

## Actividad antioxidante en guanábana (*Annona muricata* L.): una revisión bibliográfica

[Soursop (*Annona muricata* L.) antioxidant activity: A literature review]

Justine CORREA GORDILLO<sup>1</sup>, Darwin ORTIZ<sup>2</sup>, Jesús E. LARRAHONDO<sup>1</sup>, Myriam SÁNCHEZ MEJÍA<sup>1</sup> & Helena PACHÓN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Corporación para el desarrollo de la Biotecnología (Corporación Biotec), Palmira-Valle del Cauca, Colombia.* <sup>2</sup>*Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Palmira-Valle del Cauca, Colombia*  
Contactos / Contacts: Justine CORREA - E-mail address: [usi1-biotec@cgiar.org](mailto:usi1-biotec@cgiar.org)

### Abstract

An antioxidant is a compound capable of inhibiting molecular oxidation and therefore of protecting biological molecules from reactive oxygen species or free radicals. Antioxidants can be synthesized by the body or obtained from a diet containing fruit, such as soursop. The aim of this project was to review the literature on antioxidant activity of the soursop and compounds that might be responsible for this activity. From the analysis of fourteen studies, we found that in most cases soursop did not contain high activity or concentration of antioxidants in fresh or frozen pulp, in comparison with highly consumed fruits in Colombia. The leaves, as well as the juice and wine from the plant, do not contain high activity or concentration of antioxidants. In-depth characterization of antioxidant activity and compounds in soursop is lacking; additional studies are required to identify the mechanisms of action of the compounds present in the whole fruit (peel and seed) for different varieties of this tropical fruit.

**Keywords:** DPPH, ABTS, ORAC, total phenolics, ascorbic acid.

### Resumen

Los compuestos antioxidantes están en la capacidad de inhibir la oxidación de moléculas y por lo tanto actuar como protectores de moléculas biológicas 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, como la guanábana. El propósito del presente trabajo fue revisar las principales investigaciones relacionadas con el estudio de la capacidad antioxidante de la guanábana y los compuestos presentes que le otorgan dicha propiedad. A partir del análisis de catorce investigaciones halladas sobre el tema, se encontró que en la mayoría de los casos la guanábana no contiene concentraciones elevadas de actividad o compuestos antioxidantes en su pulpa fresca o congelada comparada con frutos de mayor consumo en Colombia. Sus hojas, al igual que sus jugos y vinos, no contienen concentraciones elevadas de actividad o compuestos antioxidantes. Sin embargo, el tema de investigación de compuestos antioxidantes en guanábana se ha realizado con poca profundidad, hace falta estudios adicionales con métodos que logren la identificación de los mecanismos de acción de los compuestos presentes en el fruto completo (cáscara y semilla) de las diferentes variedades que se conocen de este fruto tropical.

**Palabras Clave:** DPPH, ABTS, ORAC, fenoles totales, ácido ascórbico.

**Recibido | Received:** 22 de Septiembre de 2011.

**Aceptado en versión corregida | Accepted in revised form:** 3 de Enero de 2012.

**Publicado en línea | Published online:** 30 de Marzo de 2012.

**Este artículo puede ser citado como / This article must be cited as:** Justine Correa Gordillo, Darwin Ortiz, Jesús E. Larrahondo, Myriam Sánchez Mejía, Helena Pachón. 2012. Actividad antioxidante en guanábana (*Annona muricata* L.): una revisión bibliográfica. *Bol Latinoam Caribe Plant Med Aromat* 11(2): 111 – 126.

## INTRODUCCIÓN

En el mundo existe una tendencia hacia un mayor consumo de frutas y hortalizas, motivado por una creciente preocupación hacia una dieta más equilibrada y una mayor conciencia de la importancia de los hábitos nutricionales humanos en los problemas de salud y longevidad de las comunidades (FAO, 2003; Herrera *et al.*, 2009). Un informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas (FAO, por sus siglas en inglés), recomienda como objetivo poblacional la ingesta de un mínimo de 400 g diarios de frutas y verduras para prevenir enfermedades crónicas como las cardiopatías, el cáncer, la diabetes o la obesidad, así como para prevenir y mitigar varias carencias de micronutrientes, sobre todo en los países menos desarrollados (OMS, 2004). El consumo estimado de frutas y verduras es muy variable en todo el mundo, oscilando entre 100 g/día en los países menos desarrollados y aproximadamente 450 g/día en Europa Occidental (OMS, 2004). En Colombia, una de cada tres personas no consume frutas y una de cada siete no consume hortalizas o verduras diariamente (ICBF, 2011). Según la OMS, uno de los principales factores de riesgo de cáncer y enfermedades cardiovasculares es la dieta malsana (OMS, 2011).

En el mundo, el riesgo de padecer cualquier tipo de cáncer antes de los 75 años es del 18.7%, los más frecuentes son de pulmón, mama, colorrectal, estómago y próstata (OMS, 2008a). Para Colombia, las principales localizaciones de cáncer en hombres son el cáncer de próstata, estómago, pulmón y colorrectal, mientras en mujeres son el cáncer de mama, cuello uterino, estómago y colorrectal (OMS, 2008b). A partir de esta situación se elaboraron la estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud (OMS, 2004) y el plan nacional para el control del cáncer en Colombia (INC, 2010), los cuales tienen dentro de sus metas el incremento del consumo de frutas y verduras. Está demostrado que el consumo de frutas y verduras está asociado con una baja incidencia de ciertos tipos de enfermedades debido al efecto protector de compuestos presentes en estos alimentos de origen natural (Herrera *et al.*, 2009). Lo anterior crea la necesidad de obtener información sobre los contenidos fitoquímicos y antioxidantes de las frutas y verduras de mayor consumo en las comunidades (Lako *et al.*, 2007).

El cuerpo humano mediante su funcionamiento metabólico normal genera Especies Reactivas de Oxígeno (ROS, por sus siglas en inglés), las cuales al encontrarse en exceso pueden causar daños a macromoléculas biológicas como ADN, lípidos, carbohidratos y proteínas (Gomes *et al.*, 2010). Estos daños se han asociado al desarrollo de padecimientos como cáncer, enfermedades cardiovasculares, visuales y desordenes inmune y neurodegenerativos (Quiles *et al.*, 2006). Los antioxidantes presentes en frutas y verduras protegen la salud del cuerpo disminuyendo los efectos de ROS (Isabelle *et al.*, 2010), mediante la prevención del ataque de los radicales libres a las macromoléculas ya que tienen capacidad preferencial de oxidación. Estos compuestos antioxidantes pueden inhibir o retardar la oxidación de dos formas: captando radicales libres (primarios) o por mecanismos que no estén relacionados con la captación de radicales libres (secundarios) (Floegel *et al.*, 2011).

Entre los compuestos que pueden actuar como antioxidantes se encuentran vitaminas C y E, carotenoides, antocianinas, flavonoides y otros compuestos fenólicos (Lako *et al.*, 2007; Baskar *et al.*, 2007; Contreras *et al.*, 2010). Muchos de estos antioxidantes son lipofílicos y particularmente importantes en la oxidación de lípidos en todos los sistemas, así como otros radicales que son muy activos fisiológicamente (Karadag *et al.*, 2009). A través de efectos aditivos y de sinergia entre los compuestos con actividad antioxidante presentes en frutas y verduras pueden proporcionar mejor protección contra ROS que un solo compuesto (Isabelle *et al.*, 2010).

La guanábana (*Annona muricata* L.) no hace parte de los nueve frutos de mayor consumo en Colombia (ICBF, 2006), pero se encuentra entre las pulpas y jugos de preferencia en los consumidores colombianos (Corporación Biotec y CIAT, 2002). Además, es considerada una planta medicinal que constituye una alternativa común para el tratamiento del cáncer gástrico y gastrointestinal en muchos países del mundo (Alonso *et al.*, 2010). Esto motivó la realización de la presente revisión bibliográfica con el fin de conocer los estudios sobre actividad antioxidante y los compuestos que le otorgan dicha actividad a las diferentes partes del fruto y planta en general. Si bien se ha presentado evidencia en muchas regiones del mundo que el consumo constante de guanábana o la infusión de sus hojas produce un parkinsonismo atípico (Badrie y Schauss,

2010), es mayor la información que se encuentra sobre sus propiedades benéficas contra diversas enfermedades.

Los principales propósitos de la presente investigación fueron conocer las generalidades de la guanábana, como su origen, uso, consumo, entre otros, pasando a un enfoque en Colombia sobre los mismos temas. Finalmente, la búsqueda estuvo orientada en las propiedades nutricionales y en la actividad antioxidante determinada en guanábana, en estudios internacionales y nacionales, con el fin de conocer cuáles análisis se han realizado en las partes del árbol que puedan ser útiles para darle un valor nutricional, farmacológico o cosmético a esta planta.

## METODOLOGÍA

La presente revisión fue realizada sistemáticamente en las principales bases de datos de bibliografía bioquímica, agrícola, biológica y biomédica: AGRICOLA, Science Direct, EBSCO, Pubmed, Pubmed Central, Agris-Caris, ACS American Chemical Society, BioMed Central, Chemistry Central, Chicago Journals, Directory of Open Access Journals DOAJ, E-Journal, JSTOR, Informe Académico, OVID, REDALYC, Scientific Electronic Library Online (SCIELO), Springer Link, Science Magazine. Con el propósito de encontrar la información más adecuada sobre guanábana y su actividad antioxidante, se utilizaron como palabras clave *Annona muricata*, guanábana, graviola, soursop, actividad antioxidante, polifenoles, flavonoides, vitamina C, ácido ascórbico, DPPH, ABTS, ORAC. Se limitó la búsqueda a investigaciones en inglés, español y portugués, publicadas hasta el 10 de marzo de 2011.

La selección de los artículos se realizó de acuerdo con los objetivos planteados desde el inicio, es decir, primero obtener información acerca de las características y propiedades generales de la planta y su fruto, como su origen y clasificación taxonómica, entre otros; para lo cual se prefirieron artículos o libros sobre el cultivo de la guanábana y su familia en general: Annonacea. Al cambiar por temas como los usos, aspectos tradicionales, consumo, producción y composición nutricional, tanto en el mundo como en Colombia, se requirió realizar una orientación en las fuentes más probables: FAO, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia (MADR), Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, siglas en inglés), e Instituto

Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF), entre otros.

Por último, abarcando el tercer punto de la investigación bibliográfica y principal objetivo de la misma, se enfocó la búsqueda en la actividad antioxidante determinada en estudios anteriores que permitieran establecer si el contenido de compuestos que otorgan dicha capacidad es considerable para darle continuidad a una investigación más profunda sobre el tema, por lo cual los resultados estuvieron basados en artículos científicos con información relevante y comprobada, que se comparó con datos encontrados en frutos de mayor consumo en Colombia y que son considerados ricos en antioxidantes.

En las diferentes bases de datos consultadas se obtuvieron 78 artículos y libros con información sobre origen, usos, composición nutricional y otros temas de la guanábana y su familia. De éstos, catorce reportaban investigación relacionada con actividad antioxidante; cinco estudios determinaban actividad antioxidante total o compuestos que la proporcionan en pulpa fresca, tres en pulpa congelada, cuatro en hojas y dos en jugos y/o vinos.

## RESULTADOS

### *Características generales de la guanábana*

La guanábana (soursop en inglés, graviola en portugués), perteneciente a la familia Annonacea, género *Annona* y de nombre científico *Annona muricata* Linn, es originaria de América y África tropical, y debido a la llegada de los españoles a América fue distribuida en los trópicos y hoy en día es posible encontrarla en el oeste de la India, en Norte y Suramérica, Islas del Pacífico y en el Sureste de Asia (Badrie y Schauss, 2010; Bicas *et al.*, 2011, Márquez, 2009). No se ha encontrado descripción referente a las variedades de guanábana; sin embargo, existen clasificaciones botánicas diferentes en cada país, como se verá más adelante en el caso de Colombia. Además se presentan diferentes tipos de guanábana clasificados según el sabor, la forma y la consistencia de la pulpa.

Los árboles de guanábana varían mucho en cuanto al crecimiento, follaje y copas, lo cual se debe en algunos casos a la luminosidad, al manejo, procedencia y a otros factores (Morales, 1991). Bajo condiciones agroecológicas adecuadas, su fase reproductiva es continua y sus frutos poseen características sensoriales (color, textura, olor y sabor) (Tabla 1) que la hacen apetecida

internacionalmente; dichos frutos se pueden utilizar como producto fresco o transformado (Márquez, 2009). Además, un factor importante a la hora del desarrollo y producción de guanábana es la resistencia a pestes, enfermedades y al clima, lo cual permite garantizar la calidad del fruto (Corporación Biotec, 2008).

Aunque la información sobre su composición, valor nutricional, usos medicinales y

toxicología es limitada, la guanábana es una de las frutas exóticas más apreciadas por su agradable, aromática, sub-ácida y jugosa pulpa; lo que la convierte en una fuente potencial para producir puré, jugo, mermelada, jalea, barras dulces y postres (Abbo *et al.*, 2006). Además, uno de los intereses en esta fruta es la creciente demanda en el mundo por sabores exóticos, por lo cual es probable que sus usos se extiendan (Pinto *et al.*, 2005).

**Tabla 1**

Características principales de la planta y las frutas de la guanábana (Pinto *et al.*, 2005).

Característica		Descripción
Vida de almacenamiento (15-30°C)		Alta (> 5 días)
Planta	Tasa de reproducción	
	Resistencia	Clima (temperatura)
		Pestes y enfermedades
	Época de cosecha	
		Alta (> 60 kg/árbol/año)
		Bajas temperaturas < 18°C
		Alta
		Todo el año
Fruta	Tamaño	Industria
		Consumo fresco
	Peso	Industria
		Consumo fresco
	Cáscara	
	Pulpa	
	Sabor	
	Semillas (número/100 g de pulpa)	
		Grande
		Pequeño
		> 2.5 kg
		0.8-2.5 kg
		Pequeñas protuberancias
		Sub-ácida, baja fibra
		Sabor sub-ácido
		Bajo (10 -30 semillas)

La utilización y mejora de la comercialización de la guanábana se debe, desde el punto de vista alimentario, a los componentes nutricionales que se han determinado en este fruto (Ojeda *et al.*, 2007). Por otra parte, en la farmacología ha empezado a cobrar fuerza el hecho que su tallo, sus hojas y semillas han sido usadas históricamente en medicina tradicional por los pueblos indígenas dadas sus capacidades antitumorales, parasiticidas y anti-diarreicas (Solís-Fuentes *et al.*, 2010)

Las hojas de guanábana son utilizadas tradicionalmente en Brasil para problemas del hígado (Solís-Fuentes *et al.*, 2010), también son usadas como supurativo (contra mucosidades, secreciones o flujos) y antipirético (Badrie y Schauss, 2010) y contra la inflamación (Gomez *et al.*, 2009). Vieira de Sousa *et al.* (2010), por ejemplo, realizaron un análisis de la capacidad antiinflamatoria del extracto etanólico de las hojas de guanábana obteniendo la confirmación de su posible uso terapéutico, pero recomendando la realización de estudios sobre los efectos secundarios que se pueden presentar.

Respecto a las semillas de la guanábana, se encuentra que su aceite puede contener características físicoquímicas que incrementan su utilización en la

industria alimenticia, farmacéutica y cosmética (Solís-Fuentes *et al.*, 2010). Tradicionalmente estas semillas se usan como insecticida, astringente y carnada de pesca (Badrie y Schauss, 2010).

Los frutos de guanábana se usan en América del Sur para tratar gusanos y parásitos, para bajar la fiebre, incrementar la leche de las madres después del parto y como un astringente para diarrea y disentería (Baskar *et al.*, 2007; Álvarez, 2007). Además de los usos mencionados anteriormente en la industria de alimentos.

### **Guanábana en Colombia**

En el país existen variedades de guanábana correspondientes a clones propagados, entre los que se encuentran Joya y Elita (Corporación Biotec, 2008), de los cuales sólo es comercializado el último en el Valle del Cauca, principal departamento productor de guanábana en el 2009 (MADR, 2009) según el MADR (Tabla 2). Además, existen otros clones (Cristina, Rojas y San Francisco) que se han propagado en diferentes regiones también productoras del fruto: Tolima, Santander, Huila y el Caribe colombiano. Igualmente, se encuentra un clon introducido a Colombia desde Costa Rica, el cual

lleva el mismo nombre de ese país (Corporación Biotec, 2008).

Al igual que en el resto de países donde se cultiva la guanábana, en Colombia se le da uso principalmente como fruto fresco y la producción de jugos tanto en el hogar como industrialmente. Es usada para tratamientos de los problemas de salud como la malaria, en la medicina popular por sus propiedades anti-diarreicas, anti-diabéticas y abortivas, igualmente se usa como antiviral,

insecticida y antiparásito (Osorio *et al.*, 2007), además sus hojas son utilizadas contra la inflamación (Reyes, 2009). Debido a todos los usos mencionados, la Corporación para el desarrollo de la Biotecnología (Corporación Biotec), ubicada en el Valle del Cauca ha trabajado en el mejoramiento de los cultivos del fruto para optimizar su producción y calidad (Corporación Biotec, 2008; Corporación Biotec *et al.*, 2006, Sánchez *et al.*, 2006).

**Tabla 2**  
Principales departamentos productores de guanábana en 2009 en Colombia (MADR, 2009).

Departamento	Área (Has)	Participación (%)
Valle del Cauca	609.0	27.5
Tolima	498.0	22.5
Antioquia	288.0	13.0
Santander	258.0	11.6
Risaralda	141.0	6.4
Huila	120.0	5.4
Vichada	114.0	5.1
Cundinamarca	59.0	2.7
Nariño	42.0	1.9
Otros	86.0	3.9
Total	2215.0	100

Por otro lado, el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) se encarga de dar a conocer la composición nutricional de los alimentos que se consumen en el país (ICBF, 2005). El de la guanábana se encuentra en la Tabla 3, donde se observa que es una buena fuente de vitamina C, con 10.07 mg/100 g en pulpa, teniendo en cuenta que la ingesta diaria recomendada en Colombia es de 20-38 mg (niños) y 45-60 mg (mujeres y hombres) (ICBF, 1988). La vitamina C es considerada un nutriente que ayuda a mantener la piel y la mucosa en estado saludable, que posee efecto antioxidante (Yamada *et*

*al.*, 2008), y es un factor importante en el desarrollo y mantenimiento de huesos, cartílagos y dientes (L'Abbé *et al.*, 2008).

Los datos de composición nutricional de la guanábana (Tabla 3) elaborados por el ICBF (2005) y el USDA (2010) evidencian que las semillas del fruto son una fuente importante de los nutrientes, empezando por la energía, donde las semillas aportan un valor significativo a las kilocalorías totales del fruto, igual aporte es notorio para vitamina C y carbohidratos totales.

**Tabla 3**  
Composición de la guanábana en pulpa solamente (ICBF, 2005) y en pulpa y semillas (USDA, 2010)

Nutrientes	Unidad	Valor por 100 g	
		Pulpa	Pulpa y semillas
Humedad	g	95.60	81.16
Energía	kcal	14.00	66.00
Proteína	g	0.20	1.00
Lípidos	g	0.20	0.30
Carbohidratos totales	g	3.00	16.84
Fibra total	g	0.80	3.30
Vitamina C	mg	10.07	20.60

**Actividad antioxidante en guanábana**

Fueron encontrados diversos estudios que determinan Capacidad Antioxidante Total (TAC, por sus siglas en inglés) y los compuestos que la proporcionan

presentes en guanábana, los cuales se mencionan a continuación y se encuentran resumidos en la Tabla 4.

**Tabla 4**  
**Actividad y compuestos antioxidantes encontrados en diferentes partes de la guanábana (*Annona Muricata* L.).**

Autor	Parte/País	Ensayo	Resultado	Comparación
Gunawardena y Silva, 2006	Pulpa/Sri Lanka	FRAP*	503±11 µmol/L/g	Naranja 1141 ± 2.7 µmol/L/g Mango 5386 ± 13 µmol/L/g
		AA†	63±2.5 mg AA/100 g	Naranja 67 ± 9 mg AA /100 g (Lim <i>et al.</i> , 2007)
Isabelle <i>et al.</i> , 2010.	Pulpa/Singapur-Malasia	ORAC‡-Hidrofilico	14.51 µmol de Trolox/g	Naranja 26.19 µmol de Trolox/g
		Fenoles totales	2.36 mg AGE§/100 g	Mora 330 ± 4 mg AGE/100 g (Proteggente <i>et al.</i> , 2002) Naranja 126 ± 6 mg AGE/100 g (Proteggente <i>et al.</i> , 2002)
		AA	15.98 mg AA/100 g	Naranja 67 ± 9 mg AA/ 100 g (Lim <i>et al.</i> , 2007)
		Antioxidantes lipofílicos	Luteína 0.06 µg/g β-cryptoxantina 0.05 µg/g Licopeno 0.08 µg/g α-caroteno 0.02 µg/g β-caroteno 0.05 µg/g α-tocoferol 0.12 µg/g γ-tocotrienol 0.05 µg/g α-tocotrienol 0.11 µg/g Carotenoides totales 0.27 µg/g zeaxantina nd δ-tocoferol nd γ-tocoferol nd δ-tocotrienol nd	Banano Luteína 0.07 µg/g β-cryptoxantina 0.03 µg/g Licopeno nd** α-caroteno 0.18 µg/g β-caroteno 0.27 µg/g α-tocoferol nd γ-tocotrienol nd α-tocotrienol nd Carotenoides totales 0.62 µg/g zeaxantina nd δ-tocoferol 0.10 µg/g γ-tocoferol nd δ-tocotrienol nd
Lako <i>et al.</i> , 2007	Pulpa/Fiji	ABTS††	287.67 µmol Trolox/100 g	Plátano maduro < 4.00 µmol Trolox/100 g
		Fenoles totales	42 mg AGE/100 g	Mora 330 ± 4 mg AGE/100 g (Proteggente <i>et al.</i> , 2002) Naranja 126 ± 6 mg AGE/100 g (Proteggente <i>et al.</i> , 2002)
		Antocianinos totales	nd	Papaya 0.06 mg mg cianidina-3-glucósido/100 g
		Antioxidantes lipofílicos	Licopeno nd α-caroteno nd β-caroteno nd	Papaya Licopeno 1.7 mg/100 g α-caroteno nd β-caroteno 0.5 mg/100 g
		Flavonoles	Myricetin <1 µg/mL Fisetin trazas Morin trazas Quercetin nd Kaempferol nd Isorhamnetin < 1 µg/mL	Papaya Myricetin 3 µg/mL Fisetin <1 µg/mL trazas Morin 2 µg/mL Quercetin 2 µg/mL Kaempferol 2 µg/mL Isorhamnetin <1 µg/mL
Márquez, 2009	Pulpa (variedad Elita)/Colombia	ABTS	1200 µmol Trolox/100 g	Naranja 849 ± 25 µmol Trolox/100 g (Proteggente <i>et al.</i> , 2002) Banano 181 ± 39 µmol Trolox/100 g (Proteggente <i>et al.</i> , 2002)
		FRAP	400 µmol AA/100 g	No se encontraron datos comparables

Autor	Parte/País	Ensayo	Resultado	Comparación
		Fenoles totales	55 mg AGE/100 g	Mora 330 ± 4 mg AGE/100 g (Proteggente <i>et al.</i> , 2002) Naranja 126 ± 6 mg AGE/100 g (Proteggente <i>et al.</i> , 2002)
		AA	29 mg AA/100 g	Naranja 67 ± 9 mg AA/ 100 g (Lim <i>et al.</i> , 2007)
Ogunlesi <i>et al.</i> , 2010	Pulpa/Nigeria	AA por titulación con N-bromosuccinamida	13.63 mg AA/100 g	Naranja 67 ± 9 mg AA/ 100 g (Lim <i>et al.</i> , 2007)
		AA por voltametría cíclica	10.51 mg AA/100 g	
Hassimotto <i>et al.</i> , 2005	Pulpa congelada/ Brasil	Decoloración β-caroteno	<b>Extracción metanólica</b> 24.7 ± 3.6% (adición 10 μM AGE) 50.3 ± 3.8% (adición de 50 μM AGE)	<b>Extracción metanólica</b> Guayaba 30.4 ± 4.3% (adición 10 μM AGE) 38.3 ± 3.8% (adición de 50 μM AGE)
			<b>Extracción en fase sólida</b> 36.7 ± 2.9 % (adición 10 μM AGE) 55.2 ± 4.5% (adición 50 μM AGE)	<b>Extracción en fase sólida</b> Guayaba 48.4 ± 4.7% (adición 10 μM AGE) 63.9 ± 5.7% (adición 50 μM AGE)
		Peroxidación lipídica	3.5 ± 0.8% (adición 10 μM AGE) 16.3 ± 2.3% (adición 50 μM AGE)	Guayaba 24 ± 2% (adición 10 μM AGE) 57.5 ± 2.9% (adición 50 μM AGE)
		Fenoles totales	120±8 mg AGE/100 g	Guayaba 119 ± 4 mg AGE/100 g
		AA	nd	Guayaba 49.9 ± 0.3 mg AA/100 g
		Hassimotto <i>et al.</i> , 2009	Pulpa congelada/Brasil	Decoloración β-caroteno
Kuskoski <i>et al.</i> , 2005	Pulpa congelada/Brasil	ABTS	76.8 ± 4.0 mg AA/100 g (1 min)	Mango 224.7 ± 4.6 mg AA/100 g (1 min)
			4.3 ± 0.4 μmol Trolox/g (1 min)	Mango 11.8 ± 0.9 μmol Trolox/g (1 min)
			4.8 ± 0.3 μmol Trolox/g (7 min)	Mango 13.2 ± 0.3 μmol Trolox/g (7 min)
		DPPH <sup>§§</sup>	46.66 ± 1.6 mg AA/100 g (30 min)	Mora 125.8 ± 3.2 mg AA/100 g (30 min)
			2.88 ± 0.32 μmol Trolox/g (30 min)	Mora 4.3 ± 0.2 μmol Trolox/g (30 min)
			4.5 ± 0.9 μmol Trolox/g (60 min)	Mora 5.9 ± 0.3 μmol Trolox/g (60 min)
		DMPD <sup>***</sup>	79.6 ± 4.0 mg AA/100 g (30 min)	Mango 174.3 ± 0.5 mg AA/100 g Guayaba 100.7 ± 2.2 mg AA/100 g
			4.8 ± 0.3 μmol Trolox/g (10 min)	Mango 24.3 ± 0.3 μmol Trolox/g Guayaba 4.2 ± 0.1 μmol Trolox/g
		Fenoles totales	84.3 ± 5.8 mg AGE/100 g	Guayaba 83.0 ± 1.3 mg AGE/100 g
		Antocianinos totales	nd	Mora 41.8 ± 1.8 mg cianidina-3- glucósido/100g
Barkar <i>et al.</i> , 2007	Hojas/India	DPPH	70 μg/mL IC <sub>50</sub>	Anona blanca 65 μg/mL IC <sub>50</sub> Annona colorada 80 μg/mL IC <sub>50</sub>
		ABTS	305 μg/mL IC <sub>50</sub>	Anona blanca 300 μg/mL IC <sub>50</sub> Annona colorada 260 μg/mL IC <sub>50</sub>
		Peroxidación lipídica	455 μg/mL IC <sub>50</sub>	Anona blanca 480 μg/mL IC <sub>50</sub> Annona colorada 315 μg/mL IC <sub>50</sub>
		Seguimiento al radical óxido nítrico	350 μg/mL IC <sub>50</sub>	Anona blanca 370 μg/mL IC <sub>50</sub> Annona colorada 225 μg/mL IC <sub>50</sub>
		Seguimiento al radical hidroxilo	155 μg/mL IC <sub>50</sub>	Anona blanca 300 μg/mL IC <sub>50</sub> Annona colorada 215 μg/mL IC <sub>50</sub>

Autor	Parte/País	Ensayo	Resultado	Comparación
		Seguimiento al radical superóxido	300 µg/mL IC <sub>50</sub>	Anona blanca 300 µg/mL IC <sub>50</sub> Annona colorada 285 µg/mL IC <sub>50</sub>
Gomes <i>et al.</i> , 2010	Hojas/Brasil	DPPH	221.52 ± 16.12 µg/mL IC <sub>50</sub>	Catingueira ( <i>Poincianella pyramidalis</i> ) 42.95 ± 1.77 µg/mL IC <sub>50</sub>
Marques y Farah, 2009	Hojas/Brasil	Ácido gálico	48.6 ± 1.5 mg/100 g	Ginkgo ( <i>Ginkgo biloba</i> ) nd
		Ácidos clorogénicos	Ácidos cafealquínico (CQA) 3-CQA 3.6 ± 0.1 mg/100 g 4-CQA 0.5 ± 0.1 mg/100 g 5-CQA 3.3 ± 0.2 mg/100 g Ácidos feruloilquinico (FQA) 3-FQA trazas 4-FQA nd 5-FQA nd Ácidos dicafeoilquinico (diCQA) 3,4-diCQA trazas 3,5-diCQA nd 4,5-diCQA nd	Ginkgo ( <i>Ginkgo biloba</i> ) Ácidos cafealquínico (CQA) 3-CQA nd 4-CQA nd 5-CQA 4.0 ± 0.2 mg/100 g Ácidos feruloilquinico (FQA) 3-FQA nd 4-FQA nd 5-FQA nd Ácidos dicafeoilquinico (diCQA) 3,4-diCQA trazas 3,5-diCQA trazas 4,5-diCQA trazas
Okigbo y Obire, 2009	Jugo/Nigeria	AA	46.2 mg AA/100 mL	No se encontraron datos comparables
	Vino/Nigeria		13.89 mg AA/100 mL	No se encontraron datos comparables
Rodríguez <i>et al.</i> , 2007	Vino/Cuba	ABTS	2.57 mmoles Trolox/L	Naranja 5.06 mmoles Trolox/L Guayaba 3.52 mmoles Trolox/L
		FRAP	1.34 mmoles Fe <sup>2+</sup> /L	Naranja 2.37 mmoles Fe <sup>2+</sup> /L Guayaba 4.32 mmoles Fe <sup>2+</sup> /L

\*FRAP: Poder por reducción de hierro.

†AA: Ácido Ascórbico-vitamina C.

‡ORAC: Capacidad de absorbancia del radical oxígeno.

§AGE: Ácido Gálico Equivalente.

\*\*nd: no detectado.

††ABTS: Captura del radical catiónico 2'-azino-bis (3- etilbenzotiazolin)-6-sulfonato de amonio (ABTS<sup>+</sup>).

‡‡BHT: Butil Hidroxi Tolueno.

§§DPPH: Actividad del radical 1,1-difenil, 2-picrylhidrazyl.

\*\*\*DMPD: Actividad de diclorhidrato de N,N-dimetil-p-fenilendiamina.

### Capacidad antioxidante total

Los métodos más aplicados para medir TAC en frutas son el ABTS y el DPPH (Márquez, 2009). El primero se realiza por la medida de la capacidad de capturar el radical catiónico 2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin)-6-sulfonato de amonio (ABTS<sup>+</sup>). Para realizar la determinación se utilizan métodos espectrofotométricos, donde se calcula el porcentaje de inhibición de dicho radical (Karadag *et al.*, 2009). El método DPPH se realiza por seguimiento de la actividad del radical 1,1-difenil, 2-picrylhidrazyl (de allí su nombre: DPPH), la cual se mide por espectroscopía y sólo se utiliza en medio orgánico (Karadag *et al.*, 2009).

Además, existen otros métodos para determinar la actividad antioxidante. Determinación de la capacidad de absorbancia del radical oxígeno (ORAC, siglas en inglés), utiliza la fluorescencia para realizar la cuantificación (Karadag *et al.*, 2009). Cuantificación del poder por reducción de hierro, FRAP (siglas en inglés), se basa en la habilidad de los

compuestos para reducir los complejos amarillos férricos a complejos azules ferrosos por la acción electrón-donadora de los antioxidantes (Benzie *et al.*, 1999); la medida del complejo azul espectroscópicamente indica la capacidad reductora total (Karadag *et al.*, 2009). Un método sencillo para determinar TAC es la decoloración de β-caroteno, que consiste en medir la capacidad de un compuesto para reducir al mínimo la pérdida de β-caroteno durante la oxidación del ácido linoléico unido a él en un sistema acuoso emulsificado utilizando espectrofotometría para cuantificar y así poder calcular el porcentaje de inhibición (Hassimotto *et al.*, 2005, 2009). Existe otro compuesto cromógeno utilizado para determinar mediante métodos espectrofotométricos la capacidad antioxidante de los frutos: DMPD (diclorhidrato de N,N-dimetil-p-fenilendiamina) (Kuskoski *et al.*, 2005).

Por otro lado, existen métodos que realizan seguimiento a radicales específicos que causan daños a los componentes celulares de los organismos vivos;

entre éstos radicales se encuentran el óxido nítrico, hidroxilo y superóxido (Baskar *et al.*, 2007). Asimismo, se realiza la cuantificación de capacidad antioxidante mediante el seguimiento de la oxidación de lípidos, método relevante para los sistemas fisiológicos (Baskar *et al.*, 2007; Karadag *et al.*, 2009).

La mayoría de los métodos anteriormente mencionados expresan sus resultados como capacidad antioxidante equivalente a Trolox (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico), que es un antioxidante sintético de referencia, hidrosoluble análogo a la vitamina E y se usa como estándar comparativo de su actividad antioxidante respecto a la de los compuestos presentes en las muestras (Lako *et al.*, 2007; Floegel *et al.*, 2011; Márquez, 2009; Kuskoski *et al.*, 2005; Proteggente *et al.*, 2002). También se pueden expresar como la cantidad requerida para reducir los radicales libres en un 50% (Inhibitory Concentration - IC<sub>50</sub>), en tal caso, valores bajos de IC<sub>50</sub> representan mayor capacidad antioxidante (Baskar *et al.*, 2007; Lim *et al.*, 2007). Es común encontrar valores de TAC expresados como vitamina C (Kuskoski *et al.*, 2005). Además, todos estos métodos no tienen un tiempo establecido para finalizar reacción, lo cual conlleva a que cada investigación determine el TAC en diferentes etapas (Karadag *et al.*, 2009).

Mediante los métodos ABTS y FRAP se han realizado éstas determinaciones en pulpa fresca (PF) de guanábana colombiana durante tiempo de poscosecha, obteniendo el valor más alto, con ambos métodos, para el día noveno: 1200 µmol Trolox/100 g (ABTS) y 400 µmol AA/100 g (FRAP) (Márquez, 2009) (Tabla 4). El resultado obtenido por el ensayo ABTS se puede comparar con los de Proteggente *et al.* (2002) en frutas de elevado consumo en Colombia (ICBF, 2006): naranja (849 ± 25 µmol Trolox/100 g) y banano (181 ± 39 µmol Trolox/100 g) (Proteggente *et al.*, 2002). Resulta que después de nueve días de cosecha, la actividad antioxidante de guanábana es más alta que la del banano y la naranja, número 14 en el ranking de frutas ricas en antioxidantes consumidas en EEUU (Floegel *et al.*, 2011). Los datos de FRAP no son comparables con otras frutas debido a la forma de expresar el resultado. En otro estudio, de diferentes pulpas de frutos analizadas por ABTS en Fiji, la guanábana presentó una de las capacidades antioxidante más altas: 287.67 µmol Trolox/100 g (Lako *et al.*, 2007), que es mucho mayor a la del plátano maduro (< 4.00 µmol Trolox/100 g), de mayor consumo en Colombia y analizado en el mismo estudio.

La capacidad antioxidante total en términos del poder reductor de hierro fue determinada en frutas subutilizadas en Sri Lanka, entre las cuales se encuentra la guanábana; Gunawardena y Silva (2006) obtuvieron un valor promedio de 503 ± 11 µmol/L/g, segundo valor más bajo de los frutos analizados en este estudio, que al compararlo con frutos de mayor consumo como naranja (1141 ± 2.7 µmol/L/g) y mango (5386 ± 13 µmol/L/g), se evidencia que la guanábana no sobresale entre estos últimos, presentando valores por debajo del 50 y 10%, respectivamente. La determinación por ORAC en pulpa de guanábana proveniente de Malasia se ha realizado en Singapur, obteniendo 14.51 µmol Trolox/g (Isabelle *et al.*, 2010), valor que se encuentra entre los más bajos de las frutas estudiadas en esa investigación y por debajo de uno de los frutos de mayor consumo en Colombia: naranja (26.19 µmol Trolox/g) (Isabelle *et al.*, 2010).

Los resultados encontrados de actividad antioxidante total en pulpa fresca de guanábana muestran resultados relativamente altos para los estudios realizados por ABTS y bajos para los que utilizan FRAP y ORAC. Esto sugiere que la presencia de antioxidantes hidrofílicos (medidos por ORAC) es baja, al igual que la concentración de los que utilizan la transferencia de electrones como mecanismo de acción (determinados por FRAP). Por lo tanto, los antioxidantes presentes en la pulpa de guanábana son primordialmente lipofílicos y actúan por donación de hidrógeno.

La capacidad antioxidante total se ha determinado también para pulpa de guanábana congelada. En un estudio realizado por Kuskoski *et al.* (2005) se utilizó el método ABTS, expresado como Ácido Ascórbico (AA), obteniendo 76.8 ± 4.0 mg AA/100 g, valor menor al 10% del más alto (acerola: 1198.9 ± 8.1 mg AA/100 g) y bajo comparado con un fruto de mayor consumo en Colombia como el mango (224.7 ± 4.6 mg AA/100 g). Estos mismos investigadores determinaron por ABTS en diferentes tiempos para pulpa congelada de guanábana, expresado a equivalentes Trolox, valores de 4.3 ± 0.4 µmol Trolox/g y 4.8 ± 0.3 µmol Trolox/g, transcurridos 1 y 7 min, respectivamente. Comparando éstos valores con los de mango: 11.8 ± 0.9 µmol Trolox/g (1 min) y 13.2 ± 0.3 µmol Trolox/g (7 min), resultó menor la actividad antioxidante de guanábana en todos los casos.

El método DPPH fue utilizado en el mismo estudio para la pulpa de guanábana congelada, obteniendo 2.88 ± 0.32 y 4.5 ± 0.9 µmol Trolox/g,

después de 30 y 60 min, respectivamente (Kuskoski *et al.*, 2005). En este mismo estudio los resultados de actividad antioxidante también fueron expresados como actividad equivalente a vitamina C; para la pulpa de guanábana obtuvieron  $46.66 \pm 1.6$  mg AA/100 g (30 min) (Kuskoski *et al.*, 2005). En este caso, los valores de actividad antioxidante, reportados equivalentes al Trolox y a la vitamina C fueron bajos comparados con los demás frutos analizados en el estudio, y en cuanto a un fruto de mayor consumo en Colombia como la mora:  $125.8 \pm 3.2$  mg AA/100 g (30 min),  $4.3 \pm 0.2$   $\mu$ mol Trolox/g (30 min) y  $5.9 \pm 0.3$   $\mu$ mol Trolox/g (60 min). Se evidencia que la pulpa congelada de guanábana no sobresale por su actividad antioxidante según este método.

Existen dos estudios realizados por Hassimotto *et al.* (2005, 2009), en el cual utilizan el método de decoloración de  $\beta$ -caroteno para determinar la actividad antioxidante en pulpa congelada de guanábana originaria de Brasil. En el primer estudio (Hassimotto *et al.*, 2005) las muestras se extrajeron en metanol (EM) y en fase sólida (EFS) por evaporación de una alícuota metanólica, analizando la actividad antioxidante para los extractos con concentraciones de 10 y 50  $\mu$ M de ácido gálico equivalente (AGE) y expresando los resultados como porcentaje de inhibición, para obtener finalmente resultados de  $24.7 \pm 3.6\%$  (EM) y  $36.7 \pm 2.9\%$  (EFS) con nivel de adición de 10  $\mu$ M AGE, y  $50.3 \pm 3.8\%$  (EM) y  $55.2 \pm 4.5\%$  (EFS) con niveles de adición de 50  $\mu$ M AGE; todos los valores obtenidos estuvieron por debajo del 50% de las más altas concentraciones de antioxidantes evaluados en el estudio, y comparables con los de la guayaba, que presentó valores para EM de  $30.4 \pm 4.3\%$  (adición 10  $\mu$ M AGE) y  $38.3 \pm 3.8\%$  (adición 50  $\mu$ M AGE) y para EFS  $48.4 \pm 4.7\%$  (adición 10  $\mu$ M AGE) y  $63.9 \pm 5.7\%$  (adición 50  $\mu$ M AGE). En el segundo estudio (Hassimotto *et al.*, 2009), la capacidad antioxidante fue expresada como  $\mu$ mol de Butil Hidroxi Tolueno (BHT) equivalente/g de peso fresco, obteniendo para la pulpa congelada de guanábana (EM)  $0.5 \pm 0.0$   $\mu$ mol BHT equivalente/g, valor más bajo de todas las frutas analizadas, siendo menor al 5% del más alto y por debajo de uno de los frutos más consumidos en Colombia, la guayaba con  $3.2 \pm 0.3$   $\mu$ mol BHT equivalente/g.

Mediante métodos menos mencionados fue determinada para guanábana congelada su actividad antioxidante total por medio del ensayo DMPD (Kuskoski *et al.*, 2005) y seguimiento de oxidación de lípidos (Hassimotto *et al.*, 2005). Utilizando DMPD, los valores obtenidos fueron  $79.6 \pm 4.0$  mg AA/100 g

(30 min) y  $4.8 \pm 0.3$   $\mu$ mol Trolox/g (10 min), resultando bajos en comparación con otras frutas analizadas por el mismo método y de mayor consumo en Colombia como la guayaba ( $100.7 \pm 2.2$  mg AA/100 g, 30 min y  $4.2 \pm 0.1$   $\mu$ mol Trolox/g, 10 min) y el mango ( $174.3 \pm 0.5$  mg AA/100 g, 30 min y  $24.3 \pm 0.3$   $\mu$ mol Trolox/g, 10 min) (Kuskoski *et al.*, 2005). Mediante el seguimiento de oxidación de lípidos, en pulpa congelada de guanábana extraída en metanol en fase sólida se obtuvo en Brasil valores de  $3.5 \pm 0.8\%$  de inhibición con adición 10  $\mu$ M AGE y  $16.3 \pm 2.3\%$  de inhibición con adición de 50  $\mu$ M AGE, bajos comparados con frutos de mayor consumo en Colombia, como la guayaba ( $24 \pm 2\%$  de inhibición con adición 10  $\mu$ M AGE y  $57.5 \pm 2.9\%$  de inhibición con adición de 50  $\mu$ M AGE) (Hassimotto *et al.*, 2005).

La pulpa congelada de guanábana mostró bajos resultados en los métodos utilizados para determinar actividad antioxidante total DPPH, decoloración de  $\beta$ -caroteno, DMPD y seguimiento a la oxidación de lípidos. Estos resultados muestran que en pulpa congelada la presencia de compuestos antioxidantes lipofílicos es baja ya que todos estos métodos utilizan medios orgánicos para llevar a cabo sus mecanismos de acción. La presencia de antioxidantes hidrofílicos en pulpa congelada no es posible analizarla ya que en ningún estudio se realizaron ensayos que incluyeran medios acuosos en sus metodologías.

En Brasil, utilizando las hojas de guanábana deshidratadas, trituradas y maceradas con metanol para determinar su capacidad antioxidante por DPPH se obtuvo  $221.52 \pm 16.12$   $\mu$ g/mL IC<sub>50</sub> (Gomes *et al.*, 2010), concentración por lo menos cinco veces mayor que las hojas que mostraron mejor actividad (*Poincianella pyramidalis*:  $42.95 \pm 1.77$   $\mu$ g/mL IC<sub>50</sub>), lo cual indica menor poder antioxidante. La investigación realizada en la India utilizando éste mismo método para diferentes concentraciones (100-500  $\mu$ g/mL) del extracto etanólico de hojas de guanábana pulverizadas proporciona como resultado 70  $\mu$ g/mL IC<sub>50</sub>, valor intermedio en el estudio de especies de Annonáceas (Barkar *et al.*, 2007). Al comparar éstos valores de ambos estudios con el IC<sub>50</sub> de frutas como el banano ( $13400 \pm 2500$   $\mu$ g/mL IC<sub>50</sub>) y naranja ( $5400 \pm 1300$   $\mu$ g/mL IC<sub>50</sub>) (Lim *et al.*, 2007), se observa que para lograr una reducción del 50% del radical DPPH, las hojas de guanábana en extracto metanólico o etanólico requieren estar en menor concentración que estos dos frutos, es decir su actividad antioxidante es mayor. En el estudio de la India, utilizando los mismos extractos etanólicos que

para el método DPPH, se realizó el seguimiento de oxidación de lípidos para determinar la actividad antioxidante total en hojas de diferentes especies Annonáceas con resultados IC<sub>50</sub> de 455 µg/mL para la guanábana, 480 µg/mL para anona blanca (*A. squamosa*) y 315 µg/mL para anona colorada (*A. reticulata*) (Barkar et al., 2007). Además, utilizó el seguimiento a los radicales ABTS, óxido nítrico, hidroxilo y superóxido, obteniendo los valores para guanábana de IC<sub>50</sub>: 305, 350, 155 y 300 µg/mL, respectivamente (Barkar et al., 2007). El único método para el cual mostraron mejor actividad antioxidante total las hojas de guanábana, en comparación con las otras plantas analizadas, fue en el seguimiento del radical hidroxilo, lo que sugiere que los antioxidantes presentes en sus hojas actúan principalmente mediante la donación de hidrógeno atrapando este tipo de radicales de manera preferente.

En un estudio realizado en Cuba, la actividad antioxidante de vino de guanábana por el ensayo ABTS fue 2.57 mmoles Trolox/L, valor más bajo de los vinos de las otras frutas analizadas: guayaba (3.52 mmoles Trolox/L), papaya (4.04 mmoles Trolox/L), piña (3.23 mmoles Trolox/L) y naranja (5.06 mmoles Trolox/L), pero similar al de los vinos blancos de uva a los que se le atribuyen propiedades contra los efectos negativos del consumo de grasas saturadas y de reducción de la incidencia de la mortalidad debida a las enfermedades cardiovasculares (Rodríguez et al., 2007). En este estudio se determinó también el poder reductor del vino de guanábana (1.34 mmoles Fe<sup>2+</sup>/L), siendo éste el segundo más bajo de los vinos analizados: naranja (2.37 mmoles Fe<sup>2+</sup>/L), guayaba (4.32 mmoles Fe<sup>2+</sup>/L), piña (2.31 mmoles Fe<sup>2+</sup>/L) y papaya (1.29 mmoles Fe<sup>2+</sup>/L). A partir de este estudio se evidencia la menor actividad antioxidante en vinos de guanábana que en vinos provenientes de frutos de mayor consumo en Colombia.

### Fenoles

Los compuestos fenólicos presentes en alimentos se determinan principalmente por el método Folin-Ciocalteu, que se basa en principios de espectroscopía y es expresado como mg AGE por gramo de muestra (Isabelle et al., 2010; Karadag et al., 2009). Kuskoski y colaboradores (2005) realizaron en Brasil la cuantificación de fenoles totales en pulpa congelada de guanábana, obteniendo 84.3 ± 5.8 mg AGE/100 g, valor medio-bajo en comparación con todas las pulpas congeladas de frutas analizadas. En éste mismo país, la pulpa congelada de guanábana presentó contenidos de fenoles totales de 120 ± 8 mg AGE/100 g, contenido

bajo en comparación con las demás frutas analizadas, especialmente con la acerola (861 ± 62 mg AGE/100 g) (Hassimotto et al., 2005). En ambos estudios el contenido de fenoles fue similar al de guayaba, con valores de 83.0 ± 1.3 mg AGE/100 g (Kuskoski et al., 2005) y 119 ± 4 mg AGE/100 g (Hassimotto et al., 2005).

En Colombia, el contenido de fenoles totales en pulpa fresca de guanábana en un estudio realizado en período de poscosecha presentó su valor más alto al cuarto día: 55 mg AGE/100 g (Márquez, 2009). Para guanábana originaria de Fiji, el contenido encontrado de fenoles totales fue 42 mg AGE/100 g, valor por debajo del 50% del fruto más alto (*Citrus sinensis*) (Lako et al., 2007). En Singapur, la pulpa de guanábana, originaria de Malasia, obtuvo resultado de fenoles totales (2.36 mg AGE/100 g) similar a la mayoría de las pulpas analizadas, pero bajo en comparación con el fruto más alto (*Manilkara zapota*) (Isabelle et al., 2010). Los diferentes valores encontrados en diversos países del mundo en pulpa fresca de guanábana no superan los 55 mg AGE/100 g; comparando con datos hallados en estudios apartes para otras frutas consideradas ricas en antioxidantes y de mayor consumo en Colombia como la mora (330 ± 4 mg AGE/100 g) y naranja (126 ± 6 mg AGE/100 g) (Proteggente et al., 2002), se observa que la guanábana se encuentra por debajo de éstos frutales.

Por otro lado, en Brasil, Marques y Farah (2009) identificaron y cuantificaron por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) ácido gálico (AG), un tipo de fenol, en plantas medicinales tradicionalmente usadas en Sur América obteniendo para la hoja de guanábana 48.6 ± 1.5 mg AG/100 g de muestra seca, concentración más alta entre todas las plantas analizadas en éste estudio. Además, existen otros compuestos fenólicos: ácidos clorogénicos (CGA, siglas en inglés) conocidos por sus propiedades benéficas para los humanos, como antioxidantes, antivirales y hepatoprotectores (Marques y Farah, 2009). Los principales CGA encontrados en la naturaleza son los ácidos cafealquínico (CQA), dicafeoilquinico (diCQA) y feruloilquinico (FQA); cada grupo tiene por lo menos tres isómeros (Marques y Farah, 2009). En extractos metanólicos de hojas secas de guanábana proveniente de Brasil, Marques y Farah (2009) determinaron por HPLC el contenido de estos ácidos, obteniendo resultados cuantificables sólo para tres isómeros de CQA: 3-CQA (3.6 ± 0.1 mg/100 g), 4-CQA (0.5 ± 0.1 mg/100 g) y 5-CQA (3.3 ± 0.2 mg/100 g). De los demás ácidos sólo obtuvieron trazas (concentraciones por debajo de 5.0 µg/mL) o no

fueron detectados (por debajo de 1.70 µg/mL). En comparación con el ginkgo (*Ginkgo biloba*), al cual sólo fue posible cuantificar 5-CQA:  $4.0 \pm 0.2$  mg/100 g (Marques y Farah, 2009), el extracto metanólico de hojas de guanábana secas contienen mayores concentraciones de ácidos clorogénicos

Los flavonoles son uno de los grupos de compuestos bioactivos más ampliamente estudiados (Kris-Etherton *et al.*, 2004). Se han determinado en guanábana utilizando cromatografía HPLC por Lako *et al.* (2007) obteniendo resultados muy bajos o nulos para myricetin (< 1 µg/mL), fisetin (trazas), morin (trazas), quercetin (no detectado), kaempferol (no detectado) e isorhamnetin (< 1 µg/mL); estas cuantificaciones fueron realizadas entre un intervalo de concentración de 5-20 µg/mL. Comparando los valores obtenidos en pulpa de guanábana con los de otro fruto como la papaya (myricetin 3 µg/ml, fisetin < 1 µg/ml trazas, morin 2 µg/ml, quercetin 2 µg/ml, kaempferol 2 µg/ml e isorhamnetin < 1 µg/mL) (Lako *et al.*, 2007), se observa que los flavonoles cuantificados en éste estudio están en mayor cantidad en la papaya, exceptuando el isorhamnetin que en ambos frutos se encuentra por debajo de 1 µg/mL. No se encontraron investigaciones que determinaran contenido de flavonoles totales en ninguna parte de la guanábana.

Los antocianinos son un tipo de fenoles que muestran una gran capacidad para captar radicales libres causantes del estrés oxidativo, atribuyéndoseles a su vez un efecto beneficioso en la prevención de enfermedades tales como: cardiovasculares, circulatorias, cancerígenas y neurológicas. La concentración de antocianinos se expresa en cianidina-3-glucósido (Lako *et al.*, 2007; Kuskoski *et al.*, 2005). En pulpa de guanábana originaria de Fiji, utilizando métodos espectroscópicos el contenido de antocianinos totales no fue detectado (Lako *et al.*, 2007). Igualmente sucedió para pulpa de guanábana congelada proveniente de Brasil utilizando el mismo método, para éste caso la pulpa congelada de mora obtuvo el mayor contenido de antocianinos con  $41.8 \pm 1.8$  mg/100 g (Kuskoski *et al.*, 2005).

#### Ácido ascórbico (vitamina C)

Existen diversos métodos para determinar la concentración de ácido ascórbico. En un estudio realizado en Colombia fue utilizada la técnica de HPLC, utilizando como solución eluyente ácido sulfúrico 4 mM, para obtener un valor máximo de 29 mg AA/100 g al cabo del noveno día de poscosecha (Márquez, 2009). Mediante este mismo método

cromatográfico, en Singapur se determinó el contenido de vitamina C en la parte comestible de diferentes frutas típicas, como la guanábana que tiene una cantidad de 15.98 mg AA/100 g (Isabelle *et al.*, 2010). En Nigeria la cuantificación de vitamina C en pulpa de guanábana fue realizada por Ogunlesi *et al.* (2010), mediante dos métodos: titulación con N-bromosuccinamida y voltametría cíclica, resultando concentraciones de 13.63 y 10.51 mg AA/100 g, respectivamente. En un estudio realizado en Sri Lanka (Gunawardena y Silva, 2006), en la pulpa de guanábana, el contenido de vitamina C fue de  $63 \pm 2.5$  mg AA/100 g que comparado con los frutos más consumidos en ese país, es un valor elevado. Sin embargo, no se encontró correlación significativa entre TAC y el contenido de vitamina C para los frutos analizados. Comparando éstos valores con los de pulpa en naranja ( $67 \pm 9$  mg AA/ 100 g) (Lim *et al.*, 2007), se evidencia una concentración similar de AA.

Para pulpa congelada de guanábana el contenido de AA total, extraído con ácido metafosfórico (0.3%) y analizado en fase reversa por HPLC no fue detectado por el equipo, mientras para la pulpa congelada de guayaba en el mismo estudio la concentración fue  $49.9 \pm 0.3$  mg/100 g (Hassimotto *et al.*, 2005). Una investigación realizada en Nigeria con vinos provenientes de la guanábana mostró que al aumentar el tiempo de fermentación de los jugos de ésta fruta se reducen las concentraciones de vitamina C (jugo: 46.2 mg AA/100 mL y vino: 13.89 mg AA/100 mL), lo cual demuestra, según el estudio, que la actividad microbiana y el proceso de elaboración afecta la composición química del jugo (Okigbo y Obire, 2009).

#### Antioxidantes lipofílicos

Entre los antioxidantes lipofílicos se encuentran los tocoferoles, tocotrienoles y carotenos, que fueron cuantificados en diferentes frutos por un grupo de investigadores en Singapur (Isabelle *et al.*, 2010) utilizando cromatografía HPLC, identificaron para la pulpa fresca de guanábana luteína (0.06 µg/g), β-cryptoxantina (0.05 µg/g), licopeno (0.08 µg/g), α-caroteno (0.02 µg/g), β-caroteno (0.05 µg/g), α-tocoferol (0.12 µg/g), γ-tocotrienol (0.05 µg/g) y α-tocotrienol (0.11 µg/g). No se detectaron contenidos de zeaxantina, δ-tocoferol, γ-tocoferol o δ-tocotrienol; el contenido total de carotenoides fue 0.27 µg/g, valor muy bajo comparado con otras frutas analizadas, pero es un resultado esperado ya que el contenido de carotenoides comúnmente es asociado con el color

amarillo-naranja de las muestras a analizar, y la pulpa de guanábana es muy blanca (Isabelle *et al.*, 2010).

En el caso del análisis de carotenoides en frutos de guanábana provenientes de Fiji, Lako *et al.* (2007) realizaron cuantificaciones (mg/100 g) de licopeno,  $\alpha$ - y  $\beta$ -caroteno en pulpa fresca, en la cual no detectaron ninguno de estos compuestos, indicando que su concentración estuvo por debajo de 5  $\mu$ g/mL o definitivamente no están presentes estos compuestos. Igual que el caso de Singapur, es de esperar bajos contenidos de carotenoides en pulpa de guanábana por su baja o nula coloración.

## DISCUSIÓN

Las investigaciones realizadas en pulpa de guanábana que determinan actividad antioxidante total y compuestos con propiedades antioxidantes presentan concentraciones por debajo de las encontradas en frutos de mayor consumo en Colombia como la naranja y la mora, excepto en el caso del estudio poscosecha, que al noveno día presentó mayor actividad antioxidante que el banano y la naranja. De igual forma sucedió para pulpa congelada, hojas, jugos y vinos de guanábana, donde no se supera o iguala valores de capacidad antioxidante de frutos como mango, mora, naranja, guayaba y banano. En algunos casos no se pudo realizar comparación con frutas de mayor consumo en Colombia debido a que las unidades o forma de expresar los resultados eran diferentes.

En los estudios encontrados se evidenciaron algunos limitantes que complican el análisis de los resultados, como es la existencia de diversos referentes (Trolox, AA, BHT, entre otros) y métodos analíticos (solventes, pH, tiempos, etc.) para realizar un mismo ensayo; el hecho que un sólo análisis no refleje la capacidad antioxidante total de un sistema demuestra que un estudio no es prueba suficiente para concluir si la guanábana es fuente alta o baja de actividad antioxidante. Por otro lado, falta de investigación sobre biodisponibilidad de nutrientes proveniente de la guanábana antes y después de algún procesamiento (pulpas, jugos, postres, yogurts, etc.) y se requiere investigación en otras partes de la planta (cáscara, semillas y raíces) que puedan contener mayor actividad y concentración de antioxidantes útiles en diferentes industrias. Se conoce que diferentes variedades del mismo alimento pueden tener concentraciones nutricionales variadas. Por ejemplo, una evaluación de 1150 accesiones del frijol común (*Phaseolus vulgaris*) encontró concentraciones de hierro entre 34 y 89 mg/kg (Beebe *et al.*, 2000). Por

eso, es importante obtener información sobre actividad antioxidante (caracterización y estudio poscosecha) en diferentes “variedades” o clones propagados que se encuentran en el mundo.

Los estudios encontrados sobre actividad antioxidante y compuestos que la otorgan en la guanábana, no presentan información suficiente para concluir el tipo de antioxidantes presentes, ya que en algunos casos sólo se determinaban los compuestos que actuaban mediante un mecanismo específico, un sistema lipofílico, o sólo un compuesto específico. Por éste motivo es necesario realizar una investigación que involucre sistemas hidrofílicos y lipofílicos, mecanismos que actúen por transferencia de electrones y donación de hidrógeno, además de analizar diferentes compuestos para realizar correlaciones confiables entre la presencia de éstos y la actividad antioxidante total en la guanábana.

En cuanto a la investigación de guanábana en Colombia, se requiere información de actividad antioxidante total y respecto a todos los compuestos que la presentan, ya que sólo se encontró un documento que provee información sobre ésta actividad, pero de manera muy general y con carencias de información, como relación entre TAC y concentración de polifenoles, vitamina C, flavonoides y otros en pulpa, semilla, hojas y cáscara de la guanábana, para conocer su potencial en diferentes industrias: alimentaria, nutricional, farmacéutica y cosmética.

## REFERENCIAS

- Abbo ES, Olurin T, Odeyemi G. 2006. Studies on the storage stability of soursop (*Annona muricata* L.) juice. **Afr J Biotechnol** 5: 108 - 112.
- Alonso AJ, Villarreal ML, Salazar LA, Gomez M, Dominguez F, Garcia A. 2010. Mexican medicinal plants used for cancer treatment: pharmacological, phytochemical and ethnobotanical studies. **J Ethnopharmacol** 133: 945 - 972.
- Álvarez P. 2007. Decisiones en reacciones adversas a medicamentos, intoxicaciones y respuestas inesperadas de productos naturales como problemas de salud pública. **Rev Peru Med Exp Salud Publica** 24: 405 - 426.
- Badrie N, Schauss A. 2010. **Soursop (*Annona muricata* L.): composition, nutritional value, medicinal uses, and toxicology.** pp 621 - 643. En *Bioactive foods in promoting health: fruits and vegetables*. Watson RR, Preedy VR [Eds]. Elsevier Inc. Oxford, UK.

- Baskar R, Rajeswari V, Sathish-Kumar T. 2007. *In vitro* antioxidant studies in leaves of *Annona* species. **Indian J Exp Biol** 45: 480 - 485.
- Beebe S, Gonzáles AV, Rengifo J. 2000. Research on trace minerals in the common bean. **Food Nutr Bull** 21: 387 - 391.
- Benzie If, Chung WY, Strain JJ. 1999. "Antioxidant" (reducing) efficiency of ascorbate in plasma is not affected by concentration. **J Nutr Biochem** 10: 146 - 150.
- Bicas JL, Molina G, Dionisio AP, Cavalcante FF, Wagner R, Marostica MR, Pastore, G. 2011. Volatile constituents of exotic fruits from Brazil. **Food Res Int** doi:10.1016/j.foodres.2011.01.012.
- Contreras J, Calderon L, Guerra E, García B. 2010. Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. **Food Res Int** doi:10.1016/j.foodres.2010.11.00.
- Corporación Biotec, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 2002. **Memorias taller guanábana para Colombia y el mundo: optimización de la cadena productiva**. Merlín I.D, Palmira, Colombia.
- Corporación Biotec, Profutales Ltda., Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colciencias. 2006. **Modelo comercial de producción clonal de materiales seleccionados de guanábano (*Annona muricata* L.)**. Corporación Biotec. Colombia CD.
- Corporación Biotec. 2008. **Proyecto selección de guanábanos (*Annona muricata* L.) en diversas condiciones ambientales, caracterización de sitios de selección y fomento para el establecimiento de cultivos en sitios específicos**. Corporación Biotec. Colombia CD.
- Floegel A, Kimb D, Chung S, Koo SI, Chun OK. 2011. Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods. **J Food Compos Anal** doi:10.1016/j.jfca.2011.01.008.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2003. Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas: del campo al mercado. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/006/y4893S/y4893s00.pdf> [Consultado junio 23, 2011].
- Gomes J, de Sousa T, Nobre V, de Vasconcelos D, Rodrigues M, Carneiro S, Cavalcanti EL, de Albuquerque UP. 2010. Antiproliferative activity, antioxidant capacity and tannin content in plants of semi-arid northeastern Brazil. **Molecules** 15: 8534 - 8542.
- Gomez H, Germosen-Robineau L, Nossin E. 2009. **Estudio etnofarmacológico de las plantas medicinales usadas en el Caribe colombiano**. En Reyes G. Diálogo de saberes: plantas medicinales, salud y cosmovisiones. Universidad Nacional de Colombia, Sede Amazonia. ARFO Editores e Impresos Ltda. Bogotá, Colombia.
- Gunawardena, HP, Silva, KD. 2006. Determination of total antioxidant capacity and vitamin C content of selected local under-utilized and commonly consumed fresh fruits. **4<sup>th</sup> Food & Nutrition Symposium** 4: 4.
- Hassimotto NMA, Genovese MI, Lajolo FM. 2005. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps. **J Agric Food Chem** 53: 2928 - 2935.
- Hassimotto NMA, Genovese MI, Lajolo FM. 2009. Antioxidant capacity of Brazilian fruit, vegetables and commercially-frozen fruit pulps. **J Food Compos Anal** 22: 394 - 396.
- Herrera E, Jiménez R, Aruoma O, Hercberg S, Sánchez I, Fraga C. 2009. Aspects of antioxidant foods and supplements in health and disease. **Nutr Rev** 67: 140 - 144.
- ICBF (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar). 1988. **Recomendaciones de consumo diario de calorías y nutrientes para la población colombiana**. <https://www.icbf.gov.co/icbf/directorio/portel/libreria/pdf/ta-recomenda.pdf> [Consultado marzo 05, 2011].
- ICBF (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar). 2005. **Tabla de Composición de Alimentos**. [http://alimentoscolombianos.icbf.gov.co/alimentoscolombianos/consulta\\_alimento.asp](http://alimentoscolombianos.icbf.gov.co/alimentoscolombianos/consulta_alimento.asp) [Consultado febrero 10, 2011].
- ICBF (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar). 2006. **Encuesta nacional de la situación nutricional en Colombia, 2005**. ICBF, Bogotá. Colombia.
- ICBF (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar). 2011. **Resumen ejecutivo Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia-ENSIN, 2010**. <https://www.icbf.gov.co/icbf/directorio/portel/libreria/pdf/RESUMENEJECUTIVOcorregidoJUNIO30de2011.pdf>

- [Consultado julio 10, 2011].
- INC (Instituto Nacional de Cancerología). 2010. **Plan nacional para el control del cáncer en Colombia 2010-2019**. INC, Bogotá. Colombia.
- Isabelle M, Lee BL, Lim MT, Koh W, Huang D, Ong CN. 2010. Antioxidant activity and profiles of common fruits in Singapore. **Food Chem** (123): 77 – 84.
- Karadag A, Ozcelik B, Saner S. 2009. Review of methods to determine antioxidant capacities. **Food Anal Methods** 2: 41 - 60.
- Kris-Etherton PM, Lefevre M, Beecher GR, Gross MD, Keen CL, Etherton TD. 2004. Bioactive compounds in nutrition and health-research methodologies for establishing biological function: the antioxidant and anti-inflammatory effects of flavonoids on atherosclerosis. **Annu Rev Nutr** 24: 511 - 538.
- Kuskoski EM, Asuero AG, Troncoso AM, Mancini-Filho J, Fett R. 2005. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. **Ciênc Tecnol Aliment** 25(4): 726 - 732.
- L'Abbé MR, Dumais L, Chao E, Junkins B. 2008. Health claims on foods in Canada. **J. Nutr** 138: 1221S - 1227S.
- Lako J, Trenerry VC, Wahlqvist M, Wattanapenpaiboon N, Sotheeswaran S, Premier R. 2007. Phytochemical flavonols, carotenoids and the antioxidant properties of a wide selection of Fijian fruit, vegetables and other readily available foods. **Food Chem** 101: 1727 - 1741.
- Lim YY, Lim TT, Tee JJ. 2007. Antioxidant properties of several tropical fruits: a comparative study. **Food Chem** 103: 1003 - 1008.
- Marques V, Farah A. 2009. Chlorogenic acids and related compounds in medicinal plants and infusions. **Food Chem** 113: 1370 - 1376.
- Márquez CJ. 2009. Caracterización fisiológica, físico-química, reológica, nutracéutica, estructural y sensorial de la guanábana (*Annona muricata* L. cv. Elita). Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Colombia.
- MADR (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural). 2009. **Principales departamentos productores de guanábana ordenados por área**. <http://www.agronet.gov.co/agronetweb/AnalisisEstadisticas/tabid/73/Default.aspx>
- [Consultado enero 21, 2011].
- Morales A. 1991. **Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica**. San José, Costa Rica.
- Ogunlesi M, Okiei W, Azeez L, Obakachi V, Osunsanmi M, Nkenchor G. 2010. Vitamin C contents of tropical vegetables and foods determined by voltammetric and titrimetric methods and their relevance to the medicinal uses of the plants. **Int J Electrochem Sci** 5: 105 - 115.
- Ojeda G, Coronado J, Nava R, Sulbarán B, Araujo D, Cabrera L. 2007. Caracterización físico-química de la pulpa de la guanábana (*Annona Muricata*) cultivada en el Occidente de Venezuela. **Bol Centro Invest Biol** 41(2): 151 - 160.
- Okigbo RN, Obire O. 2009. Mycoflora and production of wine from fruits of soursop (*Annona Muricata* L.). **Int J Wine Res** 1: 1 - 9.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2004. **Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud: Fomento del consumo mundial de frutas y verduras**. <http://www.who.int/dietphysicalactivity/fruit/es/>
- [Consultado febrero 20, 2012]
- OMS (Organización Mundial de la Salud (OMS). 2008a. **Globocan: country fast stats-World**. <http://globocan.iarc.fr/factsheets/populations/factsheet.asp?uno=900>
- [Consultado junio 14, 2011].
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2008b. **Globocan: country fast stats-Colombia**. <http://globocan.iarc.fr/factsheets/populations/factsheet.asp?uno=170>
- [Consultado junio 14, 2011].
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2011. **Centro de prensa: enfermedades cardiovasculares**. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/es/>
- [Consultado junio 13, 2011].
- Osorio E, Arango GJ, Jimenez N, Alzate F, Ruiz G, Gutiérrez D, et al. 2007. Antiprotozoal and cytotoxic activities *in vitro* of Colombian Annonaceae. **J Ethnopharmacol** 111: 630 - 635.
- Pinto AC, Cordeiro MC, De Andrade SR, Ferreira FR, Filgueiras HA, Alves RE, Kinpara DI. 2005. **Annona species**. University of International

- Southampton, Centre for Underutilised Crops. Southampton, UK.
- Proteggente AR, Sekher A, Paganga G, Van de Put F, Dacombe C, Rice-Evans CA. 2002. The antioxidant activity of regularly consumed fruit and vegetables reflects their phenolic and vitamin C composition. **Free Radic Res** 36: 217 - 233.
- Quiles JL, Ramirez MC, Yaqoob P. 2006. **Olive oil and health**. CABI Head Office International. Oxfordshire, UK.
- Rodríguez J, Valdés O, Queris O. 2007. Actividad antioxidante de vinos elaborados con frutas tropicales. **Ciencia y Tecnología de Alimentos** 17: 66 - 68.
- Sánchez JD, Tróchez KJ, Castro D. 2006. **El cultivo del guanábano: tecnología desarrollada en la finca**. 1ª ed. Daza GJ, Ríos D, Sánchez M, editores. Feriva SA, Cali, Colombia.
- Solís-Fuentes JA, Amador C, Hernandez MR, Duran MC. 2010. Caracterización fisicoquímica y comportamiento térmico del aceite de "almendra" de guanábana (*Annona muricata*, L). **Grasas y Aceites** 61: 58 - 66.
- USDA (United States Department of Agriculture). 2010. USDA National Nutrient Database for Standard Reference. <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/> [Consultado febrero 11, 2011].
- Vieira de Sousa O, Vieira GDV, Pinho JJ, Yamamoto CH, Alves MS. 2010. Antinociceptive and anti-inflammatory activities of the ethanol extract of *Annona muricata* L. leaves in animal models. **Int J Mol Sci**.11: 2067 - 2078.
- Yamada K, Sato-Mito N, Nagata J, Umegaki K. 2008. Health claim evidence requirements in Japan. **J. Nutr** 138: 1192S - 1198S.