

Rev. Fac. Agron. (LUZ). 2018, 35: 202-222

Evaluación del contenido de azúcares y perfil mineral en diferentes estadios de crecimiento del fruto de guanábana

Evaluation of the sugars content and mineral profile at different stages of growth of the fruit of soursop

Avaliação do conteúdo de açúcares e perfil mineral em diferentes estádios de crescimento do fruto de graviola

Carlos Hernández^{1*}, Rocío Guerrero¹, Belkys Bracho² y Evelyn Pérez³

¹Centro de Investigaciones en Química de los Productos Naturales “Dra. Gladys León de Pinto”, Facultad de Humanidades y Educación, Universidad del Zulia. Correos electrónicos: licarloshernandez@hotmail.com; rocio.guerrero@hdes.luz.ve. ²Departamento de Estadística, Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia. Correo electrónico: bjbracho@fa.luz.edu.ve. ³CORPOZULIA. Correo electrónico: evelyncpp@gmail.com.

Resumen

El fruto de guanábana (*Annona muricata* L.) es importante comercialmente, por su valor como materia prima para la agroindustria en la elaboración de jugos, helados, néctares, mermeladas, dulces y conservas. El objetivo del trabajo fue determinar el contenido de azúcares y el perfil mineral en diferentes estadios del fruto de guanábana (*A. muricata*). La investigación se realizó en el CESID Frutícola y Apícola de CORPOZULIA, municipio Mara, estado Zulia, Venezuela. El diseño experimental fue en bloques al azar, siguiendo la metodología de medidas repetidas en el tiempo (MRT) a fin de estudiar el comportamiento de los cinco estadios del fruto, durante tres cosechas. Se seleccionaron 10 plantas de las cuales se cosecharon cinco frutos estadio⁻¹ planta⁻¹. En el procesamiento de los datos se utilizó el software SAS® versión 9.1.3. Los azúcares (glucosa, fructosa) y la composición mineral (K, Na, Fe, Mn, Cu, Zn, Ca y Mg) se determinó mediante la técnica de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) y absorción atómica, respectivamente. Los resultados evidenciaron la presencia de fructosa y glucosa en el mesoendocarpio del fruto con la mayor proporción de fructosa, aumento progresivo hasta el estadio 5 (42,03 mg · 100 g⁻¹). El exocarpio del fruto presentó

Recibido el 03-01-2017 • Aceptado el 21-03-2018

*Autor de correspondencia. Correo electrónico: licarloshernandez@hotmail.com

los mayores valores de K, Na, Fe, Mn, Cu, Zn, Ca y Mg en comparación con el mesoendocarpio. Estas variables químicas, fueron importantes para evaluar el potencial nutricional y terapéutico del fruto del guanábano para el mercado nacional e internacional por sus propiedades en el control de enfermedades como la diabetes y el cáncer.

Palabras clave: *Annona muricata*, mesoendocarpio, exocarpio, fenología, minerales, glucosa, fructosa.

Abstract

The fruit of *Annona muricata* L. (soursop) is commercially important, as it is considered an industrial raw material for the production of juices, ice creams, nectars, jams, sweets and preserves. The objective of the work was to determine the content of sugars and mineral profile in different stages of the fruit of *A. muricata* (soursop). The research was carried out at CESID Frutícola y Apícola CORPOZULIA, Mara municipality, Zulia state, Venezuela. The experimental design was of random blocks, following the methodology of repeated measurements over time (RMT) in order to study the longitudinal behavior of the five stages of the fruit, during three harvests. Ten plants were selected from which five fruits $\text{stage}^{-1} \text{plant}^{-1}$ were harvested. SAS® software version 9.1.3 was used to process the data. Sugars and mineral composition were determined by the HPLC technique and atomic absorption, respectively. The results showed the presence of fructose and glucose in the mesoendocarp of the fruit. In greater proportion, fructose was observed, evidencing a progressive increase (stage 5: 42.03 mg \cdot 100 g $^{-1}$ of mesoendocarp). Potassium (K), sodium (Na), iron (Fe), manganese (Mn), copper (Cu), zinc (Zn), calcium (Ca) and magnesium (Mg), were the determined minerals, which presented the maximum amounts in the exocarp of the fruit. These chemical variables are important to evaluate the nutritional and therapeutic potential of this fruit, for the national and international market due to its disease control properties, especially diabetes and cancer.

Key words: *Annona muricata*, fruit, soursop, sugars, minerals, stages of growth.

Resumo

A fruta de graviola (*Annona muricata* L.) é comercialmente importante, devido ao seu valor como matéria-prima para o agronegócio na produção de sucos, sorvetes, néctares, confeitos, doces e conservas. O objetivo do trabalho foi determinar o conteúdo de açúcares e o perfil mineral em diferentes estágios da fruta de graviola (*A. muricata*). A pesquisa foi realizada no CESID Fruit and Apiculture de CORPOZULIA, município de Mara, Zulia, Venezuela. O desenho experimental foi em blocos aleatórios, seguindo a metodologia de medidas repetidas ao longo do tempo (MRT), a fim de estudar o comportamento das cinco etapas do fruto, durante três colheitas. Foram selecionadas 10 plantas das quais foram colhidas cinco frutas $\text{fase}^{-1} \text{planta}^{-1}$. O software SAS® versão 9.1.3 foi usado

para processar os dados. Os açúcares (glicose, frutose) e a composição mineral (K, Na, Fe, Mn, Cu, Zn, Ca e Mg) foram determinados pela técnica de cromatografia líquida de alta performance (HPLC) e absorção atômica, respectivamente. Os resultados mostraram a presença de frutose e glicose no mesoendocarpo da fruta com maior proporção de frutose, aumento progressivo até o estágio 5 (42,03 mg · 100 g⁻¹). O exocarpo do fruto apresentou os maiores valores de K, Na, Fe, Mn, Cu, Zn, Ca e Mg em comparação com o mesoendocarpo. Essas variáveis químicas foram importantes para avaliar o potencial nutricional e terapêutico do fruto de graviola para o mercado nacional e internacional de suas propriedades no controle de doenças como diabetes e câncer.

Palavras-chave: *Annona muricata*, mesoendocarpo, exocarpo, fenologia, minerais, glicose, frutose.

Introducción

Las anonáceas son esencialmente una familia de plantas, de condiciones tropicales y subtropicales, que comprende aproximadamente 135 géneros y 2500 especies, que presenta una relevante importancia económica a nivel mundial, principalmente por su fruto comestible. Debido a que está constituido por un perfil físico-químico nutricional y medicinal de calidad. Actualmente se ha establecido la potencialidad del fruto de especies de las Annonaceae por la presencia de compuestos químicos esenciales para la nutrición humana (carbohidratos, vitaminas y minerales, entre otros); así como también su valor antioxidante, con la presencia de metabolitos secundarios tales como flavonoides y terpenoides. Por otra parte, se ha determinado que la pulpa del fruto (mesoendocarpio) de especies de esta familia, contiene acetogeninas, sustancia que tiene la propiedad de prevenir y controlar el cáncer según los resultados obtenidos a nivel médico (Brandao y Santos, 2016).

Introducción

The Annonaceae are essentially a family of plants, tropical and subtropical, comprising approximately 135 genus and 2,500 species, which has a significant economic importance worldwide, mainly for its edible fruit, because it is constituted by a physical profile with quality nutritional and medicinal chemical. Nowadays the potentiality of the fruit of Annonaceae species has been established due to the presence of chemical compounds essential for human nutrition (carbohydrates, vitamins and minerals, among others); as well as its antioxidant value, with the presence of secondary metabolites such as flavonoids and terpenoids. On the other hand, it has been determined that the pulp of the fruit (mesoendocarp) of species of this family contains acetogenins, a substance that has the property of preventing and controlling cancer according to the results obtained at the medical level (Brandao y Santos, 2016).

In this sense, the species *Annona muricata* L. (soursop tree), has

En este sentido, la especie *Annona muricata* L. (guanábana), tiene un fruto agregado, con un mesoendocarpio carnoso y blando en su estado de madurez de consumo, cuyas propiedades químicas han permitido catalogarlo como una fuente alimenticia por la presencia de carbohidratos y minerales ideales para un régimen nutricional equilibrado teniendo un efecto en el control de la diabetes, por lo cual también se está evaluado la forma de conservación para su exportación a zonas del mundo donde se considera un fruto terapéutico (Oboh *et al.*, 2015, Jiménez *et al.*, 2017a).

Las razones mencionadas, sugieren conocer el comportamiento físico-químico del fruto de guanábana durante su desarrollo y crecimiento, ya que esto permite determinar las concentraciones de azúcares, minerales, fenoles totales, vitamina C, entre otras variables químicas y así establecer el tiempo ideal de cosecha para su utilización como fruto fresco o materia prima para la agroindustria necesaria en la elaboración de productos procesados, tales como jugos, helados, néctares, mermeladas, dulces y conservas (Ávila *et al.*, 2012; Clamens *et al.*, 2014; Nam *et al.*, 2017).

La concentración de glucosa y fructosa en los frutos de las anonáceas constituye una característica organoléptica importante que permite el análisis de los atributos de calidad, tales como el sabor, el índice de madurez y las condiciones de almacenamiento y de fermentación. Por otra parte, los minerales presentes en este fruto son indispensables para

an added fruit, with a fleshy and soft mesoendocarp in its state of ripeness of consumption, whose chemical properties have allowed it to be classified as a food source by the presence of carbohydrates and minerals ideal for a balanced nutritional regimen having an effect in the control of diabetes, for which the form of conservation is also evaluated for its export to areas of the world where it is considered a therapeutic fruit (Oboh *et al.*, 2015, Jiménez *et al.*, 2017a).

The mentioned reasons suggest that we have to know the physico-chemical behavior of the soursop fruit during its development and growth, since this allows to determine the concentrations of sugars, minerals, total phenols, vitamin C, among other chemical variables and thus establish the ideal time of harvest for use as fresh fruit or raw material for the agro-industry necessary in the elaboration of processed products, such as juices, ice creams, nectars, jams, sweets and preserves (Ávila *et al.*, 2012; Clamens *et al.*, 2014; Nam *et al.*, 2017).

The concentration of glucose and fructose in the fruit of the Annonaceae constitutes an important organoleptic characteristic that allows the analysis of the attributes of quality, such as the flavor, the index of ripeness and the conditions of storage and fermentation. On the other hand, the minerals present in this fruit are essential for the good metabolic functioning of man, among which are calcium, magnesium, potassium, sodium, copper, iron, manganese, cobalt, zinc and molybdenum, which

el buen funcionamiento metabólico del hombre, entre los cuales se destacan el calcio, magnesio, potasio, sodio, cobre, hierro, manganeso, cobalto, zinc y molibdeno, los cuales actúan como cofactores de enzimas, para controlar la presión osmótica de fluidos celulares y el pH, o como parte constitutiva de algunas macromoléculas. Los minerales abundan en todos los frutos; sin embargo, el contenido de cationes depende en gran medida del tipo de suelo y del agua utilizada en el cultivo (Fernández *et al.*, 2007; Márquez *et al.*, 2012).

El objetivo del trabajo fue determinar el contenido de azúcares y el perfil mineral en diferentes estadios del fruto de *Annona muricata* L. (guanábana).

Materiales y métodos

Descripción del área de estudio

La fase experimental de campo se realizó en el Centro Socialista de Investigación y Desarrollo Frutícola (CESID Frutícola y Apícola) de la Corporación de Desarrollo de la Región Zuliana (CORPOZULIA), el cual se encuentra ubicado en el municipio Mara, estado Zulia, Venezuela. La zona se identifica como bosque muy seco tropical, con una temperatura promedio de 28 °C y una precipitación promedio de 500-600 mm, repartidos en dos meses desiguales de lluvia en los meses de mayo y octubre, una evaporación promedio anual de 2.000 a 2.300 mm·año⁻¹ y una humedad relativa promedio de 75% (Ewel y Madriz, 1976).

Características del manejo de la plantación

La plantación de *A. muricata* posee un sistema de riego por micro

act as enzyme cofactors, to control the osmotic pressure of cellular fluids and pH, or as a constituent part of some macromolecules. Minerals abound in all fruits; however, the cation content depends to a large extent on the type of soil and the water used in the crop (Fernández *et al.*, 2007; Márquez *et al.*, 2012).

The objective of the work was to determine the content of sugars and the mineral profile at different stages of the fruit of *Annona muricata* L. (soursop).

Materials and methods

Description of the study area

The field experimental phase was carried out in the Socialist Center for Fruit Research and Development (CESID Fruit and Apiculture) of the Corporación de Desarrollo de la Región Zuliana (CORPOZULIA), which is located in Mara county, Zulia state, Venezuela. The area is identified as very dry tropical forest, with an average temperature of 28 °C and an average rainfall of 500-600 mm, divided into two unequal peaks of rain in the months of May and October, an average annual evaporation of 2,000 to 2,300 mm·año⁻¹ and an average relative humidity of 75% (Ewel and Madriz, 1976).

Characteristics of plantation management

The plantation of *A. muricata* has a micro sprinkler irrigation system that supplies irrigation water twice a week. The chemical fertilization was carried out with a complete formula four times a year, at a rate of 500

aspersión que suministra el agua de riego con una frecuencia de dos veces por semana. La fertilización química se realizó con fórmula completa cuatro veces al año, a razón de 500 a 700 g planta⁻¹, utilizando como fuente la fórmula comercial 12-12-17 y 15-15-15.

El manejo de malezas se realizó manual o con machete, mecánicamente con rotativa y químico con Glyphosan® al 1%, Gramoxone® al 0,5% y/o Roundup® al 1%. La poda se realizó al final de cada cosecha para así estimular nuevas brotaciones. Los insectos plaga que afectaron las plantas de guanábano fueron la cochinilla rosada (*Maconellicoccus hirsutus* (Green), el salta hoja verde (*Peregrinus maidis* Ashmead), el chinche perforador de hoja (*Corithaica* sp.), las avispa perforadoras del fruto (*Cerconota annonella*) y el taladrador del tallo o comején (*Cratosomus* sp. y *Cryptotermis* sp.), para su control cultural se aplicó agua jabonosa y para el control químico se utilizó Malathion® al 25% más 1 galón de aceite blanco por cada 400 L de la mezcla. De igual manera se utilizó Kumulus® al 0,75% más 1 galón de Acarín® por cada 400 L de la mezcla aplicado con turbo, además de realizar resiembra de las plantas muertas.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño totalmente al azar con medidas repetidas en el tiempo, a fin de evaluar el crecimiento de los cinco estadios (posterior al cuaje de las flores: 1: 15 días, biomasa promedio (bp) de 38 g; 2: 30 días, (bp) 89 g; 3: 45 días, (bp) 169 g; 4: 60 días, (bp) 405 g y 5: 75 días, (bp)

to 700 g planta⁻¹, using commercial formula 12-12-17 and 15-15-15 as a source. Weed management was carried out manually or with a machete, mechanically with rotary and chemical with 1% Glyphosan®, 0.5% Gramoxone® and/or 1% Roundup®. The pruning was done at the end of each harvest to stimulate new budding. The insects plague that affected the soursop tree were the pink cochineal (*Maconellicoccus hirsutus* (Green), the leaf green leafhopper (*Peregrinus maidis* Ashmead), the leaf-boring bug (*Corithaica* sp.), The fruit-boring wasps (*Cerconota annonella*) and the taladrador of the stem or termites (*Cratosomus* sp. and *Cryptotermis* sp.), for its cultural control soapy water was applied and for the chemical control Malathion® was used at 25% plus 1 gallon of white oil for every 400 L of the mixture. In the same way, Kumulus® 0.75% plus 1 gallon of Acarín® was used for every 400 L of the mixture applied with turbo, in addition to replanting the dead plants.

Experimental design

A totally randomized design with repeated measurements over time was used, in order to evaluate the growth of the five stages (after the setting of the flowers: 1: 15 days, average biomass (bp) of 38 g, 2: 30 days, (bp) 89 g, 3: 45 days, (bp) 169 g, 4: 60 days, (bp) 405 g and 5: 75 days, (bp) 753 g) of the fruit during the three harvests. According to the analysis and after the adjustments, the variance-covariance matrices, the model that best adjusted for the variables was the 2nd-degree polynomial model ($Y=a + bx + c x^2$).

753 g) del fruto durante las tres cosechas realizadas. Según el análisis y luego de los ajustes, las matrices de varianza-covarianza, el modelo que mejor ajustó para las variables fue el modelo polinómico de 2^{do} grado ($Y = a + b x + c x^2$).

Se seleccionaron 10 árboles de *A. muricata* de una plantación de 50 árboles de 10 años de edad, se recolectó de cada uno de ellos, una muestra de cinco (5) frutos de cada estadio de crecimiento, por cinco (5) semanas durante tres cosechas para un total de 750 repeticiones por cada estadio en el periodo comprendido entre enero, 2014-junio, 2015. Para el procesamiento de los datos se utilizó el software SAS® versión 9.1.3 (2014).

Los frutos se trasladaron al laboratorio del Centro de Investigaciones en Química de los Productos Naturales, Facultad de Humanidades y Educación, Universidad del Zulia (LUZ), fueron lavados con agua destilada y despulpados, obteniéndose 20 g del exocarpo y mesoendocarpo para los análisis.

Determinación de azúcares

Se tomó como muestra 1 g de los frutos cosechados en diferentes estadios de crecimiento, por triplicado. Se añadió una mezcla de 10 mL de metanol:agua (80:20 v/v) con el objeto de purificar la muestra. La mezcla se sometió a reflujo a 80 °C por 1 h. El extracto alcohólico a temperatura ambiente (26 °C), se filtró al vacío a través de una membrana de 0,45 µm, se concentraron a una temperatura entre 40-60 °C en un rotavapor Marca Buchí® modelo R 110. El extracto

Ten trees of *A. muricata* were selected from a plantation of 50 trees of 10 years of age, a sample of five (5) fruits of each growth stage was collected from each of them, for five (5) weeks during three crops for a total of 750 repetitions for each stadium in the period between January, 2014-June, 2015. SAS® software version 9.1.3 (2014) was used to process the data.

The fruits were transferred to the laboratory of the Research Center in Chemistry of Natural Products, Faculty of Humanities and Education, University of Zulia (LUZ), were washed with distilled water and pulped, obtaining 20 g of the exocarpo and mesoendocarpo for analysis.

Determination of sugars

A sample of 1 g of the fruits harvested in different stages of growth was taken as a sample, in triplicate. A mixture of 10 mL of methanol: water (80:20 v/v) was added in order to purify the sample. The mixture was refluxed at 80 °C for 1 h. The alcoholic extract at room temperature (26 °C), was filtered under vacuum through a 0.45 µm membrane, concentrated at a temperature between 40-60 °C in a Buchí trademark® Rotavapor model R 110. The aqueous extract was diluted in distilled water to a final volume of 25 mL (Wilson *et al.*, 1982).

The aqueous extracts were analyzed by high performance liquid chromatography (HPLC) using a Waters® chromatograph, fitted with a differential refractometer, model 410 and an isocratic pump, model 510. A stainless steel column of 4.6 mm x 250 mm DI (4 µm, Nova-Pack amino) connected to a precolumn (Nova-Pack

acuoso se diluyó en agua destilada a un volumen final de 25 mL (Wilson *et al.*, 1982).

Los extractos acuosos fueron analizados por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) empleando un cromatógrafo Waters®, provisto de un refractómetro diferencial, modelo 410 y una bomba isocrática, modelo 510. Se utilizó como fase estacionaria una columna de acero inoxidable de 4,6 mm x 250 mm DI (4 µm, Nova-Pack amino) conectada a una precolumna (Nova-Pack amino). La separación isocrática de los azúcares se realizó a 28 °C. Se usó una mezcla acetonitrilo-agua (75:25% v/v), como fase móvil, a una velocidad de flujo adecuada (1,0 mL min⁻¹).

La cuantificación de los carbohidratos presentes en las muestras se realizó mediante la comparación de los tiempos de retención y las áreas de los picos de las muestras con respecto a los tiempos de retención y las áreas de los picos de las soluciones patrones (marca Sigma, 99% de pureza) de glucosa, fructosa y sacarosa (20 mg mL⁻¹). El análisis de los azúcares se realizó por triplicado y los resultados se expresaron en gramos (g) de azúcar por cada 100 g de exocarpio y mesoendocarpio.

Determinación de minerales

Se determinó la composición mineral de la ceniza proveniente del mesoendocarpio y exocarpio, mediante la técnica de absorción atómica, siguiendo los métodos oficiales descritos en las normas COVENIN (1997) y AOAC (1990). Se recolectaron cinco (5) frutos, de cada estadio de desarrollo y crecimiento de 10 árboles,

amino) was used as the stationary phase. The isocratic separation of the sugars was carried out at 28 °C. An acetonitrile-water mixture (75:25% v/v) was used as the mobile phase at an appropriate flow rate (1.0 mL min⁻¹).

Quantification of the present carbohydrates in the samples was carried out by comparing the retention times and peak areas of the samples with the retention times and the peak areas of the standard solutions (Sigma brand, 99% purity) of glucose, fructose and sucrose (20 mg mL⁻¹). The analysis of the sugars was carried out in triplicate and the results were expressed in grams (g) of sugar per 100 g of exocarpio and mesoendocarpio.

Determination of minerals

The mineral composition of the ash coming from the mesoendocarpio and exocarpio was determined by means of the atomic absorption technique, following the official methods described in the standards COVENIN (1997) and AOAC (1990). Five (5) fruits were collected, from each stage of development and growth of 10 trees, in three moments (beginning, middle and end) of each harvest (0, 180 and 360 days) for a total of 450 repetitions per stage. The specific recommendations for the determination of each of the nutritional minerals such as potassium (K), sodium (Na), copper (Cu), calcium (Ca), iron (Fe), magnesium (Mg), manganese (Mn) and zinc (Zn) were taken into consideration. The results were expressed in mg of the mineral per 100 g of the exocarpio and mesoendocarpio.

en tres momentos (inicio, mitad y final) de cada cosecha (0, 180 y 360 días) para un total de 450 repeticiones por estadio. Se tomaron en consideración las recomendaciones específicas para la determinación de cada uno de los minerales nutricionales como potasio (K), sodio (Na), cobre (Cu), calcio (Ca), hierro (Fe), magnesio (Mg), manganeso (Mn) y zinc (Zn). Los resultados se expresaron en mg del mineral por cada 100 g del exocarpio y mesoendocarpio.

Resultados y discusión

Se determinó la fructosa y la glucosa en el mesoendocarpio de *A. muricata*, bajo las condiciones de estudio (figura 1). Se observó que el modelo matemático estimó que los mayores valores correspondieron a la fructosa para los últimos 4 estadios, ya que en el estadio 1 no se observó ninguna concentración de los azúcares evaluados. A partir del estadio 2 se comenzaron a detectar dichas variables químicas con valores de 13,09 y 0,69 g·100 g⁻¹ de mesoendocarpio para la fructosa y glucosa, respectivamente. Se observó la mayor diferencia entre los estadios 3 y 4 para la fructosa (13,04 g·100 g⁻¹ de mesoendocarpio) con respecto a la glucosa (2,64 g·100 g⁻¹ de mesoendocarpio). Por otro lado, los valores de los carbohidratos en el último estadio de desarrollo y crecimiento del fruto, donde se evidenció un órgano con madurez de consumo, fueron los máximos obtenidos para la fructosa (42,03 g·100 g⁻¹ de mesoendocarpio).

En estudios realizados en plantas de guanábana cimarrona (*A. glabra*

Results and discussion

Fructose and glucose were determined in the mesoendocarp of *A. muricata*, under the study conditions (figure 1). It was observed that the mathematical model estimated that the highest values corresponded to fructose for the last 4 stages, since in stage 1 no concentration of the sugars evaluated was observed. From stage 2, these chemical variables were detected with values of 13.09 and 0.69 g·100 g⁻¹ of mesoendocarp for fructose and glucose, respectively. The greatest difference between stages 3 and 4 was observed for fructose (13.04 g·100 g⁻¹ mesoendocarp) about the glucose (2.64 g·100 g⁻¹ mesoendocarp). On the other hand, the values of carbohydrates in the last stage of development and growth of the fruit, where an organ with consumption ripeness was evidenced, were the maximums obtained for fructose (42.03 g·100 g⁻¹ of mesoendocarp).

In studies carried out on Monkey Apple plants (*A. glabra* L.) in the Department of Cordoba, Colombia; three stages of development and growth were established for the ripening of its fruit (green= stage 3, pintona= stage 4 and ripe= stage 5), which coincided with the stages studied for *A. muricata*. Regarding the composition of sugars obtained fructose values (stage 3: 0.291 g·100 g⁻¹ pulp, stage 4: 0.602 g·100 g⁻¹ pulp, stage 5: 0.895 g·100 g⁻¹ pulp) and glucose (stage 3: 0.286 g·100 g⁻¹ pulp, stage 4: 0.509 g·100 g⁻¹ pulp, stage 5: 0.892 g·100 g⁻¹ pulp) (Arrazola *et al.*, 2013), which were below those

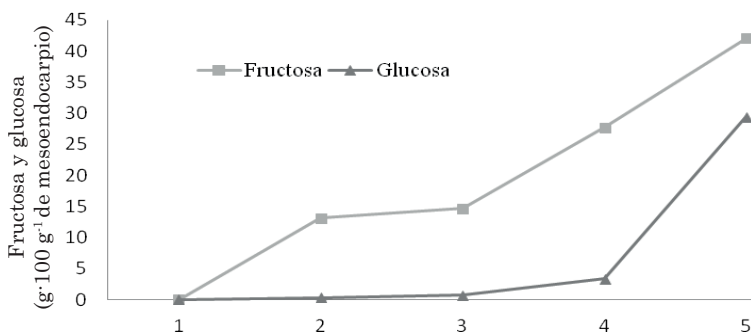


Figura 1. Concentración de glucosa y fructosa del mesoendocarpio del fruto de *A. muricata* (guanábana). Estadios del fruto: 1: 15 días, biomasa promedio (bp) de 38 g; 2: 30 días, (bp) 89 g; 3: 45 días, (bp) 169 g; 4: 60 días, (bp) 405 g y 5: 75 días, (bp) 753 g.

Figura 1. Concentration of glucose and fructose of the mesoendocarp of the fruit of *A. muricata* (soursop). Fruit stages: 1: 15 days, average biomass (bp) de 38 g; 2: 30 days, (bp) 89 g; 3: 45 days, (bp) 169 g; 4: 60 days, (bp) 405 g y 5: 75 días, (bp) 753 g.

L.) en el Departamento de Córdoba, Colombia; se establecieron tres estadios de desarrollo y crecimiento para la maduración de su fruto (verde=estadio 3, pintona=estadio 4 y maduro=estadio 5), los cuales coincidieron con los estadios estudiados para *A. muricata*. En cuanto a la composición de azúcares obtuvieron valores de fructosa (estadio 3: 0,291 g·100 g⁻¹ de pulpa; estadio 4: 0,602 g·100 g⁻¹ de pulpa; estadio 5: 0,895 g·100 g⁻¹ de pulpa) y glucosa (estadio 3: 0,286 g·100 g⁻¹ de pulpa; estadio 4: 0,509 g·100 g⁻¹ de pulpa; estadio 5: 0,892 g·100 g⁻¹ de pulpa) (Arrazola *et al.*, 2013), que estuvieron por debajo de los obtenidos para este fruto bajo condiciones del CESID Frutícola y Apícola.

Los valores de fructosa y glucosa de esta investigación también fueron

obtenidos para este fruto bajo condiciones del CESID Frutícola y Apícola.

obtained for this fruit under the conditions of the CESID Fruit and Apiculture.

The values of fructose and glucose of this research were also higher than those reported for two localities in Zulia state (upland and southern area of Lake Maracaibo), obtaining concentrations of 5.19 and 4.61 g·g⁻¹ of pulp from fructose and glucose, respectively (Ojeda *et al.*, 2007).

In both researches consulted, low amounts of sucrose were also reported, a result that differed with that obtained in this study, since only traces of this disaccharide were detected; this could probably be due to the shortage of free sugars which could trigger the synthesis

superiores a los reportados para dos localidades del estado Zulia (altiplanicie y zona Sur del Lago de Maracaibo), obteniendo concentraciones de 5, 19 y 4,61 g·g⁻¹ de pulpa de fructosa y glucosa, respectivamente (Ojeda *et al.*, 2007).

En ambas investigaciones consultadas, también se reportaron bajas cantidades de sacarosa, resultado que difirió con el obtenido en este estudio, ya que solo se detectaron trazas de este disacárido; esto podría ser probablemente a causa de la escasez de azúcares libres los cuales podrían desencadenar la síntesis del etileno, produciendo defoliación, lo que redujo drásticamente el transporte de sacarosa, aumentando la síntesis de etileno y 1-aminociclopropano-1-carboxilo (ACC). Por otra parte, las condiciones de salinidad del agua del riego de la zona de estudio para el periodo de evaluación, produjo una disminución de la movilidad de los elementos minerales que se encontraban en la solución del suelo y que intervinieron en la acumulación de sacarosa en las hojas, que luego se distribuyó a los demás órganos de esta especie frutal (Jiménez *et al.*, 2017b).

En la figura 2 se observa la concentración de fructosa y glucosa por estadio y cosecha. El comportamiento de los azúcares en las tres cosechas presentó una tendencia similar. Se observó que en el estadio 1 de desarrollo y crecimiento, no fue detectada ninguna concentración de los azúcares evaluados, fue a partir del estadio 2 que se obtuvieron los primeros valores. En las tres cosechas el azúcar mayoritario fue la fructosa,

of ethylene, producing defoliation, which drastically reduced the sucrose transport, increasing the synthesis of ethylene and 1-aminociclopropano-1-carboxyl (ACC). On the other hand, the conditions of salinity of the irrigation water of the study area for the evaluation period, produced a decrease in the mobility of the mineral elements that were in the soil solution and that intervened in the accumulation of sucrose in the leaves, which were then distributed to the other organs of this fruit species (Jiménez *et al.*, 2017b).

Figure 2 shows the concentration of fructose and glucose by stage and harvest. The behavior of the sugars in the three crops presented a similar trend. It was observed that in stage 1 of development and growth, no concentration of the sugars evaluated was detected, it was from stage 2 that the first values were obtained. In the three harvests the majority sugar was fructose, obtaining for the harvest 3 (360 days), the maximum concentrations. This carbohydrate showed a significant increase from stage 3, considering it an indicator for the establishment of the physiological ripeness of the fruit.

Relate to glucose, like the fructose, the highest values were observed in harvest 3 and an increase in the concentration of this sugar was observed from stage 4, at which time the fruit was able to be used. As a raw material for the production of fermented beverages, as is the case of liqueurs. The composition of sugars characteristic in each fruit was important for the evaluation of the

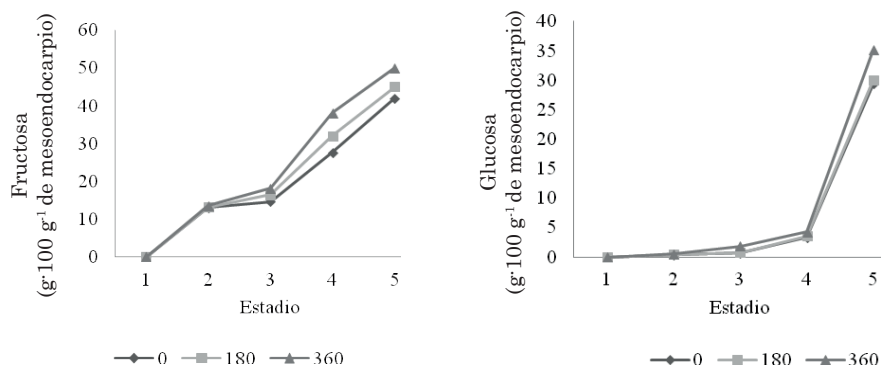


Figura 2. Contenido de fructosa (a) y glucosa (b) de los cinco estadios en las tres cosechas de la fruta de *A. muricata* (guanábana). Estadios del fruto: 1: 15 días, biomasa promedio (bp) de 38 g; 2: 30 días, (bp) 89 g; 3: 45 días, (bp) 169 g; 4: 60 días, (bp) 405 g y 5: 75 días, (bp) 753 g.

Figura 2. Fructose (a) and glucose (b) content of the five stages in the three harvest of the fruit of *A. muricata* (soursop). Stages of the fruit: 1: 15 days, average biomass (bp) de 38 g; 2: 30 days, (bp) 89 g; 3: 45 days, (bp) 169 g; 4: 60 days, (bp) 405 g y 5: 75 days, (bp) 753 g.

obteniendo para la cosecha 3 (360 días), las máximas concentraciones. Este carbohidrato presentó un aumento importante a partir del estadio 3, considerándose un indicador para el establecimiento de la madurez fisiológica del fruto.

Con relación a la glucosa, al igual que la fructosa se observaron los mayores valores en la cosecha 3 y se evidenció un incremento de la concentración de este azúcar a partir del estadio 4, momento en el cual el fruto estaba en condiciones para poder ser utilizado como materia prima para la elaboración de bebidas fermentadas, como es el caso de los

quality of the same and in a special way, when the pulp was used as a raw material in the elaboration of different by-products (Brandao and Santos, 2016).

Figure 3 shows the concentrations of potassium, calcium, sodium and magnesium of the exocarp and mesoendocarp of the fruit of *A. muricata*. The content of potassium in the first harvest of the exocarp presented values of 2.97 mg·g⁻¹ of pulp, increasing progressively until evidencing an increase between the first and second crop of 0.805 mg; regarding the last crop evaluated, a concentration of 3.32 mg·g⁻¹ of pulp

licores. La composición de azúcares característica en cada fruto, fue importante para la evaluación de la calidad de los mismos y de manera especial, cuando la pulpa fue utilizada como materia prima en la elaboración de diferentes subproductos (Brandao y Santos, 2016).

La figura 3, muestra las concentraciones de potasio, calcio, sodio y magnesio del exocarpio y mesoendocarpio del fruto de *A. muricata*. El contenido de potasio en la primera cosecha del exocarpio presentó valores de $2,97 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de pulpa, aumentando progresivamente hasta evidenciar un incremento entre la primera y segunda cosecha de $0,805 \text{ mg}$; en cuanto a la última cosecha evaluada se obtuvo una concentración de $3,32 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de pulpa. Con respecto al mesoendocarpio, el modelo estimó los menores valores, siendo similares en las tres cosechas. En evaluaciones de la calidad nutricional de pulpas de guanábana bajo el efecto del escaldado, en la misma zona de estudio, se obtuvieron mayores valores de potasio ($23,86 \pm 1,81 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de pulpa) (Ramírez *et al.*, 2012). Así mismo, en estudios del perfil mineral de pulpa de guanábana en dos zonas de la región Occidental de Venezuela, se obtuvieron mayores valores (municipio Mara, estado Zulia: $20,03 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de pulpa; municipio La Ceiba, estado Trujillo: $18,59 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de pulpa) (Fernández *et al.*, 2007). También en caracterizaciones de frutos de guanábana al Norte del Departamento de Bolívar en Colombia se establecieron concentraciones de $45,2 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de pulpa (León *et al.*, 2016).

was obtained. As regards to the mesoendocarp, the model estimated the lowest values, being similar in the three harvests. In evaluations of the nutritional quality of soursop pulp under the effect of blanching, in the same study area, higher potassium values were obtained ($23.86 \pm 1.81 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ pulp) (Ramírez *et al.*, 2012). Likewise, in studies of the mineral profile of soursop pulp in two areas of the Western region of Venezuela, higher values were obtained (Mara county, Zulia state: $20.03 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ pulp, La Ceiba county, Trujillo state: $18.59 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ pulp) (Fernández *et al.*, 2007). Also in soursop fruit characterizations of the north of the Department of Bolivar in Colombia, concentrations of $45.2 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ of pulp were established (León *et al.*, 2016).

It has been established that the minerals in the fruit are in low concentrations; however, they exert a very important physiological role in their development and growth. The concentrations of the minerals in the organs of the plant depended on the biological activity itself of the species, together with the conditions of salinity of the irrigation water and the behavior of the pH in the soil solution (Quaggio *et al.*, 2012).

At the functional level, potassium acts as a coenzyme of numerous enzymes; it has a role in the photosynthesis and in the metabolism of carbohydrates in plants; it also acts as a regulator of water, participating in the osmotic adjustment of plants subjected to water deficit, preventing them from losing moisture and reaching permanent wilting (Jiménez

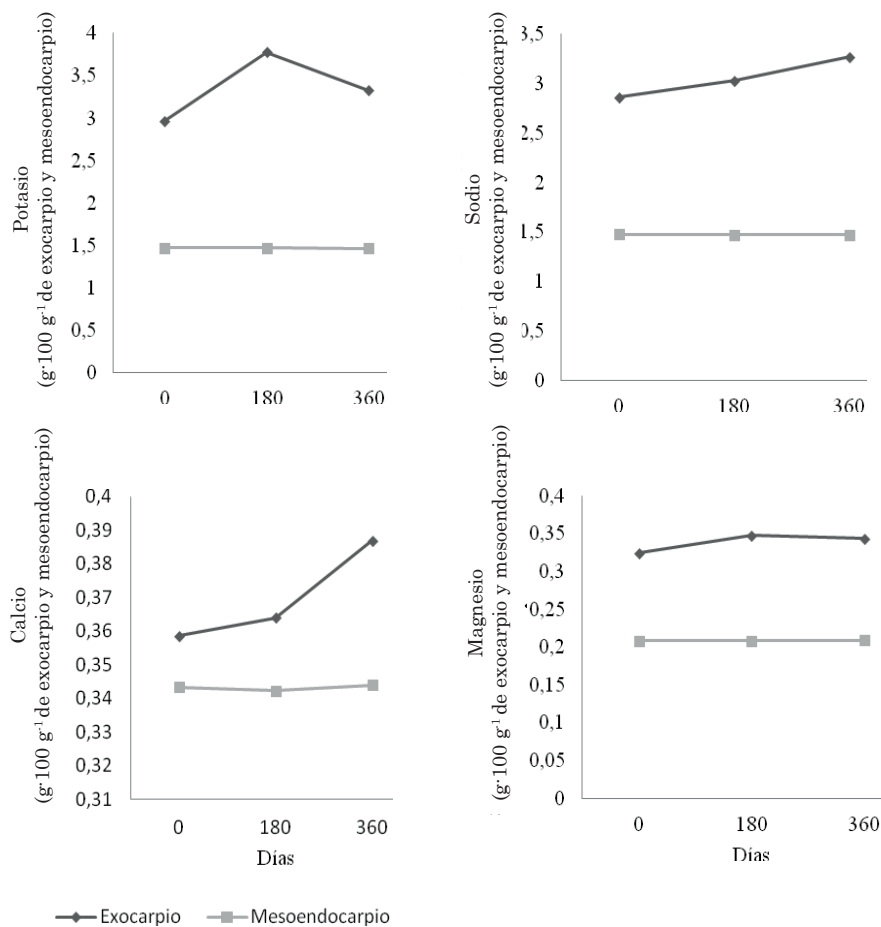


Figura 3. Contenido de potasio, sodio, calcio y magnesio del exocarpio y mesoendocarpio del fruto de *A. muricata* (guanábana).

Figura 3. Potassium, sodium, calcium and magnesium content of the exocarp and mesoendocarp of the fruit of *A. muricata* (soursop).

Se ha establecido que los minerales en el fruto se encuentran en bajas concentraciones; sin embargo, ejercen un papel fisiológico muy importante en el desarrollo y crecimiento de los mismos. Las concentraciones de los minerales en los órganos de la planta dependieron de la actividad biológica propia de la especie, aunado a las condiciones de salinidad del agua de riego y el comportamiento del pH en la solución del suelo (Quaggio *et al.*, 2012).

A nivel funcional el potasio actúa como coenzima de numerosas enzimas; tiene un papel en la fotosíntesis y en el metabolismo de los carbohidratos de las plantas; también actúa como regulador del agua, participando en el ajuste osmótico de las plantas sometidas a déficit hídrico, impidiendo que pierdan humedad y lleguen a la marchitez permanente (Jiménez *et al.*, 2017a). Finalmente, es importante destacar la importancia esencial que ejerce este catión como metabolito en los controles osmóticos del sistema cardiovascular del hombre (Oboh *et al.*, 2015).

En cuanto al calcio, se determinó que los máximos valores se obtuvieron en la última cosecha (exocarpio: 0,386 mg·g⁻¹ de pulpa; mesoendocarpio: 0,3439 mg·g⁻¹ de pulpa). Estos valores estuvieron por debajo de los reportados por León *et al.* (2016), para pulpa de *A. muricata* (39,13 mg·g⁻¹ de pulpa) en zonas productoras del rubro en Colombia. Igualmente, la concentración de calcio en el fruto de *A. cherimola* Miller cosechado en el oriente de Cuba fue superior a los evaluados en este estudio (24 mg·g⁻¹ de pulpa)

et al., 2017a). Finally, it is important to highlight the essential importance of this cation as a metabolite in the osmotic controls of the cardiovascular system of man (Oboh *et al.*, 2015).

As for calcium, it was determined that the maximum values were obtained in the last harvest (exocarp: 0.386 mg·g⁻¹ pulp, mesoendocarp: 0.3439 mg·g⁻¹ pulp). These values were below those reported by León *et al.* (2016), for *A. muricata* pulp (39.13 mg·g⁻¹ pulp) in production areas of the items in Colombia. Similarly, the calcium concentration in the fruit of *A. cherimola* Miller harvested in eastern Cuba was higher than those evaluated in this study (24 mg·g⁻¹ pulp) (González, 2013). This behavior was justified because the increase in soil salinity could cause deficiency of this mineral, because the water absorption by the plant decreased. On the other hand, the dynamics of calcium concentration in most soils was high; however, the high contents of other minerals could decrease their mobility, eventually causing deficiencies (Jiménez *et al.*, 2017b).

In contrast, the mineral content of the fruits usually varies considerably depending on the place where it is cultivated; Calcium is an element found in plant tissues participating in several physiological processes that influence the structure of cell walls, membranes and the activity of many enzymes. In addition, this mineral participates in important mechanisms that affect the ripeness of the fruits (Ramírez *et al.*, 2012).

The second degree polynomial model estimated that the exocarp of

(González, 2013). Este comportamiento se justificó debido a que el aumento de la salinidad del suelo pudo causar deficiencia de este mineral, debido a que disminuyó la absorción de agua por la planta. Por otra parte, la dinámica de concentración de calcio en la mayoría de los suelos, fue elevada; sin embargo, los altos contenidos de otros minerales podrían disminuir su movilidad, causando eventualmente carencias (Jiménez *et al.*, 2017b).

Por otra parte, el contenido mineral de las frutas suele variar considerablemente dependiendo del lugar donde sea cultivado; el calcio es un elemento que se encuentra en los tejidos vegetales participando en varios procesos fisiológicos que influyen en la estructura de las paredes celulares, membranas y actividad de muchas enzimas. Además, este mineral participa en importantes mecanismos que inciden en la madurez de los frutos (Ramírez *et al.*, 2012).

El modelo polinómico de segundo grado estimó que el exocarpo del fruto evidenció la mayor cantidad de sodio, al inicio del estudio se obtuvo una concentración de $2,86 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de pulpa y en la última cosecha se presentó la máxima cantidad de este catión ($3,27 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de pulpa). Por su parte el mesoendocarpo para la misma cosecha, reportó una concentración de $1,46 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de pulpa. Los valores obtenidos en este estudio fueron superiores a los publicados para frutos cultivados en condiciones de cultivo en Colombia ($0,09 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de pulpa) (León *et al.*, 2016) y similares a los obtenido por Coria *et al.*, 2016 en

the fruit showed the highest amount of sodium, at the beginning of the study a concentration of $2.86 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ of pulp was obtained and in the last harvest the maximum amount of this was presented cation ($3.27 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ pulp). On the other hand, the mesoendocarp for the same harvest, reported a concentration of $1.46 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ of pulp. The values obtained in this study were higher than those published for fruits grown under culture conditions in Colombia ($0.09 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ pulp) (León *et al.*, 2016) and similar to those obtained by Coria *et al.*, 2016 in Central America ($3.33 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ pulp). However, in investigations conducted in the same study area of Mara county, higher concentrations were determined ($22.61 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ pulp) (Ramírez *et al.*, 2012).

The amounts of sodium obtained in this work, were optimal for the operation of the plant, studies have shown that the fluctuations of this mineral together with potassium, allowed the plant to have moments of stimulation, by maintaining the ionic balance and the osmotic pressure, allowing cell development and growth to significantly increase the biomass of the plant. As well, the presence of this element in fruits generated an essential condition for metabolic processes in human nutrition (Lastra, 2010; Coria *et al.*, 2016).

Concerning magnesium, it was observed that the values were between 0.20 and $0.34 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ of pulp. For the mesoendocarp, the concentration of the element was constant in the three harvests ($0.20 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ pulp) and the maximum values were determined in

Centroamérica ($3,33 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de pulpa). Sin embargo, en investigaciones realizadas en la misma zona de estudio del municipio Mara, se determinaron mayores concentraciones ($22,61 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de pulpa) (Ramírez *et al.*, 2012).

Las cantidades de sodio obtenidas en este trabajo, fueron óptimas para el funcionamiento de la planta, estudios han evidenciado que las fluctuaciones de este mineral junto al potasio, permitieron que la planta tuviera momentos de estimulación, mediante el mantenimiento del equilibrio iónico y la presión osmótica, permitiendo que el desarrollo y crecimiento celular aumentara significativamente la biomasa de la planta. Así mismo, la presencia de este elemento en las frutas generó una condición esencial para los procesos metabólicos en la nutrición del ser humano (Lastra, 2010; Coria *et al.*, 2016).

En cuanto al magnesio se observó que los valores estuvieron entre $0,20$ y $0,34 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de pulpa. Para el mesoendocarpio la concentración del elemento fue constante en las tres cosechas ($0,20 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de pulpa) y los máximos valores se determinaron en la tercera cosecha del exocarpio ($0,34 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de pulpa). Los valores obtenidos estuvieron por debajo de los obtenidos por León *et al.*, (2016) ($1,28 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de pulpa) y los encontrados en la pulpa de guanábana bajo tratamientos de escaldado ($23,86 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de pulpa) (Ramírez *et al.*, 2012).

El magnesio en las plantas, estructuralmente es el átomo central de la molécula de clorofila; sin embargo, en las hojas solo una pequeña proporción del mineral se

the third harvest of the exocarp ($0.34 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ pulp). The values obtained were below those obtained by León *et al.*, (2016) ($1.28 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ pulp) and those found in the soursop pulp under scalding treatments ($23.86 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ pulp) (Ramírez *et al.*, 2012).

Magnesium in plants, structurally, is the central atom of the chlorophyll molecule; however, in the leaves only a small proportion of the mineral is forming part of that molecule and about 70% of the total magnesium is mobilized by the plant to form an important part of the reactions that are carried out in the organs of the plant. An essential function has also been pointed out by facilitating the union of the two subunits of the ribosomes, organelle responsible for protein synthesis (Nam *et al.*, 2017). On the other hand, in the human diet, even when fruits do not have high concentrations of magnesium; its consumption is relevant, allowing the functions of the nervous, muscular and immune system to be carried out properly (Torres and Chogar, 2014).

Figure 4 shows the amounts of iron, manganese, zinc and copper in the exocarp and mesoendocarp of the fruit of *A. muricata*. In the exocarp, the maximum concentrations of the micronutrients evaluated were determined, with the exception of zinc, since it was higher in the mesoendocarp. The iron content was similar in the three crops, for both parts of the fruit studied (exocarp: $1.2 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ pulp, mesoendocarp: $0.58 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ pulp). As for manganese, its highest value was determined in harvest 2 of the exocarp, corresponding to the 180 days

halla formando parte de esa molécula y cerca del 70% del magnesio total se moviliza por la planta para formar parte importante las reacciones que se realizan en los órganos de la planta. También se ha señalado una función esencial facilitando la unión de las dos subunidades de los ribosomas, organelo responsable de la síntesis proteica (Nam *et al.*, 2017). Por otra parte, en la dieta humana, aun cuando las frutas no tienen altas concentraciones de magnesio; su consumo es relevante, permitiendo que las funciones del sistema nervioso, muscular e inmunitario se lleven a cabo de forma adecuada (Torres y Chogar, 2014).

La figura 4, muestra las cantidades de hierro, manganeso, zinc y cobre en el exocarpio y mesoendocarpio del fruto de *A. muricata*. En el exocarpio se determinaron las máximas concentraciones de los micronutrientes evaluados a excepción del zinc, ya que fue superior en el mesoendocarpio. El contenido de hierro fue similar en las tres cosechas, para ambas partes del fruto estudiadas (exocarpio: 1,2 mg·g⁻¹ de pulpa; mesoendocarpio: 0,58 mg·g⁻¹ de pulpa). En cuanto al manganeso, su mayor valor se determinó en la cosecha 2 del exocarpio, correspondiente a los 180 días de evaluación (0,93 mg·g⁻¹ de muestra). Por otro lado, en el mesoendocarpio se cuantificaron las mismas cantidades en las tres cosechas (0,51 mg·g⁻¹ de pulpa). Con respecto al cobre, al inicio de la evaluación, se observó el valor máximo (0,50 mg·g⁻¹ de pulpa) que luego disminuyó en las siguientes cosechas. Por otro lado, para el zinc se determinaron las mayores y mínimas

de evaluación (0,93 mg·g⁻¹ sample). On the other hand, in the mesoendocarpio the same quantities were quantified in the three harvests (0.51 mg·g⁻¹ pulp). Apropósito de cobre, al principio de la evaluación, el máximo valor (0.50 mg·g⁻¹ pulp) was observed, which then decreased in the following harvests. On the other hand, for zinc, the highest and lowest quantities were determined in the mesoendocarpio (0.12 mg·g⁻¹ pulp) and exocarpio (0.045 mg·g⁻¹ pulp), respectively.

The iron values determined in this work were lower than those published by León *et al.* (2016) (0.60 mg·g⁻¹ pulp) and González (2013) (0.4 mg·g⁻¹ pulp). Likewise, higher concentrations of the evaluated nutrients have been reported for the fruit of *A. squamosa*, cultivated in the Northeast of Brazil (Fe: 38 mg·g⁻¹, Mg: 24 mg·g⁻¹, Cu: 4.7 mg·g⁻¹, Zn: 30.9 mg·g⁻¹) (Dos Santos *et al.*, 2016). This behavior was similar for soursop pulp obtained in the western zone of Venezuela (Zulia= Fe: 7.63 mg·g⁻¹; Zn: 28.66 mg·g⁻¹, Trujillo= Fe: 8.13 mg·g⁻¹; Zn: 23.46 mg·g⁻¹) (Fernández *et al.*, 2007). The variations in the content of these minerals were probably due to the agroclimatic conditions of the area where the plantations were located, to the physiology of the species studied, to its state of ripeness, to the conditions and type of soil, fertilization and frequency of irrigation (Fernández *et al.*, 2007; Jiménez *et al.*, 2017b; Nam *et al.*, 2017).

Conclusions

The quantification of fructose as a major sugar in the last stage of fruit development and growth; as well as the presence of essential minerals such as potassium, sodium, iron, manganese, copper, zinc, calcium and magnesium,

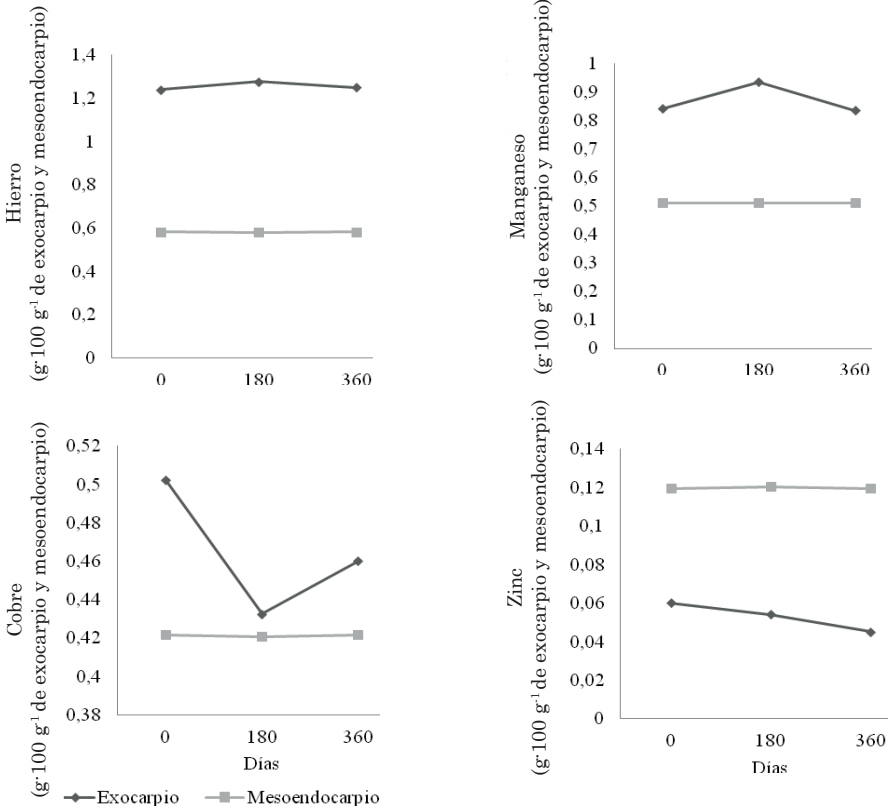


Figura 4. Contenido de hierro, manganeso, cobre y zinc del exocarpio y mesoendocarpio del fruto de *A. muricata* (guanábana).

Figura 4. Iron, manganese, copper and zinc content of the exocarp and mesoendocarp of the fruit *A. muricata* (soursop).

cantidades en el mesoendocarpio ($0,12 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ de pulpa) y exocarpio ($0,045 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ de pulpa), respectivamente.

Los valores de hierro determinados en este trabajo fueron menores que los publicados por León *et al.* (2016) ($0,60 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ de pulpa) y González (2013) ($0,4 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ de pulpa). Así mismo, se ha reportado para el fruto de *A. squamosa*, cultivada en el Noreste de Brasil, concentraciones superiores de

provide to the soursop fruit, a great nutritional and therapeutic potential for the national and international market, due to its possible properties in the control of diseases especially diabetes and cancer.

End of English version

los nutrientes evaluados (Fe: 38 mg·g⁻¹; Mg: 24 mg·g⁻¹; Cu: 4,7 mg·g⁻¹; Zn: 30,9 mg·g⁻¹) (Dos Santos *et al.*, 2016). Este comportamiento fue similar para pulpas de guanábana obtenidas en la zona occidental de Venezuela (Zulia= Fe: 7,63 mg·g⁻¹; Zn: 28,66 mg·g⁻¹, Trujillo= Fe: 8,13 mg·g⁻¹; Zn: 23,46 mg·g⁻¹) (Fernández *et al.*, 2007).

Las variaciones en el contenido de estos minerales probablemente se debieron a las condiciones agroclimáticas de la zona donde se encontraban las plantaciones, a la fisiología de la especie estudiada, a su estado de madurez, a las condiciones y tipo de suelo, fertilización y frecuencia de riego (Fernández *et al.*, 2007; Jiménez *et al.*, 2017b; Nam *et al.*, 2017).

Conclusiones

La cuantificación de la fructosa como azúcar mayoritaria en el último estadio de desarrollo y crecimiento del fruto; aunado a la presencia de minerales esenciales tales como el potasio, sodio, hierro, manganeso, cobre, zinc, calcio y magnesio, le confieren al fruto de guanábana amplias potencialidades nutricionales y terapéuticas, para el mercado nacional e internacional por sus posibles propiedades en el control de enfermedades en especial la diabetes y el cáncer.

Literatura citada

Ávila, R., M. Pérez, A. Giménez y E. Hernández. 2012. La guanábana: una materia prima saludable para la industria de alimentos y bebidas. Redip. Unexpo. Vrb. 2(2):134-142.

Arrazola, G., J. Barrera y M. Villalba. 2013. Determinación física y bromatológica de la guanábana cimarrona (*Annona glabra* L.) del Departamento de Córdoba. ORINOQUIA 17(2):159-166.

AOAC. 1990. Official methods of analysis of the association of official Analytical Chemists. Fifteen editions. D.C.

Brandao, A. and D. Santos. 2016. Nutritional value of the pulp of different sugar apple cultivars (*Annona squamosa* L.). p. 195-212. In: Nutritional composition fruit cultivars. Firth edition. Sao Paulo, Brasil.

Clamens, C., J. Chacín, C. Hernández, R. Guerrero y M. García. 2014. Evaluación del contenido de fenoles y vitamina C del fruto de *Annona muricata* L. (Guanábana) en diferentes estadios de crecimiento. Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas 48(1):39-47.

Coria, A., E. Montalvo, E. Yahia and E. Obledo. 2016. *Annona muricata*: A comprehensive review on its traditional medicinal uses, phytochemicals, pharmacological activities, mechanisms of action and toxicity. Arab. J. Chem. 1(4):154-167.

COVENIN. 1977. Frutas y productos derivados. Determinación de acidez titulable, azúcares totales y reductores. En Normas Venezolanas. Caracas, Venezuela. 254 p.

Dos Santos, W., M. Sauthier, D. Cavalcante, C. Venevides, F. Dias and D. Santos. 2016. Mineral composition, nutritional properties, total phenolics and flavonoids compounds of the atemoya fruit (*Annona squamosa* L. x *Annona cherimola* Mill.) and evaluation using multivariate analysis techniques. An. Acad. Bras. Cienc. 88(3):1243-1252.

Ewel, J. y L. Madríz. 1976. Zonas de vida en Venezuela. 2da. Edición. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. MAC. Caracas. 265 p.

Fernández, V., B. Sulbarán, G. Ojeda de Rodríguez, R.N.J. Delgado, M. Berradre y J. Peña. 2007. Contenido mineral de la guanábana (*Annona muricata*) cultivada en el occidente

- de Venezuela. Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas 41(1):86-95.
- González, M. 2013. Chirimoya (*Annona cherimola* Miller), frutal tropical y sub-tropical de valores promisorios. Cultivos Tropicales 34(3):52-63.
- Jiménez, J., R. Balois, I. Alia, P. Juárez, E. Jiménez, M. Sumaya y J. Bello. 2017a. Tópicos del manejo poscosecha del fruto de guanábana (*Annona muricata* L.). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 8(5):1155-1167.
- Jiménez, J., R. Balois, I. Alia, L. Sánchez, E. Jiménez, J. Bello, J. García and P. Juárez. 2017b. Cold storage of two selections of Soursop (*Annona muricata* L.) in Nayarit, Mexico. J. Food Qual. 1(1):1-9.
- Lastra, O. 2010. Sodio en plantas C4. En: C4 y CAM. Características generales y uso en programas de desarrollo de tierras áridas y semiáridas. Editorial CISC. España. 200 p.
- León, G., C. Granados y M. Osorio. 2016. Caracterización de la pulpa de *Annona muricata* L. cultivada en el Norte del Departamento de Bolívar, Colombia. Revista Cubana de Plantas Medicinales 1(4):175-181.
- Márquez, C., J. Cartagena and H. Velásquez. 2012. Physicochemical characteristics and finite element simulation of firmness in soursop fruits (*Annona muricata* L. cv. Elita) during postharvest. Dyna Rev. Fac. Nac. Minas. 79(172):141-147.
- Nam, J., Y. Park, H. Jang and Y. Rhee. 2017. Phenolic compounds in different parts of young *Annona muricata* cultivated in Korea and their antioxidant activity. Appl. Biol. Chem. 60(1):535-543.
- Oboh, G., A. Ademosun, M. Akinleye, O. Omojokun, A. Boligon and M. Athayde. 2015. Starch composition, glycemic indices, phenolic constituents, and antioxidative and antidiabetic properties of some common tropical fruits. J. Ethnic. Foods 2(1):264-273.
- Ojeda, G., J. Coronado, R. Nava, B. Sulbarán, D. Araujo y L. Cabrera. 2007. Caracterización fisicoquímica de la pulpa de la guanábana (*Annona muricata* L.) cultivada en el Occidente de Venezuela. Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas (LUZ). 41(2):151-160.
- Quaggio, J., J. Dirceu and R. Marcelli. 2012. Sources and rates of potassium for sweet orange production. Sci. Agric. 68(3):369-375.
- Ramírez, R., L. Arenas, K. Acosta, M. Yamarte y L. Sandoval. 2012. Efecto del escaldado sobre la calidad nutricional de la pulpa de guanábana (*Annona muricata* L.). Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha 13(1):48-57.
- SAS institute, Inc. 2014. SAS/STAT User's guide, Release 9.1.3. SAS INST, Cary, NC.
- Torres, V. y D. Chogar. 2014. Magnesio-Selenio. Revista de Actualización Clínica. 41(1):2156-2159.
- Wilson, C., P. Shaw and C. Campbell. 1982. Determination of organic acids and sugars in guava (*Psidium guajava* L.) cultivars by high-performance liquid chromatography. J. Sci. Food Agric. 33: 777-780.