorrow's drug discovery. *Journal of Asian Natural Products Research*, 13(05), 465-476.  
<https://doi.org/10.1080/10286020.2011.570265>
- Baca-Ibáñez, S. Y., Ríos-Paico, P. E., y Rojas-Naccha, J. C. (2016). Importancia del magnesio en la dieta humana. *Agroindustrial Science*, 5(2), 177-189. <https://doi.org/10.17268/agroind.science.2015.02.10>
- Bastías, J. M., y Cepero, Y. (2016). La vitamina C como un eficaz micronutriente en la fortificación de alimentos. *Revista Chilena de Nutrición*, 43(1), 81-86. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182016000100012>
- Betancurt, D. C. P., Barrera, M. G. y Palacios, L. E. C. (2014). Actividad antibacteriana, determinación de polifenoles totales por Folin-Ciocalteu y toxicidad en *Artemia salina* de la especie vegetal *Bauhinia variegata*. *Hechos Microbiológicos*, 5(2), 69-76.  
<https://revistas.udea.edu.co/index.php/hm/article/view/323251>
- Brat, P., Stéphane, G., Bellamy, A., Du Chaffaut, L., Scalbert, A., Mennen, L., Arnault, N., y Amiot, M.J. (2007). Daily polyphenol intake in France from fruit and vegetables. *Journal of Nutrition and Nutritional Epidemiology*, 136: 2368-2373. <https://doi.org/10.1093/jn/136.9.2368>
- Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M., y Chern, J. C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10(3), 178-182.
- Coria-Téllez, A. V., Montalvo-González, E., Yahia, E. M., y Obledo-Vázquez, E. N. (2018). *Annona muricata*: A comprehensive review on its traditional medicinal uses, phytochemicals, pharmacological activities, mechanisms of action and toxicity. *Arabian Journal of Chemistry*, 11(5), 662-691.  
<https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2016.01.004>
- Das, L., Bhaumik, E., Raychaudhuri, U., y Chakraborty, R. (2012). Role of nutraceuticals in human health. *Journal Food Science and Technology*, 49,173–183. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0269-4>
- de Castro, G. T. M., Lizaur, A. B. P., Hernández, H. R. G., y Martínez, A. F. G. (2013). Contenido nutrimental de los alimentos. In A. Madrazo de la Garza (Ed.). *Nutrición y Gastroenterología Pediátrica* (pp. 169-182). McGraw Hill Education.
- de Hernández, R. Á., de Camacaro, M. P., Giménez, A., y Caraballo, E. A. H. (2012). La guanábana: una materia prima saludable para la industria de alimentos y bebidas. *Revista Digital de Investigación y Postgrado*, 2(2), 135-142.
- Estrada-Reyes, R., Ubaldo-Suárez, D., y Araujo-Escalona, A. G. (2012). Los flavonoides y el sistema nervioso central. *Salud Mental*, 35(5), 375-384.  
[http://revistasaludmental.mx/index.php/salud\\_mental/article/view/1493](http://revistasaludmental.mx/index.php/salud_mental/article/view/1493)
- Eswaran, S., Muir, J., y Chey, W. D. (2013). Fiber and functional gastrointestinal disorders. *American Journal of Gastroenterology ACG*, 108(5), 718-727. <https://doi.org/10.1038/ajg.2013.63>
- Fernández-Calienes Valdés, A., Mendiola Martínez, J., Monzote Fidalgo, L., García Parra, M., Sario Ramos, I., Acuña Rodríguez, D., y Gutiérrez Gaitén, Y. (2009). Evaluación de la toxicidad de extractos de plantas cubanas con posible acción antiparasitaria utilizando larvas de *Artemia salina* L. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 61(3), 254-258.
- Floegel, A; Kim, D., Chung, S-J, Sung, I., & Chun, O. (2011). Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(7), 1043-1048. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2011.01.008>
- García, J. H. G., Ocampo, D. M., Ocampo, R., y Gutiérrez-Cárdenas, P. D. A. (2012). Actividad tóxica de los extractos de la corteza de tallo de *Annona cherimolioides* (Annonaceae) sobre *Artemia Salina*. *Boletín Científico Museo Historia Natural*, 17-22.
- González-Esquina, A. R., Cazáres, L. M. L., Guzmán, M. A. S., De la Cruz Chacón, I., Hernández, G. L., Breceda, S. F., y Gerardo, P. M. (2012). *In vitro* larvicidal evaluation of *Annona muricata* L., *A. diversifolia* Saff. and

- A. lutescens* Saff. extracts against *Anastrepha ludens* larvae (Diptera, Tephritidae). *Interciencia*, 37(4), 284-289. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33922748008>
- González-Vega, M. E. (2013). Chirimoya (*Annona cherimola* Miller), frutal tropical y sub-tropical de valores promisorios. *Cultivos Tropicales*, 34(3), 52-63.
- Gordillo, J. C., Ortiz, D., Larrahondo, J. E., Mejía, M. S., y Pachon, H. (2012). Actividad antioxidante en guanábana (*Annona muricata* L.): una revisión bibliográfica. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 11(2), 111-126. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85622734002>
- Grosso, G., Bei, R., Mistretta, A., Marventano, S., Calabrese, G., Masuelli, L., y Gazzolo, D. (2013). Effects of vitamin C on health: a review of evidence. *Front Biosci (Landmark Ed)*, 18, 1017-1029.
- Hamidi, M. R., Jovanova, B., y Panovska, T. K. (2014). Toxicological evaluation of the plant products using Brine Shrimp (*Artemia salina* L.) model. *Macedonian Pharmaceutical Bulletin*, 60(1), 9-18.
- Hernández-Fuentes, L. M., Andrés-Agustín, J., Espíndola-Barquera, M. D. C., Castañeda-Vildózola, A., Ballesteros-Patrón, G., y Vera-Sánchez, K. S. (2016). Recursos Genéticos de Anonáceas (Annonaceae) en México: Situación Actual y Perspectivas. *Agroproductividad*, 9(4), 3-8. <http://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/739>
- Hernández, L. V., Moctezuma, H. L., Martínez, N. A. V., Bello, R. R., Rocha, D. G. C., y Contreras, R. G. C. (2014). La situación de las Annonaceae en México: principales plagas, enfermedades y su control. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36(SPE1), 44-54. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452014000500005>
- Horwitz, W. (2002). *Official methods of analysis of AOAC International*. 17th Ed. American Association of Analytical Chemists, Washington, DC.
- ICBF (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar). (2018). *Tabla de composición de alimentos*. [https://www.icbf.gov.co/system/files/tcac\\_web.pdf](https://www.icbf.gov.co/system/files/tcac_web.pdf)
- INCMNSZ (Instituto Nacional de Ciencias Médicas y nutrición Salvador Zubirán). (2015). *Tablas de Composición de Alimentos y Productos Alimenticios Mexicanos*. [https://www.incmnsz.mx/2019/TABLAS\\_ALIMENTOS.pdf](https://www.incmnsz.mx/2019/TABLAS_ALIMENTOS.pdf)
- Isabelle, M., Lee, B. L., Lim, M. T., Koh, W. P., Huang, D., y Ong, C. N. (2010). Antioxidant activity and profiles of common fruits in Singapore. *Food Chemistry*, 123(1), 77-84. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.04.002>
- Huang, D., Ou, B., y Prior, R. L. (2005). The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 1841-1856. <https://doi.org/10.1021/jf030723c>
- Kim, D. O., Lee, K. W., Lee, H. J., y Lee, C. Y. (2002). Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(13), 3713-3717. <https://doi.org/10.1021/jf020071c>
- Kuskoski, E. M., Asuero, A. G., Troncoso, A. M., Mancini-Filho, J., y Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Food Science and Technology*, 25(4), 726-732. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612005000400016>
- 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 of Food Composition and Analysis*, 25(2), 179-184. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2011.09.002>
- López, A., Fernando, C., Lazarova, Z., Bañuelos, R., y Sánchez, S. (2012). Antioxidantes, un paradigma en el tratamiento de enfermedades. *Revista ANACEM (Impresa)*, 6(1), 48-53.
- Luján-Hidalgo, M. C., Pérez-Gómez, L. E., Abud-Archila, M., Meza-Gordillo, R., Ruiz-Valdiviezo, V. M., Dendooven, L., y Gutiérrez-Miceli, F. A. (2015). Growth, phenolic content, and antioxidant activity in Chincuya (*Annona purpurea* Moc & Sesse ex Dunal) cultivated with vermicompost and phosphate rock. *Compost Science & Utilization*, 23(4), 276-283. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2015.1046617>
- Maruthanayagam, V., Nagarajan, M., y Sundararaman, M. (2013). Cytotoxicity assessment of cultivable marine cyanobacterial extracts in *Artemia salina* (brine shrimp) larvae and cancer cell lines. *Toxin Reviews*, 32(1), 1-9. <https://doi.org/10.3109/15569543.2012.754772>

- Mauro-Martín, S., y Garicano-Vilar, E. (2015). Papel de la vitamina C y los  $\beta$ -glucanos sobre el sistema inmunitario: revisión. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 19(4), 238-245.  
<https://dx.doi.org/10.14306/renhyd.19.4.173>
- Meisner, N., Muñoz, K., Restovich, R., Zapata, M. E., Camoletto, S., Torrent, M. C., y Molinas, J. (2011). Fibra alimentaria: Consumo en estudiantes universitarios y asociación con síndrome de intestino irritable. *Invenio: Revista de Investigación Académica*, (26), 91-100. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87717621007>
- Menchú, M. T., Méndez, H., Barrera, M. A. y Ortega, L. (2012). *Tabla de composición de alimentos de Centroamérica*. Guatemala: Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), Organización Panamericana de la Salud (OPS). Washington, D.C.
- Meyer, B. N., Ferrigni, N. R., Putnam, J. E., Jacobsen, L. B., Nichols, D. E., y McLaughlin, J. L. (1982). Brine shrimp: a convenient general bioassay for active plant constituents. *Planta Medica*, 45(5), 31-34.  
<https://doi.org/10.1055/s-2007-971236>
- Moreno, E., Ortiz, B. L., & Restrepo, L. P. (2014). Contenido total de fenoles y actividad antioxidante de pulpa de seis frutas tropicales. *Revista Colombiana de Química*, 43(3), 41-48.  
<https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v43n3.53615>
- Palomo, I., Gutiérrez, M., Astudillo, L., Rivera, C., Torres, C., Guzmán, L., Moore Carrasco, R., Carrasco S, G., y Alarcón, M. (2009). Efecto antioxidante de frutas y hortalizas de la zona central de Chile. *Revista Chilena de Nutrición*, 36(2), 152-158. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182009000200007>
- Peñarrieta, J. M., Tejada, L., Mollinedo, P., Vila, J. L., y Bravo, J. A. (2014). Compuestos fenólicos y su presencia en alimentos. *Revista Boliviana de Química*, 31(2), 68-81. Disponible en:  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=426339682006>
- Pérez, M. C., Bone, E. C., Parra, J. C. P., Rosero, C. C., & Blanco, O. C. (2017). Determinación de componentes nutricionales presentes en las hojas secas de *Annona muricata* L. (guanábana). *Cumbres*, 3(1), 09-16.  
<https://doi.org/10.48190/cumbres.v3n1a1>
- Pinzón-García, J. M., Hernández-Fuentes, L. M., Luna-Esquivel, G., Isirdia-Aquino, N., y Ortiz-Catón, M. (2016). Biología y Hábitos de *Gonodonta pyrgo* Cramer en *Annona muricata*. *Southwestern Entomologist*, 41(1), 251-258. <https://doi.org/10.3958/059.041.0122>
- Prior, R.L., Wu, X., y Schaich, K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary Supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(10), 4290 - 4302. <https://doi.org/10.1021/jf0502698>
- Ramírez, A., y de Delahaye, E. P. (2011). Composición química y compuestos bioactivos presentes en pulpas de piña, guayaba y guanábana. *Interciencia*, 36(1), 71-75. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33917727011>
- Ramírez, R. N., Mora, F. D., Avila, J. L., Rojas, L. B., Usubillaga, A., Segnini, S., y Carmona, J. (2011). Composición química y actividad larvicida del aceite esencial de *Annona cherimola* Mill. de Los Andes venezolanos contra el mosquito *Aedes aegypti* (L.). *Revista de la Facultad de Farmacia*, 53(2), 2-7.
- Ramírez-Méndez, R., De Moreno, L. A., Acosta, K., Yamarte, M., y Sandoval, L. (2012). Efecto del escaldado sobre la calidad nutricional de pulpa de guanábana (*Annona muricata* L.). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 13(1), 48-57. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81324433007>
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., y Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9-10), 1231-1237. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3)
- Rodríguez-Leyton, M. (2019). Desafíos para el consumo de frutas y verduras. *Revista de la Facultad de Medicina Humana*, 19(2), 105-112. <http://dx.doi.org/10.25176/RFMH.v19.n2.2077>
- SAS, Institute. 2000. SAS/STAT. User's Guide. Release 9.1.3 ed. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina. USA.
- Scarafoni, A., Magni, C., y Duranti, M. (2007). Molecular nutraceutics as a mean to investigate the positive effects of legume seed proteins on human health. *Trends in Food Science & Technology*, 18, 545-463.  
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.04.002>

- Terán-Erao, B., Alia-Tejacal, I., Balois-Morales, R., Juárez-López, P., López-Guzmán, G. G., Pérez-Arias, G. A., y Núñez-Colín, C. A. (2019). Caracterización física, química y morfológica de frutos de guanábana (*Annona muricata* L.). *Agrociencia*, 53(7), 1013-1027.
- Vit, P., Santiago, B., y Pérez-Pérez, E. M. (2014). Composición química y actividad antioxidante de pulpa, hoja y semilla de guanábana *Annona muricata* L. *Interciencia*, 39(5), 350-353.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33930879008>
- Waterman, P. G., y Mole, S. (1994). *Analysis of phenolic plant metabolites* (Vol. 83). Oxford: Blackwell Scientific.
- Wildman, R. E. C., y Kelley, M. (2007). *Nutraceuticals and functional foods*. In R. E. C. Wildman (Ed.). *Handbook of nutraceuticals and functional foods* (pp. 1–21). Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Zapata, K., Cortes, F. B., y Rojano, B. A. (2013). Polifenoles y actividad antioxidante del fruto de guayaba agria (*Psidium araca*). *Información Tecnológica*, 24(5), 103-112. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642013000500012>
- Zapata, S., Piedrahita, A. M., y Rojano, B. (2014). Capacidad atrapadora de radicales oxígeno (ORAC) y fenoles totales de frutas y hortalizas de Colombia. *Perspectivas en nutrición humana*, 16(1), 25-36.  
<https://revistas.udea.edu.co/index.php/nutricion/article/view/20310>