

Potencial antioxidante de la nuez de merey (*Anacardium occidentale* L.) en diferentes estadios de crecimiento

Antioxidant potential nut of cashew (*Anacardium occidentale* L.) in different stages of growth

Potencial antiosidante do cajú (*Anacardium occidentale* L.) em diferentes estágios de crescimento

Rocio Guerrero^{1*}, Adriana Beatriz Sánchez-Urdaneta^{2,3},
Darisol Pacheco³ y Belkys Bracho⁴

¹Centro de Investigaciones en Química de los Productos Naturales “Dra. Gladys León de Pinto”, Facultad de Humanidades y Educación, Universidad del Zulia. Correo electrónico: rocio.guerrero@hdes.luz.edu.ve. ²Universidad Técnica de Manabí. Manabí, Ecuador. Correo electrónico: usanchez@fa.luz.edu.ve, usanchez.luz@gmail.com. ³Departamento de Botánica, Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia. Correo electrónico: dpacheco@fa.luz.edu.ve ⁴Departamento de Estadística, Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia. Correo electrónico: bjbracho@fa.luz.edu.ve

Resumen

El merey (*Anacardium occidentale* L.), presenta una nuez que se comercializa tostada, con excelentes concentraciones de ácido oleico (Omega 9) y otros fitoquímicos con características nutricionales y antioxidantes. El objetivo de este trabajo fue evaluar el potencial antioxidante de la nuez de merey (*A. occidentale*) en diversos estadios de crecimiento. La investigación se realizó en el CESID Frutícola y Apícola de CORPOZULIA, municipio Mara, estado Zulia, Venezuela. El diseño experimental fue de bloques al azar, siguiendo la metodología de medidas repetidas en el tiempo (MRT) a fin de estudiar el comportamiento longitudinal de los ocho estadios del fruto, durante seis cosechas. Se seleccionaron 10 plantas de las cuales se cosecharon 10 frutos.estadio⁻¹.planta⁻¹.tratamiento⁻¹. En el procesamiento de los datos se utilizó el software SAS® versión

Recibido el 28-09-18 • Aceptado el 30-10-2019.

*Autor de correspondencia. Correo electrónico: rocio.guerrero@hdes.luz.edu.ve

9.1.3. La vitamina C, fenoles totales, flavonoides totales y capacidad antioxidante se determinaron por los métodos de Tillmans (AOAC), Folin & Ciocalteau, NaNO_2 , AlCl_3 y ABTS, respectivamente. Los resultados indicaron que el cultivar Enano Precoz CCP-76, mostró la mayor concentración de vitamina C (5,78 mg de ácido ascórbico.100 g de la nuez⁻¹), fenoles totales (12,72 mg de ácido gálico.100 g de la nuez⁻¹), flavonoides totales (7,53 mg de catequina.100 g de la nuez⁻¹) y capacidad antioxidante (95,61 $\mu\text{mol AE.g}$ de la nuez⁻¹), en los dos últimos estadios. La excelente concentración de los metabolitos secundarios presentes en todos los estadios de desarrollo y crecimiento de la nuez de merey, de los cuatro cultivares; le confieren propiedades antioxidantes constituyéndolo como un alimento natural y funcional para la nutrición humana.

Palabras clave: *Anacardium occidentale*, nuez, vitamina C, fenoles totales, flavonoides totales, capacidad antioxidante.

Abstract

Cashew (*Anacardium occidentale* L.), has a nut that is marketed toast, with excellent concentrations of oleic acid (Omega 9) and other phytochemicals with nutritional and antioxidant characteristics. The objective was to evaluate the antioxidant potential of the Cashew (*A. occidentale*) nut at various stages of growth. The research was carried out at CESID Fruticola y Apicola of CORPOZULIA, Mara municipality, Zulia state, Venezuela. The experimental design was randomized blocks, following the methodology of measures repeated over time (MRT) in order to study the longitudinal behavior of the eight stages of the fruit, during six crops. Ten plants were selected from which 10 fruits.stage⁻¹.plant⁻¹ treatment⁻¹ were harvested. SAS® software version 9.1.3 was used to process the data. Vitamin C, total phenols, total flavonoids and antioxidant capacity were determined by the methods of Tillmans (AOAC), Folin & Ciocalteau, NaNO_2 , AlCl_3 y ABTS , respectively. The results indicated that the early dwarf CCP-76, showed the highest concentration of Vitamin C (5.78 mg of ascorbic acid.100 g of the nut⁻¹), total phenols (12.72 mg of gallic acid.100 g of the nut⁻¹), total flavonoids (7.53 mg of catechin. 100 g of the nut⁻¹) and antioxidant capacity (95.61 $\mu\text{mol AE.g}$ of the nut⁻¹), in the last two stages. The excellent concentration of the secondary metabolites presents in all stages of development and growth of the nut of Cashew, of the four cultivars; they confer antioxidant properties constituting it as a natural and functional food for human nutrition.

Key words: *Anacardium occidentale*, cashew nut, vitamin C, total phenols, total flavonoids, antioxidant capacity.

Resumo

O merey ou cajú (*Anacardium occidentale* L.) apresenta uma noz que é vendida torrada, com excelentes concentrações de ácido oleico (Omega 9) e outros fitoquímicos com características nutricionais e antioxidantes. O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial antioxidante da mera noz (*A. occidentale*) em vários estágios de crescimento. A investigação foi realizada no CESID Frutas e Apicultura de CORPOZULIA, município de Mara, estado de Zulia, Venezuela. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, seguindo a metodologia de medidas repetidas ao longo do tempo (MRT), com o objetivo de estudar o comportamento longitudinal das oito etapas do fruto, durante seis safras. Foram selecionadas dez plantas, das quais 110 foram colhidas.estágio⁻¹. planta⁻¹.tratamento⁻¹. O software SAS® versão 9.1.3 foi usado para processar os dados. A vitamina C, fenóis totais, flavonóides totais e capacidade antioxidante foram determinados pelos métodos de Tillmans (AOAC), Folin & Ciocalteau, NaNO₂, AlCl₃ e ABTS, respectivamente. Os resultados indicaram que o Early Dwarf CCP-76 apresentou a maior concentração de vitamina C (5,78 mg de ácido ascórbico. 100 g da castanha⁻¹), fenóis totais (12,72 mg de ácido gálico .100 g da castanha⁻¹), flavonóides totais (7,53 mg de catequina .100 g da castanha⁻¹) e capacidade antioxidante (95,61 μmol AE .g da castanha⁻¹), nas duas últimas etapas. A excelente concentração de metabólitos secundários presentes em todas as etapas de desenvolvimento e crescimento da mera noz, das quatro cultivares; Eles conferem propriedades antioxidantes, constituindo-o como um alimento natural e funcional para a nutrição humana.

Palavras-chave: *Anacardium occidentale*, noz, vitamina C, fenóis totais, flavonóides totais, capacidade antioxidante.

Introducción

La familia Anacardiaceae está conformada, principalmente por los géneros *Anacardium*, *Spondias* y *Mangifera*, entre otros; este grupo de plantas presenta grandes potencialidades agroindustriales, debido a que se utilizan todos sus órganos en la fabricación de productos alimenticios, farmacéuticos, insecticidas, de oficina, impresión y agroquímicos (Guerrero *et al.*, 2011; Martínez *et al.*, 2012; Romero *et al.*, 2012; Bragato *et al.*, 2013; Campos *et al.*, 2016; Lozoya *et al.*, 2018).

Introduction

The Anacardiaceae family is mainly formed by the *Anacardium*, *Spondias* and *Mangifera* genus, among others. This group of plants presents great agroindustrial potentials, due to all its organs are used in the manufacture of food, pharmaceuticals, office insecticides, printing and agrochemical products (Guerrero *et al.*, 2011; Martínez *et al.*, 2012; Romero *et al.*, 2012; Bragato *et al.*, 2013; Campos *et al.*, 2016; Lozoya *et al.*, 2018).

Se ha señalado una amplia red de comercialización a nivel internacional de nueces tostadas y mantequilla de merey, las cuales se producen bajo estrictos estándares internacionales que mantiene en el mercado una excelente calidad del producto, ajustándose a las exigencias de los consumidores (Rabelo *et al.*, 2016; Sousa *et al.*, 2016; Alikbarkhani *et al.*, 2017; Baptista *et al.*, 2018).

El merey, marañón, cauñil o cauñi (*Anacardium occidentale* L.), es un arbusto originario del noreste de Brasil, que posteriormente, se diseminó por América Central, América del Sur y parte de Asia (Guerrero *et al.*, 2014; Rabelo *et al.*, 2016; Baptista *et al.*, 2018). En Venezuela, el merey Criollo Rojo y Amarillo se encuentra en forma silvestre y cultivados en huertos familiares en el oriente del país y en diversas zonas de los municipios Maracaibo, Mara y Rosario de Perijá, estado Zulia.

Se ha reportado una excelente adaptación de estos materiales criollos a las características agroecológicas de las áreas de cultivo debido a que las plantas se encuentran en condiciones de secano, lo cual trae como ventaja un ahorro en el establecimiento de sistemas de riego, tecnología que resulta muy costosa (Guerrero *et al.*, 2008; Quijada *et al.*, 2012; Guerrero *et al.*, 2014).

Así mismo, en el país se han introducido algunos materiales enanos precoces procedentes de Brasil, establecidos en plantaciones experimentales y comerciales (Sindoni *et al.*, 2009; Quijada *et al.*, 2012; Sindoni *et al.*, 2014). Las

A wide network of international marketing of roasted nuts and cashew butter has been pointed out, which are produced under strict international standards that maintain an excellent product quality in the market, adjusting to the demands of consumers (Rabelo *et al.*, 2016; Sousa *et al.*, 2016; Alikbarkhani *et al.*, 2017; Baptista *et al.*, 2018).

Cashew, marañón, cauñil or cauñi (*Anacardium occidentale* L.), is an originate bush from the northeast of Brazil, which later, was spread throughout Central America, South America and part of Asia (Guerrero *et al.*, 2014; Rabelo *et al.*, 2016; Baptista *et al.*, 2018). In Venezuela, the Red and Yellow Creole cashew are found in the wild way and cultivated in family vegetable gardens in the east of the country and in different areas of Maracaibo, Mara and Rosario municipalities of Perijá, Zulia state.

It has been reported an excellent adaptation of these creole materials to the agroecological characteristics of the crop areas due to the plants are found in conditions of non-irrigated land, which brings as an advantage, a saving in the establishment of irrigation systems, technology that is very expensive (Guerrero *et al.*, 2008; Quijada *et al.*, 2012; Guerrero *et al.*, 2014).

In the same way, some materials have been introduced in the country, immature dwarfs coming from Brazil, established in experimental and commercial plantations (Sindoni *et al.*, 2009; Quijada *et al.*, 2012; Sindoni *et al.*, 2014). Evaluations of the physical-chemical composition of

evaluaciones de la composición físico-química de frutos con madurez de consumo de cultivares Criollo Rojo y Criollo Amarillo y de plantaciones experimentales de los Enanos Precoces CCP-76 y CCP-1001 (Guerrero *et al.*, 2008; Quijada *et al.*, 2012; Sindoni *et al.*, 2014), ha permitido evidenciar la calidad de los materiales estudiados bajo las condiciones del municipio Mara; no obstante, aún es escaso el conocimiento que se tiene sobre la calidad del fruto en diversas etapas de desarrollo y crecimiento, aspecto clave para establecer planes de manejo postcosecha y posible utilización como materia prima para la elaboración de subproductos (Hernández *et al.*, 2018).

En la evaluación fisicoquímica de la nuez se ha determinado que existe un aceite que es extraído del endospermo, el cual es de color amarillo brillante y con poca viscosidad que contiene excelentes concentraciones de ácidos grasos esenciales tales como el ácido oleico (Omega 9), linoleico, esteárico, eláidico y palmítico (Lafont *et al.*, 2011).

En el fruto de merey se han reportado, otros nutrientes importantes; tales como minerales, proteínas, azúcares y vitaminas. Así como también, algunos otros compuestos con propiedades antioxidantes (flavonoides, fenoles totales, vitamina C), los cuales le confieren un elevado potencial terapéutico; ya que en conjunto, son particularmente importantes en la oxidación de lípidos y otros radicales libres que son muy activos fisiológicamente (Araújo *et al.*, 2010; Tsantili *et al.*, 2011; Correa *et al.*, 2012; Rabelo *et al.*, 2016; Alikbarkhani *et al.*, 2017; Baptista *et al.*, 2018).

fruits with maturity of consumption of Red and Yellow Creole cultivars and experimental plantations of Immature Dwarfs CCP-76 y CCP-1001 (Guerrero *et al.*, 2008; Quijada *et al.*, 2012; Sindoni *et al.*, 2014), have allowed to demonstrate the quality of the materials studied under the conditions of Mara Municipality; however, the knowledge about fruit quality at various stages of development and growth is still scarce, key aspect to establish postharvest management plans and possible use as raw material for the production of by-products (Hernández *et al.*, 2018).

In the physicochemical evaluation of the nut has been determined, that an oil that is extracted from the endosperm exists, which is bright yellow and with low viscosity that contains excellent concentrations of essential fatty acids such as oleic acid (Omega 9), linoleic, stearic, elaidic and palmitic acid (Lafont *et al.*, 2011).

Other important nutrients have been reported in the fruit of cashew; such as minerals, proteins, sugars and vitamins. As well as, some other compounds with antioxidant properties (flavonoids, total phenols, vitamin C), which give it a high therapeutic potential; overall, they are particularly important in the oxidation of lipids and other free radicals that are very physiologically active (Araújo *et al.*, 2010; Tsantili *et al.*, 2011; Correa *et al.*, 2012; Rabelo *et al.*, 2016; Alikbarkhani *et al.*, 2017; Baptista *et al.*, 2018).

The antioxidant attributes of the fruits, influence the human metabolic functioning, by controlling the reactive

Los atributos antioxidantes de los frutos, inciden en el funcionamiento metabólico humano, mediante el control de las especies reactivas de oxígeno (ROS), evitando daños en la estructura de macromoléculas de ADN, carbohidratos y proteínas lo cual permite la prevención del cáncer, enfermedades cardiovasculares, enfermedades visuales, desordenes del sistema inmune y enfermedades neurodegenerativas, entre otras (Tsantili *et al.*, 2011; Correa *et al.*, 2012; Botsaris *et al.*, 2015; Alikbarkhani *et al.*, 2017; Baptista *et al.*, 2018; Lozoya *et al.*, 2018).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el potencial antioxidante de la nuez de merey (*Anacardium occidentale* L.) en diversos estadios de crecimiento.

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), perteneciente a 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 temperatura promedio de 28 °C y precipitación promedio de 500-600 mm, presentes en dos picos desiguales de lluvia en los meses de mayo y octubre, evaporación promedio anual de 2.000 a 2.300 mm.year⁻¹ y humedad relativa promedio de 75 % (Ewel y Madríz, 1976).

oxygen species (ROS), avoiding damage to the structure of DNA macromolecules, carbohydrates and proteins, that allows the prevention of cancer, cardiovascular diseases, visual diseases, immune system disorders and neurodegenerative diseases, among others (Tsantili *et al.*, 2011; Correa *et al.*, 2012; Botsaris *et al.*, 2015; Alikbarkhani *et al.*, 2017; Baptista *et al.*, 2018; Lozoya *et al.*, 2018).

The objective of this work was to evaluate the antioxidant potential of the cashew nut (*Anacardium occidentale* L.) at different stages of growth.

Materials and methods

Description of the study area

The experimental field phase was carried out at the “Centro Socialista de Investigación y Desarrollo Frutícola” (CESID Frutícola y Apícola), belonging to the “Corporación de Desarrollo de la Región Zuliana” (CORPOZULIA), which is in Mara municipality, Zulia state, Venezuela. The zone is identified as a very dry tropical forest, with an average temperature of 28 °C and average rainfall of 500-600 mm, presents in two unequal peaks of rain in the months of May and October, annual average evaporation of 2,000 and 2,300 mm.year⁻¹ and average relative humidity of 75 % (Ewel and Madríz, 1976).

Plantation management

The Red and Yellow Creole cultivars were sowed in December of 1999, at a planting distance of 10 m x 10 m, and in August of 2007, the immature

Manejo de la plantación

Los cultivares Criollos Rojo y Amarillo fueron sembrados en diciembre de 1999 a una distancia de siembra de 10 m x 10 m y en agosto de 2007 fueron sembrados los enanos precoces, distribuidos en un arreglo 5 m x 5 m. Por otro lado, los cultivares criollos se encuentran en condiciones de secano y en el caso de los clones, requieren un régimen de riego por gravedad de 2 h de suministro de agua, con frecuencia de dos veces a la semana. Así mismo, la fertilización fue similar para los cuatro materiales, los cuales recibieron periódicamente 500 g.planta⁻¹ de fórmula completa. En cuanto al manejo de malezas, se realizó manual (con machete), mecánicamente con rotativa y químico con Glyphosan® al 1%, Gramoxone® al 0,5% y/o Roundup® al 1%.

Diseño experimental

Se consideraron cuatro tratamientos (dos cultivares Criollos Rojo y Criollo Amarillo y dos clones Enanos Precoces CCP-1001 y CCP-76) dispuestos en un diseño experimental en bloques al azar, siguiendo la metodología de medidas repetidas en el tiempo (MRT) a fin de estudiar el comportamiento longitudinal de los ocho estadios de la nuez. Según el análisis y luego de los ajustes de los datos, las matrices de varianza-covarianza, el modelo que mejor ajustó para las variables fue el modelo polinómico de 3^{er} grado ($Y = a + b x + c x^2 + d x^3$).

Se establecieron los ocho estadios del fruto para los cuatro tratamientos: Cultivar Criollo Amarillo (estadio 1: 11 días, biomasa promedio (bp) de

dwarfs were sowed, distributed in 5 m x 5 m arrangement. On the other hand, the creole cultivars are found in a non-irrigated land conditions and in the case of clones, they require a gravity irrigation regime of 2 h of water supply, twice a week. Likewise, the fertilization was similar for the four materials, which periodically received 500 g.plant⁻¹ by complete formula. According to the weeds management, it was done manually (with machete), mechanically with rotary and chemical with, Glyphosan® to 1%, Gramoxone® to 0.5% and/or Roundup® to 1%.

Experimental design

Four treatments were considered (two Red and Yellow Creoles cultivars and two Immature Dwarf clones CCP-1001 y CCP-76) disposed in an experimental design in randomized blocks, following the methodology of repeated measures over time (MRT) in order to study the longitudinal behavior of the eight stages of the nut. According to the analysis and after the data adjustments, the variance-covariance matrices, the model that best adjusted for the variables was the 3rd degree polynomial model ($Y = a + b x + c x^2 + d x^3$).

The eight stages of the fruit were established for the four treatments: Yellow Creole Cultivar (stage 1: 11 days, average biomass (ab) of 3.27 g; stage 2: 8 days, ab of 4.30 g; stage 3: 8 days, ab of 5.09 g; stage 4: 8 days, ab of 5.66 g; stage 5: 7 days, ab de 6.21 g; stage 6: 7 days, ab de 6.91 g; stage 7: 5 days, ab of 7.89 g and stage 8: 4 days, ab, of 9.33 g). Red Creole Cultivar (stage 1: 13 days,

3,27 g; estadio 2: 8 días, bp de 4,30 g; estadio 3: 8 días, bp de 5,09 g; estadio 4: 8 días, bp de 5,66 g; estadio 5: 7 días, biomasa bp de 6,21 g; estadio 6: 7 días, bp de 6,91; estadio 7: 5 días, bp de 7,89 y estadio 8: días, bp de 9,33 g). Cultivar Criollo Rojo (estadio 1: 13 días, bp de 1,37 g; estadio 2: 9 días, bp de 3,01 g; estadio 3: 11 días, bp de 4,37 g; estadio 4: 7 días, bp de 5,52 g; estadio 5: 7 días, bp de 6,50 g; estadio 6: 7 días, bp de 7,39 g; estadio 7: 5 días, bp de 8,24 g y estadio 8: 4 días, bp de 9,00 g). Enano Precoz CCP-76 (estadio 1: 9 días, bp de 4,89 g; estadio 2: 8 días, bp de 5,80 g; estadio 3: 9 días, bp de 6,87 g; estadio 4: 6 días, bp de 8,07 g; estadio 5: 7 días, bp de 9,39 g; estadio 6: 6 días, bp de 10,78 g; estadio 7: 5 días, bp de 12,24 g y estadio 8: 4 días, bp de 13,73 g). Enano Precoz CCP-1001 (estadio 1: 7 días, bp de 3,99 g; estadio 2: 8 días, bp de 4,96 g; estadio 3: 7 días, bp de 5,86 g; estadio 4: 11 días, bp de 6,72 g; estadio 5: 6 días, bp de 7,53 g; estadio 6: 6 días, bp de 8,31 g; estadio 7: 4 días, bp de 9,08 g y estadio 8: 3 días, bp de 9,84 g).

Material vegetal

Se seleccionaron 10 árboles de *A. occidentale* de una plantación de 206 plantas de 18 años de edad y de 30 plantas de 11 años de edad, para los cultivares Criollos y clones Enanos Precoces, respectivamente, considerándose cada uno como una unidad experimental, de los cuales se recolectó una muestra de 10 nueces de cada estadio de crecimiento, durante 52 semanas durante 6 cosechas para un total de 3.120 repeticiones por cada estadio del fruto en el período comprendido entre enero 2013-junio

ab of 1.37 g; stage 2: 9 days, ab of 3.01 g; stage 3: 11 days, ab of 4.7 g; stage 4: 7 days, ab of 5.52 g; stage 5: 7 days, ab of 6.5 g; stage 6: 7 days, ab of 7.39 g; stage 7: 5 days, ab of 8.24 g and stage 8: 4 days, ab of 9.00 g). Immature Dwarf CCP-76 (stage 1: 9 ab of 4.89 g; stage 2: 8 days, ab of 5.80 g; stage 3: 9 days, ab of 6.87 g; stage 4: 6 days, ab of 8.07 g; stage 5: 7 days, ab of 9.39 g; stage 6: 6 days, ab of 10.78 g; stage 7: 5 days, ab of 12.24 g and stage 8: 4 days, ab of 13.73 g). Immature Dwarf CCP-1001 (stage 1: 7 days, ab of 3.99 g; stage 2: 8 days, ab of 4.96 g; stage 3: 7 days, ab of 5.86 g; stage 4: 11 days, ab of 6.72 g; stage 5: 6 days, ab of 7.53 g; stage 6: 6 days, ab of 8.31 g; stage 7: 4 days, ab of 9.08 g and stage 8: 3 days, ab of 9.84 g).

Vegetal material

Ten trees of *A. occidentale* were selected from a plantation of 206 plants of 18 years and of 30 plants of 11 years, to the creole cultivars and the immature dwarf clones, considering each one as an experimental unit, of which, was recollected a sample of 10 nuts of each stage of growth, during 52 weeks, during 6 harvests for a total of 3,120 repetitions for each stage of the fruit in the period covered between January 2013-June 2016. For data processing, the software SAS® version 9.1.3 (2014) was used.

The nuts selected were transferred to the Laboratory of the "Centro de Investigaciones en Química de los Productos Naturales, Facultad de Humanidades y Educación, Universidad del Zulia" (LUZ); they were washed with

2016. Para el procesamiento de los datos se utilizó el software SAS® versión 9.1.3 (2014).

Las nueces seleccionadas se trasladaron al laboratorio del Centro de Investigaciones en Química de los Productos Naturales, Facultad de Humanidades y Educación, Universidad del Zulia (LUZ); fueron lavadas con agua destilada y se obtuvo 1 g del endospermo de la nuez, para los análisis.

Vitamina C

La determinación de este fitoquímico se realizó según el método de Tillmans (AOAC). Este método consistió en una titulación de oxidación-reducción, y se fundamentó en la reducción del 2,6 diclorofenolindofenol-DPIP- (colorante indicador redox) a su especie incolora en presencia de la vitamina C. La muestra de la nuez 0,5 g se homogeneizó en una licuadora marca Oster (modelo BRLY07-Z00-814), luego se sometió a agitación magnética por 10 minutos, con 70 mL de ácido oxálico al 1 % m/v . La solución patrón de ácido ascórbico (2 mL) con la adición de 5 mL de ácido oxálico, fue valorada con 2,6 diclorofenolindofenol-DPIP. Se seleccionó una alícuota de 10 mL de la muestra procesada para la titulación y los resultados obtenidos se expresaron en mg de ácido ascórbico.100 g de la nuez⁻¹ (Clamens *et al.*, 2014).

Fenoles totales

Para la obtención del extracto, se pesó por duplicado 1 g de muestra de la nuez en un matraz erlenmeyer de 25 mL, adicionándole 10 mL de la mezcla metanol:agua (80:20 % v/v). Luego se colocaron las muestras en

distilled water and 1 g was obtained from the nut's endosperm, for the analysis.

Vitamin C

The determination of this phytochemical was realized according to the Tillmans method (AOAC). This method consisted in a degree of oxidation-reduction, and was based in a reduction of 2,6-dichlorophenolindophenol-DPIP (redox indicator colorant) to its colorless species in presence to the vitamin C. The nut sample (0.50 g) was homogenized in a food processor Oster® brand (model BRLY07-Z00-814), later it was submit to magnetic stirring for 10 minutes, with 70 mL of oxalic acid at 1 % m/v . The standard solution of ascorbic acid (2 mL) with the addition of 5 mL of oxalic acid, was valued with 2,6-dichlorophenolindophenol-DPIP. An aliquot of 10 mL was taken from the sample processed for the degree and the results obtained were expressed in mg of ascorbic acid.100 g of the nut⁻¹ (Clamens *et al.*, 2014).

Total phenols

To obtain the extract, 1 g of nut sample was weighed in an erlenmeyer flask of 25 mL, adding it 10 mL of methanol:water mixture (80:20 % v/v). Then, the samples were placed in an ultrasound during 40 minutes. Immediately, the supernatant was filtered with glass wool and the extract was recovered in a 50 mL volumetric balloon.

The waste were washed with 5 mL of pure methanol and the extraction was repeated. It was filtered over a volumetric balloon of 50 mL, the extracts were unified and was level out

un ultrasonido durante 40 minutos. Seguidamente se filtró el sobrenadante con lana de vidrio y se recuperó el extracto en un balón volumétrico de 50 mL. Se lavaron los residuos con 5 mL de metanol puro y se repitió la extracción. Se filtró sobre el balón volumétrico de 50 mL, se unieron los extractos y se enrasó hasta 50 mL. Una alícuota del extracto se empleó para el desarrollo del color para fenoles totales y flavonoides totales.

La determinación de fenoles totales se realizó espectrofotométricamente por el método de Folin & Ciocalteu (1927). Este método está basado en la oxidación de los grupos fenólicos con los ácidos fosfomolibdico y fosfotúngstico.

La cuantificación de los fenoles totales en las muestras problema se realizó utilizando ácido gálico como estándar, considerando la absorbancia como parámetro analítico para generar una curva de calibración (0 a 100 mg.L⁻¹) a partir de una solución stock de 2.000 mg.L⁻¹. La absorbancia se midió a 765 nm en un espectrofotómetro UV-visible, Perkin Elmer, Lambda 3B. Los resultados se expresaron como mg de ácido gálico.100 g del fruto⁻¹ (Clamens *et al.*, 2014, Méndez *et al.*, 2014).

Flavonoides totales

Se utilizaron 2 mL del extracto de la muestra, los cuales se añadieron en un balón volumétrico de 10 mL que contenía 2 mL de agua, luego se adicionaron 0,3 mL de NaNO₂ al 5 % m/v. Se dejó reposando durante 5 min para luego añadir 0,3 mL AlCl₃ al 10 % m/v, la mezcla se dejó reposando por 6 min. Al final se adicionaron 2 mL de NaOH 1 M y se aforó con agua destilada

to 50 mL. An aliquot of the extract was used for the color of the total phenols and total flavonoids development.

The determination of total phenols was spectrophotometrically carried out by the Folin & Ciocalteu method (1927). This method is based in the oxidation of phenolic groups with phosphomolibic and phosphotungstic acids.

The quantification of the total phenols in the problem samples was carried out using gallic acid as standard, considering the absorbance as analytical parameter to generate a calibration curve (0 to 100 mg.L⁻¹) from a stock solution of 2,000 mg.L⁻¹. The absorbance was measured to 765 nm in a spectrophotometer UV-visible, Perkin Elmer, Lambda 3B. The results were expressed as mg of gallic acid.100 g of the fruit⁻¹ (Clamens *et al.*, 2014, Méndez *et al.*, 2014).

Total flavonoids

There were used 2 mL of the sample extract, which were added in a volumetric balloon of 10 mL that contained 2 mL of water, then were added 0.3 mL of NaNO₂ at 5 % m/v. It was left resting during 5 minutes and then add 0.3 mL AlCl₃ at 10 % m/v. The mix was left resting during 6 minutes. At the final were added 2 mL of NaOH 1 M and it level out with distilled water until 10 mL. The quantification of total flavonoids was carried out through a standard catechin and the absorbance was read to 510 nm. A calibration curve was designed with a rank of (0 to 300 mg.L⁻¹). The results were expressed in mg of catechin.100 g of the nut⁻¹ (Méndez *et al.*, 2014; Pereira *et al.*, 2015).

hasta 10 mL. La cuantificación de los flavonoides totales se realizó mediante un estándar de catequina y la absorbancia se leyó a 510 nm. Se diseñó una curva de calibración con rango de (0 a 300 mg.L⁻¹). Los resultados se expresaron en mg de catequina.100 g de la nuez⁻¹ (Méndez *et al.*, 2014; Pereira *et al.*, 2015).

Capacidad antioxidante

Las fracciones hidrofílicas y lipofílicas de los extractos de la nuez, se obtuvieron de acuerdo a lo reportado por Sulbarán *et al.* (2013). Se pesaron 0,5 g de las muestras de cada estadio de desarrollo; luego fueron homogeneizadas con metanol e incubadas durante 24 h a 4 °C y posteriormente centrifugados a 10 °C durante 20 min a 15.000 rpm, en ausencia de luz. El sobrenadante se decantó y almacenó en viales ámbar de 35 mL; este constituyó el extracto metanólico con el que se determinó la actividad antioxidante hidrofílica (AAH). El residuo obtenido se homogenizó con diclorometano y luego se centrifugó a 10 °C durante 20 min a 15.000 rpm, el sobrenadante constituyó el extracto lipofílico o en diclorometano, con el cual se evaluó la actividad antioxidante lipofílica (AAL). Ambos sobrenadantes obtenidos se almacenaron a -19 °C y luego se analizaron después de 24 h de haberse preparado.

La determinación de la capacidad antioxidante de las muestras se realizó mediante el método ABTS, basado en la oxidación de la sal diamónica ABTS (ácido 2,2'-azino-bis-(etilbenzoatiazolina-6-sulfónico) y posterior remoción del radical catión

Antioxidant capacity

The hydrophilic and lipophilic fractions of the nut extracts were obtained according to the reported by Sulbarán *et al.* (2013). About 0.5 g of the samples of each stage of growth were weighed; then, they were homogenized with methanol and incubated during 24 h to 4 °C and later centrifuged to 10 °C during 20 minutes to 15,000 rpm, in the absence of light. The supernatant was edge wised and was stored in amber vials of 35 mL; this constituted the methanolic extract which determined the antioxidant hydrophilic activity AHA. The waste obtained was homogenized with dichloromethane and then was centrifuged to 10 °C during 20 minutes to 15,000 rpm, the supernatant constituted the lipophilic extract or in dichloromethane, with which the antioxidant lipophilic activity was evaluated ALA. Both supernatants obtained were stored at -19 °C and then they were analyzed after 24 h of have been prepared.

The determination of the antioxidant capacity of the sample was made through the ABTS method, based in the oxidation of the diamonic salt ABTS (acid 2,2'-azino-bis- ethylbenzothiazoline-6-sulfonic) and later the radical removal cation ABTS^{•+} for part of the antioxidant compounds present in the sample. The radical ABTS^{•+} cation was generated chemically from a solution of diamonic salt ABTS 7.4 mM and potassium persulfate (K₂S₂O₈), 2.6 mM. The extracts or pattern solution (ascorbic acid) were mixed with the solution of ABTS^{•+} at 30 °C , the absorbance

ABTS^{•+} por parte de los compuestos antioxidantes presentes en la muestra. El radical catión ABTS^{•+} se generó químicamente a partir de una solución de la sal diamónica ABTS 7,4 mM y persulfato de potasio (K₂S₂O₈), 2,6 mM. Los extractos o solución patrón (ácido ascórbico) se mezclaron con la solución de ABTS^{•+} a 30 °C; la absorbancia (560 nm) se midió pasados 5 min de reacción. Los resultados se expresaron en μmol.g de ácido ascórbico de la nuez⁻¹ de ácido ascórbico de la nuez (capacidad antioxidante equivalente a ácido ascórbico) (Sulbarán *et al.*, 2013).

Resultados y discusión

Vitamina C

La figura 1a muestra la concentración de vitamina C, fenoles totales, flavonoides y capacidad antioxidante del fruto de merey. El polinomio cúbico que permitió el ajuste de las variables mostró, que la mayor concentración de vitamina C, para el estadio 1; correspondió al clon Enano Precoz CCP-1001 (5,58 mg de ácido ascórbico.100 g de la nuez⁻¹). Sin embargo, a partir del estadio 2 los valores fueron disminuyendo, hasta obtener un mínimo de 4,22 mg de ácido ascórbico.100 g de la nuez⁻¹, en los frutos con madurez de consumo (estadio 8).

Con respecto al Enano Precoz CCP-76, al inicio de la evaluación presentó una concentración de 5,01 mg de ácido ascórbico.100 g de la nuez⁻¹, valor que fue disminuyendo hasta el estadio 4 (4,48 mg de ácido ascórbico.100 g de la nuez⁻¹), momento en el cual inicio un

(560 nm) was measured 5 minutes pasted of reaction. The results were expressed in μmol AE.g of ascorbic acid of the nut⁻¹ (antioxidant capacity equivalent to ascorbic acid) (Sulbarán *et al.*, 2013).

Results and discussion

Vitamin C

The figure 1a shows the concentration of vitamin C, total phenols, flavonoids and antioxidant capacity of the fruit of cashew. The cubic polynomial that allowed the adjustment of the variables, showed, that the highest concentration of vitamin C to the stage 1; corresponded to the Immature Dwarf Clone CCP-1001 (5.58 mg ascorbic acid. 100 g of the nut⁻¹). However, from the stage 2 the values were decreasing until obtain a minimum of 4.22 mg of ascorbic acid.100 g of the nut⁻¹, in the fruits with maturity of consumption (stage 8).

Regarding to the immature dwarf CCP-76, at the beginning of the evaluation, presented a concentration of 5.01 mg of ascorbic acid.100 g of the nut⁻¹, value that was decreasing to the stage 4 (4.48 mg of ascorbic acid.100 g of the nut⁻¹), moment that started an increase of the concentration until to obtain the maximum record of the study (stage 8: 5.78 mg of ascorbic acid.100 g of the nut⁻¹).

On the other hand, the creole cultivars presented the lower values of the variable in study in the most of the stages. Concentrations were determined for the stage 1 of 1.15 and 3.26 mg of ascorbic acid.100 g of the

incremento de la concentración hasta obtener el máximo registro del estudio (estadio 8: 5,78 mg de ácido ascórbico.100 g de la nuez⁻¹).

Red Creole, it was observed the highest increase between the stages 1 and 2 (1.95 mg of ascorbic acid.100 g of the nut⁻¹).

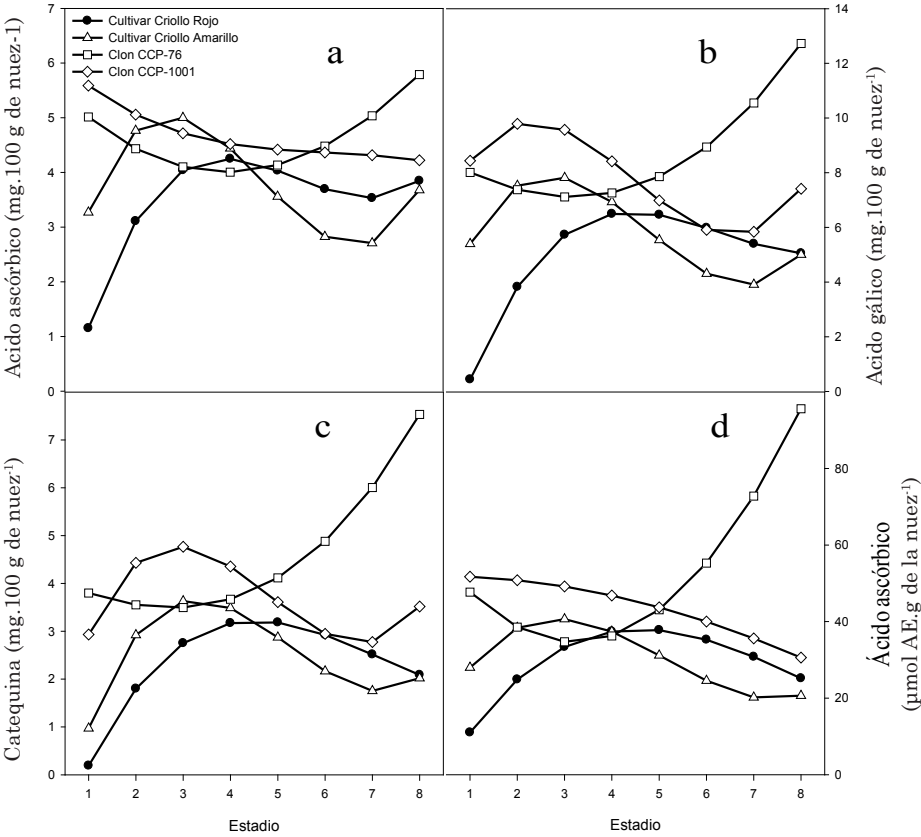


Figura 1. Contenido de vitamina C (a), fenoles totales (b), flavonoides (c) y capacidad antioxidante (d) en el fruto de *Anacardium occidentale* L. (merey), cultivares Criollos Rojo y Amarillo y los clones Enanos Precoces CCP-76 y CCP-1001. Abreviaturas: CR= cultivar Criollo Rojo, CA= cultivar Criollo Amarillo, CCP-76= clon CCP-76 y CCP-1001= clon CCP-1001. Estadio 1: 3,38 g; Estadio 2: 4,53 g; Estadio 3: 5,55 g; Estadio 4: 6,49 g; Estadio 5: 7,41 g; Estadio 6: 8,35 g; Estadio 7: 9,36 g; Estadio 8: 10,5 g.

Figure 1. Vitamin C content (a), total phenols (b), flavonoids (c) and antioxidant capacity (d) in the *Anacardium occidentale* L. (cashew) fruit, Red and yellow creole cultivars and the immature dwarf clones CCP-76 and CCP-1001. Abbreviations: CR= Red Creole cultivar, CY= Yellow Creole cultivar, CCP-76= clone CCP-76 y CCP-1001= clone CCP-1001. Stage 1: 3.38 g; Stage 2: 4.53 g; Stage 3: 5.55 g; Stage 4: 6.49 g; Stage 5: 7.41 g; Stage 6: 8.35 g; Stage 7: 9.36 g; Stage 8: 10.5 g.

Por otro lado, los cultivares criollos presentaron los menores valores de la variable en estudio, en la mayoría de los estadios. Se determinaron concentraciones para el estadio 1 de 1,15 y 3,26 mg de ácido ascórbico.100 g de la nuez⁻¹ para el cultivar Criollo Rojo y Amarillo, respectivamente. En el caso del Criollo Rojo se observó el mayor incremento entre los estadios 1 y 2 (1,95 mg de ácido ascórbico.100 g de la nuez⁻¹).

Así mismo, se evidenció el máximo valor, para este tratamiento, en el estadio 4 (4,24 mg de ácido ascórbico.100 g de la nuez⁻¹). Luego se observó un descenso de la concentración hasta el estadio 8 (3,84 mg de ácido ascórbico.100 g de la nuez⁻¹). El cultivar Criollo Amarillo mostró los menores valores de vitamina C, entre los estadios 5 y 8 (5= 4,03 mg de ácido ascórbico.100 g de la nuez⁻¹; 6= 3,69 mg de ácido ascórbico.100 g de la nuez⁻¹; 7= 2,70 mg de ácido ascórbico.100 g de la nuez⁻¹; 8= 3,67 mg de ácido ascórbico.100 g de la nuez⁻¹).

Las concentraciones de vitamina C, obtenidas para todos los estadios de crecimiento, de los cuatro tratamientos fueron superiores a las reportadas para nueces de *A. occidentale* cultivadas en la India (0,5 mg de ácido ascórbico.100 g de la nuez⁻¹), Brasil (<5 mg mg de ácido ascórbico.100 g de la nuez⁻¹) y Costa de Marfil (<0,5 mg de ácido ascórbico.100 g de la nuez⁻¹) (Rico *et al.*, 2016).

Por otra parte, fueron similares, para nueces con madurez de consumo, materiales cultivados en Vietnam (<5mg de ácido ascórbico.100 g de la nuez⁻¹) (Rico *et al.*, 2016) y para nueces de *Pistacia vera* en la localidad

nut⁻¹ to the Red and Yellow Creole cultivar, respectively. In the case of the

Likewise, it evidenced the maximum value, for this treatment, in the stage 4 (4.24 mg of ascorbic acid.100 g⁻¹ of the nut). Then it was observed a decrease of the concentration until the stage 8 (3.84 mg of ascorbic acid.100 g of the nut⁻¹). The Yellow Creole cultivar showed the minor values of the vitamin C, between the stages 5 and 8 (5= 4.03 mg of ascorbic acid. 100 g of the nut⁻¹; 6= 3.69 mg of ascorbic acid.100 g of the nut⁻¹; 7= 2.70 mg of ascorbic acid.100 g of the nut⁻¹; 8= 3.67 mg of ascorbic acid.100 g of the nut⁻¹).

The concentrations of vitamin C obtained for all the growth stages, of the four treatments were higher to the reported for the nuts of *A. occidentale* cultivated in India (0.5 mg of ascorbic acid.100 g of the nut⁻¹), Brazil (<0.5 mg of ascorbic acid.100 g of the nut⁻¹) and Ivory Coast (<0.5 mg of ascorbic acid.100 g of the nut⁻¹) (Rico *et al.*, 2016).

On the other hand, they were similar for the nuts with maturity of consumption, materials cultivated in Vietnam (<5 mg of ascorbic acid.100 g of the nut⁻¹) (Rico *et al.*, 2016) and for the *Pistacia vera* nuts in the locality of Castilla-La Mancha, Spain (5.60 mg of ascorbic acid.100 g of the nut⁻¹) (Couceiro *et al.*, 2013). And lower than the obtained for the fruit of the *P. vera* plants adapted to the conditions of Akbari-Iran (9.17 mg of ascorbic acid.100 g of the nut⁻¹) (Taghizadeh *et al.*, 2018).

The vitamin C in the cashew fruit presented fluctuations at the eight stages of the four treatments due to

de Castilla-La Mancha, España (5,6 mg de ácido ascórbico.100 g de la nuez⁻¹) (Couceiro *et al.*, 2013). Y más bajos que los obtenidos para frutos de plantas de *P. vera* adaptadas a condiciones de Akbari-Iran (9,17 mg de ácido ascórbico.100 g de la nuez⁻¹) (Taghizadeh *et al.*, 2018).

La vitamina C en el fruto de merey presentó fluctuaciones en los ocho estadios de los cuatro tratamientos debido a que la disponibilidad de agua en este tipo de frutos fue muy limitada, los procesos de síntesis y concentración de los ácidos orgánicos dependieron de la actividad hídrica vacuolar, lo cual permitió que en dicha matriz se disolvieran la mayoría de estos ácidos y presentaran movilidad (Africano *et al.*, 2015; Pereira *et al.*, 2015).

En este sentido, en investigaciones realizadas por Toledo *et al.* (2015), se evidenció que durante el proceso de maduración del fruto de merey, el contenido de vitamina C, fue sumamente importante en la formación de las paredes celulares que constituyeron los tejidos de este fruto seco y por consiguiente del crecimiento del mismo; aun cuando los niveles hídricos estuvieron por debajo del 25 % de disponibilidad. Esta condición caracteriza el metabolismo de los frutos secos. Así mismo, los investigadores establecieron que los ácidos orgánicos (cítrico, ascórbico y málico), que estuvieron presentes durante la maduración de los frutos, actuaron como una fuente de energía durante la respiración. Por lo cual, el contenido de estos fitoquímicos tendió a disminuir con el desarrollo del fruto (Maldonado *et al.*, 2016).

Fenoles totales

the availability of water in this type of fruit was very limited, the synthesis processes and concentration of the organic acids depend on the vacuolar water activity, which allowed that in this matrix the most of these acids were dissolved and present mobility (Africano *et al.*, 2015; Pereira *et al.*, 2015).

In this sense in investigations made by Toledo *et al.* (2015), it was evident that during the maturation process of the cashew fruit, the vitamin C content, was extremely important for the formation of the cell walls that constituted the tissues of this dried fruit and consequent the growth of itself, even when the water levels were under the 25 % of availability. This condition characterizes the metabolism of the dried fruits. In the same way, the researchers established that the organic acids (citric, ascorbic and malic), that were presented during the maturation of the fruit, acted as a power source during the breathing. Whereby, the content of these phytochemicals tended to decrease with the development of the fruit (Maldonado *et al.*, 2016).

Totals phenols

An increase of the concentration of the total phenols was observed (figure 1b), at the stage 2 in the Yellow Creole cultivar (7.52 mg of gallic acid.100 g of the nut⁻¹) and the immature dwarf CCP-1001 (9.78 mg of gallic acid.100 g of the nut⁻¹); nevertheless, the values were decreasing to the stage 7, where was observed an increase in the last stage of development and growth correspondent to the stage 8 (7.41 mg of gallic acid.100 g of the nut⁻¹ and 5

Se observó un aumento de la concentración de los fenoles totales (figura 1b), en el estadio 2 en el cultivar Criollo Amarillo (7,52 mg de ácido gálico.100 g de la nuez⁻¹) y el Enano Precoz CCP-1001 (9,78 mg de ácido gálico.100 g de la nuez⁻¹); sin embargo, los valores fueron disminuyendo hasta el estadio 7, donde se observó un incremento en la última etapa de desarrollo y crecimiento correspondiente al estadio 8 (7,41 mg de ácido gálico.100 g de la nuez⁻¹ y 5,00 mg de ácido gálico.100 g⁻¹ de la nuez para el Enano Precoz CCP-1001 y cultivar Criollo Amarillo, respectivamente).

El clon Enano Precoz CCP-76 presentó el mayor contenido de fenoles totales, desde el estadio 5 hasta el 8 (7,85 mg de ácido gálico.100 g de la nuez⁻¹; 8,94 mg de ácido gálico.100 g de la nuez⁻¹; 10,55 mg de ácido gálico.100 g de la nuez⁻¹ y 12,72 mg de ácido gálico.100 g de la nuez⁻¹ para los estadios 5, 6, 7 y 8, respectivamente). Por otra parte, en el cultivar Criollo Rojo, se determinaron las menores concentraciones en los 4 primeros estadios (1= 0,44 mg de ácido gálico.100 g de la nuez⁻¹; 2= 3,82 mg de ácido gálico.100 g de la nuez⁻¹; 3= 5,72 mg de ácido gálico.100 g de la nuez⁻¹ y 4= 6,49 mg de ácido gálico.100 g de la nuez⁻¹).

Los resultados de fenoles totales obtenidos para el fruto seco de merey fueron inferiores a los publicados en Brasil para nueces de la misma especie (38,10 mg de ácido gálico.100 g de la nuez⁻¹) (Abe *et al.*, 2010), así como también para variedades de *P. vera* cultivadas en dos localidades de

mg of gallic acid.100 g of the nut⁻¹ and 5 mg gallic acid.100 g of the nut⁻¹ for the Immature Dwarf and CCP-1001 Yellow Creole cultivar, respectively).

The Immature Dwarf clone CCP-76 presented the highest content of total phenols, from the stage 5 to the 8 (7.85 mg of gallic acid.100 g of the nut⁻¹; 8.94 mg of gallic acid.100 g of the nut⁻¹, 10.55 mg of gallic acid.100 g of the nut⁻¹ and 12.72 mg of gallic acid.100 g of the nut⁻¹; for the stages 5, 6, 7 and 8, respectively.) On the other hand, in the Red Creole cultivar, were determined the minors concentration at the first 4 stages (1= 0.44 mg of gallic acid.100 g of the nut⁻¹; 2= 3.82 mg of gallic acid.100 g of the nut⁻¹; 3= 5.72 mg of gallic acid.100 g of the nut⁻¹ y 4= 6.49 mg of gallic acid.100 g of the nut⁻¹).

The results of total phenols obtained for the dried fruit of cashew were lower to the published in Brazil to nuts of the same species (38.10 mg of gallic acid.100 g of the nut⁻¹) (Abe *et al.*, 2010), as well to *P. vera* varieties cultivated in locations of Iran (35.64 mg of gallic acid.100 g of the nut⁻¹; Aliakbarkhani *et al.*, 2017 y 109.51 mg de gallic acid.100 g of the nut⁻¹; (Taghizadeh *et al.*, 2018). . Equally, it was observed the same behavior in the *P. lentiscus* fruits adapted to the conditions of the Village of Pachna, Lemesos-Chipre (74.70 mg of gallic acid.100 g of the nut⁻¹; Botsaris *et al.*, 2015).

According to Chaves *et al.* (2010), Lafont *et al.* (2011), Clamens *et al.* (2014) and Adriano *et al.* (2017) in the endosperm of the cashew nut, it has been determined the presence of phenolic compounds

Irán (35,64 mg de ácido gálico.100 g de la nuez⁻¹; Aliakbarkhani *et al.*, 2017 y 109,51 mg de ácido gálico.100 g de la nuez⁻¹; Taghizadeh *et al.*, 2018). Igualmente, se observó el mismo comportamiento en frutos de *P. lentiscus* adaptado a las condiciones de la aldea de Pachna, Lemesos-Chipre (74,70 mg de ácido gálico.100 g de la nuez⁻¹; Botsaris *et al.*, 2015).

Según Chaves *et al.* (2010), Lafont *et al.* (2011), Clamens *et al.* (2014) y Adriano *et al.* (2017) en el endospermo de la nuez del merey, se ha determinado la presencia de compuestos fenólicos con capacidad antioxidante tales como los tocoferoles, terpenos, terpenenos, entre otros; los cuales, en conjunto con otros compuestos orgánicos, participan en el metabolismo de control de los lípidos y de otros radicales libres oxidantes que son muy activos fisiológicamente. Por otro lado, en las cavidades secretoras del mesocarpio del fruto, también se encontraron otros grupos de polifenoles, como el ácido anacárdico, cardol y cardanol; los cuales constituyeron un aceite de color negro, viscoso, irritante y cáustico con aplicaciones en la industria de plásticos, insecticidas y tintas.

Flavonoides totales

Con respecto al contenido de flavonoides totales en el fruto de *A. occidentale* en este estudio (figura 1c), se observó que el Enano Precoz CCP-76 presentó, en el estadio 1, la mayor concentración (3,80 mg de catequina.100 g de la nuez⁻¹); sin embargo, en los estadios 2 (3,55 mg de catequina.100 g de la nuez⁻¹), 3 (3,49 mg de catequina.100 g de la nuez⁻¹) y 4 (3,66 mg de catequina.100 g de

with antioxidant capacity as the tocopherols, terpenos, terpenenos, among others; which, overall with other organic compounds, participate in the metabolism of control of the lipids and another oxidizing free radicals that are physiologically very active. On the other hand, in the secretory cavities of the fruit mesocarp, also were found other groups of polyphenols, as the anarcadic acid, cardol and cardanol; which constituted an oil of black color, viscous, irritant and caustic with applications in the plastic industry, insecticides and inks.

Total flavonoids

Regarding to the content of total flavonoids in *A. occidentale* fruit in the study (figure 1c), it was observed that the Immature Dwarf CCP-76 presented, in the stage 1, the highest concentration (3.80 mg of catechin. 100 g of the nut⁻¹); nevertheless, at the stages 2 (3.55 mg of catechin.100 g of the nut⁻¹), 3 (3.49 mg of catechin.100 g of the nut⁻¹) and 4 (3.66 mg of catechin.100 g of the nut⁻¹) was determined a decrease in the values. Immediately, at the next stages of development it was obtained a progressive increase and in the last stages of growth (stage 8) to establish a value of 7.53 mg of catechin.100 g of the nut⁻¹).

According to the other treatments, for the stage 1, it was obtained values between 0.18 to 2.93 mg of catechin.100 g of the nut⁻¹; which were increasing to the stage 3 (Immature Dwarf CCP-1001; 4.76 mg of catechin.100 g of the nut⁻¹) and stage 4 (Red Creole cultivar: 3.17 mg of catechin.100 g of the nut⁻¹) and

la nuez⁻¹) se determinó un descenso de los valores. Seguidamente, en las siguientes etapas de desarrollo se obtuvo un aumento progresivo y en la última etapa de crecimiento (estadio 8) para establecer un valor de 7,53 mg de catequina.100 g de la nuez⁻¹.

En cuanto a los otros tratamientos, para el estadio 1, se obtuvo valores entre 0,18 a 2,93 mg de catequina.100 g de la nuez⁻¹; los cuales fueron aumentando hasta el estadio 3 (Enano Precoz CCP-1001; 4,76 mg de catequina.100 g de la nuez⁻¹; cultivar Criollo Amarillo: 3,63 mg de catequina.100 g de la nuez⁻¹) y estadio 4 (cultivar Criollo Rojo: 3,17 mg de catequina.100 g de la nuez⁻¹) y luego disminuyeron progresivamente; sin embargo, el clon CCP-1001 presentó un incremento en el estadio 8 (3,51 mg de catequina.100 g de la nuez⁻¹). Las menores concentraciones para la última etapa de crecimiento, correspondieron a los dos cultivares criollos (2,01 mg de catequina.100 g de la nuez⁻¹).

Los resultados obtenidos demostraron que el contenido de flavonoides totales en frutos de merey fue superior a los evaluados para *P. vera*, localizada en Grecia (3,10 mg de catequina.100 g de la nuez⁻¹; Tsantili *et al.*, 2011). Sin embargo, fueron más bajos que los obtenidos en frutos de la misma especie cultivada en Akbari-Irán (10,95 mg de catequina.100 g de la nuez⁻¹; Taghizadeh *et al.*, 2018); así como también, en nueces de *P. lentiscus* (8,00 mg de catequina.100 g de la nuez⁻¹) adaptada a condiciones costeras de Chipre (Botsaris *et al.*,

then, they progressively decreased; even though, the clone CCP-1001 presented an increase at the stage 8 (3.51 mg of catechin.100 g of the nut⁻¹). The minor concentrations for the last stage of growth, were corresponded to the two creole cultivars. (2.01 mg of catechin.100 g of the nut⁻¹).

The results obtained showed that the total flavonoids content in the fruits of cashew was higher than the evaluated for *P. vera*, localized in Greece (3.10 mg of catechin.100 g of the nut⁻¹; Tsantili *et al.*, 2011). However, they were lower than the obtained in the fruits of the same specie cultivated in Akbari-Iran (10.95 mg of catechin.100 g⁻¹ of the nut; Taghizadeh *et al.*, 2018); as well as, in nuts of *P. lentiscus* (8.00 mg of catechin.100 g of the nut⁻¹) adapted to coastal conditions of Cyprus (Botsaris *et al.*, 2015) and *Arachis hypogaea* (peanut) in South Korea (14.20 mg of catechin.100 g of the nut⁻¹, Adhikari *et al.*, 2018).

These secondary metabolites present in the cashew nut, have the capacity of neutralize and impede the formation of free radicals and endow the organism of a defensive power against of the degradation of cells; through the property of iron chelator, as well as the inhibition of the oxidases as the lipoxygenase, the cyclooxygenase, myeloxygenase, NADPH oxidase and xanthine oxidase among others (Ribeiro *et al.*, 2015).
Antioxidant capacity

In the figure 1d, it observes the antioxidant capacity of the four treatments of the *A. occidentale* fruit. The Immature Dwarf CCP-

2015) y *Arachis hypogaea* (maní) en Korea del Sur (14,20 mg de catequina.100 g de la nuez⁻¹; Adhikari *et al.*, 2018).

Estos metabolitos secundarios presentes en la nuez de merey, tienen la capacidad de neutralizar e impedir la formación de los radicales libres y dotar al organismo de un poder defensivo en contra de la degradación de las células; mediante la propiedad quelante del hierro, así como también la inhibición de las oxidasas tales como la lipooxigenasa, la ciclooxigenasa, la mieloperoxidasa, NADPH oxidasa y la xantina oxidasa entre otras (Ribeiro *et al.*, 2015).

Capacidad antioxidante

En la figura 1d, se observa la capacidad antioxidante de los cuatro tratamientos del fruto de *A. occidentale*. El Enano Precoz CCP-1001, mostró los máximos valores en los primeros cuatro estadios (1= 51,71 $\mu\text{mol AE.g}$ de la nuez⁻¹; 2= 50,82 $\mu\text{mol AE.g}$ de la nuez⁻¹; 3= 49,87 $\mu\text{mol AE.g}$ de la nuez⁻¹; 4= 46,80 $\mu\text{mol AE.g}$ de la nuez⁻¹); sin embargo, para los siguientes estadios se observó una disminución hasta obtener para el estadio 8 una capacidad antioxidante de 30,58 $\mu\text{mol AE.g}$ de la nuez⁻¹.

Con respecto, al clon Enano Precoz CCP-76, inicio con un valor de 47,69 $\mu\text{mol AE.g}$ de la nuez⁻¹, para el primer estadio, cantidad que fue disminuyendo hasta el estadio 4 (36,25 $\mu\text{mol AE.g}$ de la nuez⁻¹). A partir de esta etapa, la capacidad antioxidante fue en ascenso hasta lograr el máximo valor del estudio (estadio 8= 95,61 $\mu\text{mol AE.g}$ de la nuez⁻¹). El mayor incremento para este tratamiento se

1001, showed the highest values at the first four stages (1= 51.71 $\mu\text{mol AE.g}$ of the nut⁻¹; 2= 50.82 $\mu\text{mol AE.g}$ of the nut⁻¹; 3= 49.87 $\mu\text{mol AE.g}$ of the nut⁻¹; 4= 46.80 $\mu\text{mol AE.g}$ of the nut⁻¹); nevertheless, to the next stages it was observed a decrease until obtaining the stage 8 pair, a antioxidant capacity of 30.58 $\mu\text{mol AE.g}$ of the nut⁻¹.

Regarding to the Immature Dwarf clone CCP-76, it started with a value of 47.69 $\mu\text{mol AE.g}$ of the nut⁻¹, to the first stage, quantity which was decreasing to the stage 4 (36.25 $\mu\text{mol AE.g}$ of the nut⁻¹). From this stage, the antioxidant capacity was in increase to achieve the maximum study value (stage 8= 95.61 $\mu\text{mol AE.g}$ of the nut⁻¹). The highest increase for this treatment was obtained between the stages 7 and 9 (22.84 $\mu\text{mol AE.g}$ of the nut⁻¹).

The Red and Yellow cultivars presented the lowest values, of antioxidant capacity in the stage 1 (Yellow Creole= 27.98 $\mu\text{mol AE.g}$ of the nut⁻¹; Red Creole= 11.02 $\mu\text{mol AE.g}$ of the nut⁻¹). It was observed an increase in the Yellow cultivar to the stage 3 (40.66 $\mu\text{mol AE.g}$ of the nut⁻¹); nevertheless, it decreased to the stage 7 (20.20 $\mu\text{mol AE.g}$ of the stage), keep it stable in the last stage of the development and growth 20.60 $\mu\text{mol AE.g}$ of the nut⁻¹). Likewise, in the Red Creole cultivar the increase occurred to the stage 5 (37.76 $\mu\text{mol AE.g}$ of the nut⁻¹) and later it decreased in the stage 8 (25.16 $\mu\text{mol AE.g}$ of the nut⁻¹).

The antioxidant capacity determined for the cashew nut in conditions of physiological and consumption maturity, was higher

obtuvo entre los estadios 7 y 8 (22,84 $\mu\text{mol AE.g de la nuez}^{-1}$).

Los cultivares amarillo y rojo presentaron los menores valores, de capacidad antioxidante en el estadio 1 (Criollo Amarillo= 27,98 $\mu\text{mol AE.g de la nuez}^{-1}$; Criollo Rojo= 11,02 $\mu\text{mol AE.g de la nuez}^{-1}$). Se observó un incremento en el cultivar amarillo hasta el estadio 3 (40,66 $\mu\text{mol AE.g de la nuez}^{-1}$); sin embargo, disminuyó hasta el estadio 7 (20,20 $\mu\text{mol AE.g de la nuez}^{-1}$), manteniéndose estable en la última etapa de desarrollo y crecimiento (20,6 $\mu\text{mol AE.g de la nuez}^{-1}$). Así mismo, en el cultivar Criollo Rojo el incremento ocurrió hasta el estadio 5 (37,76 $\mu\text{mol AE.g de la nuez}^{-1}$) y posteriormente disminuyó en el estadio 8 (25,16 $\mu\text{mol AE.g de la nuez}^{-1}$).

La capacidad antioxidante determinada para la nuez de merey en condiciones de madurez fisiológica y de consumo, fue superior a la publicada para el fruto de la misma especie cultivado en zonas productoras de Tailandia (41,70 $\mu\text{mol AE.g de la nuez}^{-1}$) (Sudjaroen *et al.*, 2018). Por otra parte, los valores obtenidos en esta investigación, fueron inferiores a los obtenidos en variedades de *P. vera* (90,55 $\mu\text{mol AE.g de la nuez}^{-1}$) (Aliakbarkhani *et al.*, 2017). Taghizadeh *et al.* (2018) obtuvieron para frutos de esta misma especie en la región de Feizabad en Irán un valor de capacidad antioxidante de 11,49 $\mu\text{mol.g}^{-1}.100 \text{ g}^{-1}$ de la nuez empleando el método de FRAP. Así mismo, Abe *et al.* (2010) reportaron en el fruto de maní (*A. hypogaeae*) 5,9 $\mu\text{mol Trolox eq.g}^{-1}$ mediante el Método DPPH.

Los compuestos antioxidantes

to the published for the fruit of the same specie cultivated in producing areas in Thailand (41.70 $\mu\text{mol AE.g de la nut}^{-1}$) (Sudjaroen *et al.*, 2018). On the other hand, the values obtained in this research, were lower than the obtained in the *P. vera* varieties (90.55 $\mu\text{mol AE.g de la nut}^{-1}$) (Aliakbarkhani *et al.*, 2017). Taghizadeh *et al.* (2018) they obtained for fruits of this same species in the region of Feixabad in Iran a value of the antioxidant capacity of 11.49 $\mu\text{mol.g}^{-1}.100 \text{ g}$ of the nut¹ using the FRAP method. Likewise, Abe *et al.* (2010) reported in the peanut fruit (*A. hypogaeae*) 5.90 $\mu\text{mol Trolox eq.g}^{-1}$ through the DPPH Method.

The antioxidant compounds present in the diet improve the stability front the oxidation of lipoproteins of low density (LDL), process that has been associated in an important way with the genesis by atherosclerosis and heart diseases. On the other hand, these organic compounds were considered biological agents in the control of chronic diseases of the human being as the cancer, genetic diseases, and infections, among others. (Abe *et al.*, 2010; Botsaris *et al.*, 2015; Amaral *et al.*, 2016; Baptista *et al.*, 2018; Sudjaroen *et al.*, 2018).

Conclusions

The excellent concentration of vitamic C, total phenols, total flavonoids and the antioxidant capacity present in all the stages of development and growth of the *A. occidentale* (cashew) nut, of the four treatments, confer antioxidant

presentes en la dieta mejoran la estabilidad frente a la oxidación de las lipoproteínas de baja densidad (LDL), proceso que ha sido asociado de forma significativa con la génesis de aterosclerosis y enfermedades del corazón. Por otro lado, estos compuesto orgánicos, fueron considerados agentes biológicos en el control de enfermedades crónicas del ser humano tales como el cáncer, enfermedades genéticas, infecciones, entre otras (Abe *et al.*, 2010; Botsaris *et al.*, 2015; Amaral *et al.*, 2016; Baptista *et al.*, 2018; Sudjaroen *et al.*, 2018).

Conclusiones

La excelente concentración de vitamina C, fenoles totales, flavonoides totales y la capacidad antioxidante presentes en todo los estadios de desarrollo y crecimiento de la nuez de *A. occidentale* (merey), de los cuatro tratamientos; le confieren propiedades antioxidantes constituyéndose como un alimento natural y funcional para la nutrición humana.

Literatura citada

- Abe, T., F. Lajolo and M. Genovese. 2010. Comparison of phenol content and antioxidant capacity of nuts. *Sci. Technol. Aliment.* 30(Supl.1):254-259.
- Adhikari, B., S. Kumar, A. Adhikari, I. Kim and D. Hyun. 2018. Antioxidant activities, polyphenol, flavonoid, and amino acid contents in peanut shell. *J. Saudi Soc. Agric. Sci.* 1(1):1-6.
- Adriano, L., G. Trejo, R. Rosa, G. Velázquez y A. Vázquez. 2017. Mejoramiento del rendimiento y calidad de fruto y pseudofruto de marañón con un ciclo

properties constituting it as a natural and functional food for human nutrition.

End of English Version

de fertilización orgánica. *Res. Bras. Fructic.* 39(5):674-684.

- Africano, K., P. Almanza y H. Balaguera. 2015. Fisiología y bioquímica de la maduración del fruto de durazno (*Prunus persica* (L.) Batsch). Una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 9(1):161-172.
- Alikbarkhani, S., M. Farajpour, A. Asadian, M. Aalifar, S. Ahmadi and M. Akbari. 2017. Variation of nutrients and antioxidant activity in seed and exocarp layer of some *Persian pistachio* genotypes. *Ann. Agric. Sci.* 62(1):39-44.
- Amaral, R., S. Amado, F. do Amaral, F. Fernández, L. Brandão, V. Monteiro and R. Meireles. 2016. Antimicrobial and antioxidant activity of *Anacardium occidentale* L. flowers in comparison to bark and leaves extracts. *J. Biosci. Med.* 4(1):87-99.
- Araújo, C., T. Lopes and G. Arraes. 2010. Prebiotic effect of fermented cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) juice. *Food Sci. Technol.* 43(1):141-145.
- Baptista, A., R. Vilela, J. Bressan and M. Gouveia. 2018. Antioxidant and antimicrobial activities of crude extracts and fractions of Cashew (*Anacardium occidentale* L.), Cajui (*Anacardium microcarpum* L.), and Pequi (*Caryocar brasiliense* C.): A systematic review. *Oxid. Med. Cell. Longev.* 139(1):1-14.
- Botsaris, G., A. Orphanides, E. Yiannakou, V. Gekas and V. Goulas. 2015. Antioxidant and antimicrobial effects of *Pistacia lentiscus* L. extracts in Pork Sausages. *Food Technol. Biotechnol.* 53(4):472-478.

- Bragato, M., A. Rilda, J. Valério, M. Monteiro, E. Grisoto and R. Matias. 2013. Effect of *Anacardium humile* St. Hill (Anacardiaceae) aqueous extract on *Mahanarva fimbriolata* (Stal, 1854) (Hemiptera: Cercopidae). *Acta Sci. Agron.* 35(4):413-417.
- Campos, J., B. Cavalcanti, D. Alves, C. Cadete and A. Gondim. 2016. Physical properties and antibacterial activity of herbal tinctures of *Calendula* (*Calendula officinalis* L.) and Cashew tree (*Anacardium occidentale* L.). *Pesq. Bras. Odontoped. Clin. Integr.* 14(1):49-53.
- Chaves, M., A. Lopes, J. Dantas, D. Albuquerque, A. De Oliveira, A. Costa and E. Brito. 2010. Fenóis totais, atividade antioxidante e constituintes químicos de extratos de *Anacardium occidentale* L., Anacardiaceae. *Brazilian Journal of Pharmacognosy* 20(1):106-112.
- 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.
- Correa, J., D. Ortiz, J. Larrahondo, M. Sánchez y H. Pachón. 2012. Actividad antioxidante en guanábana (*Annona muricata* L.): Una revisión bibliográfica. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* 11(2):111-126.
- Couceiro, J., J. Guerrero, M. Gijón, A. Moriana, D. Pérez y M. Rodríguez. 2013. El cultivo del pistacho. Editorial Mundi-Prensa. Castilla-La Mancha.España. 760 p.
- Ewel, J. y L. Madríz. 1976. Zonas de vida en Venezuela. 2da. Edición. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. MAC. Caracas. 265 p.
- Folin, O. and V. Ciocalteu. 1927. On tyrocin and tryptophane determinations in proteins. *J. Biol. Chem.* 73(2):627-650.
- Guerrero, R., C. Hernández, J. Chacín, C. Clamens, D. Pacheco, A. Sánchez-Urdaneta y B. Bracho. 2014. Aspectos preliminares de la biología floral de *Anacardium occidentale* L. (Merey) en la altiplanicie de Maracaibo. *Rev. Fac. Agron. (LUZ).* 31c(Supl. 1): 404-413.
- Guerrero, R., L. Lugo, M. Marín, O. Beltrán, G. León de Pinto y F. Rincón. 2008. Caracterización fisicoquímica del fruto y pseudofruto de *Anacardium occidentale* L. (merey) en condiciones de secano. *Rev. Fac. Agron. (LUZ).* 25(1):81-94.
- Guerrero, R., M. Manzanilla, C. Hernández, J. Chacín y C. Clamens. 2011. Caracterización fisicoquímica de frutos de ciruelo de huesito (*Spondias purpurea* L.) en el municipio Mara Rev. *Fac. Agron. (LUZ).* 28 (Supl. 1):670-676.
- Hernández, C., R. Guerrero, B. Bracho y E. Pérez. 2018. Evaluación del contenido de azúcares y perfil mineral en diferentes estadios de crecimiento del fruto de guanábana. *Rev. Fac. Agron. (LUZ).* 35(2):202-222.
- Lafont, J., M. Páez y A. Portasio. 2011. Extracción y caracterización físico-química del aceite de la semilla (almendra) del Maraño (*Anacardium occidentale* L). *Información Tecnológica* 22(1):51-58.
- Lozoya, D., S. Castillo, D. Hernández, C. Rivas y E. Sánchez. 2018. Evaluación de la actividad antimicrobiana, antiinflamatoria y antioxidante de subproductos de *Opuntia ficus-indica* y *Mangifera indica*. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos* 3(1):139-144.
- Maldonado, Y., H. Navarrete, O. Ortiz, J. Jiménez, R. Salazar, I. Alía y P. Álvarez. 2016. Propiedades físicas, químicas y antioxidantes de variedades de mango crecidas en la costa de Guerrero. *Rev. Fitotec. Mex.* 39(3):207-214.
- Martínez, Y., A. Escalona, O. Martínez, C. Olmo, R. Rodríguez, M. Isert, C. Betancur, M. Valdivié y G. Liu.2012. Utilización del *Anacardium occidentale* como nutraceutico en dietas hipoproteicas para gallinas ponedoras. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 46(4):395-401.

- Méndez, S., G. Ettiene, J. Raga y E. Pérez. 2014. Optimización de un método de extracción para fenoles y flavonoides totales en pulpa de mango (*Mangifera indica* L.) Asistida por ultrasonido. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 31(Supl. 1):404- 413.
- Pereira, C., L. De Oliveira, R. Gonçalves, A. Amaral, R. Kustera and C. Sakuraguic. 2015. Phytochemical and phylogenetic analysis of *Spondias* (Anacardiaceae). Quim. Nova. 38(6):813-816.
- Quijada, O., R. Ramírez, M. Sindoni, P. Hidalgo, E. Mármol, Camacho, R., González, C., y A. Casanova. 2012. Comportamiento preliminar de clones enanos precoces de merey (*Anacardium occidentale* L.) CCP-76 y CCP-1001 en la planicie de Maracaibo, Venezuela. Revista Científica UDO Agrícola 12(1):25-31.
- Rabelo, M., E. Sousa, C. Moura, L. De Siqueira and M. Alcántara. 2016. Thermostability of antioxidant and deteriorative enzymes from soursoy and cashew apple juices. Rev. Bras. Frutic. 38(2):331-338.
- Ribeiro, J., D. Dos Santos and L. Silva. 2015. Characterization and acceptability of cashew nut candy and its comparison with commercial products. Brazilian Journal of Food Technology 18(4): 332-336.
- Rico, R., M. Bulló and J. Salas. 2016. Nutritional composition of raw fresh cashew (*Anacardium occidentale* L.) kernels from different origin. Food Sci. Nutr. 4(2):329-338.
- Romero, M., A. Bravo, E. Maury y E. Esteva. 2012. Efectos del consumo de una bebida de cajuil (*Anacardium occidentale*) sobre la respuesta glucémica e insulínica en pacientes con diabetes mellitus tipo 2. Perspectivas en Nutrición Humana 14(1):11-21.
- SAS SAS institute, Inc. 2014. SAS/STAT User'sguide, Release 9.1.3. SAS INST, Cary, NC.
- Sindoni, M., M. Gómez, P. Hidalgo, L. Marcano, G. Castellano, R. Ramírez y M. Burgos. 2014. Parámetros de calidad de licor obtenido de pseudofruto de merey (*Anacardium occidentale* L.), elaborado en el INIA Anzoátegui. Rev. Observador del Conocimiento 2(2):181-187.
- Sindoni, M., P. Hidalgo y J. Méndez. 2009. El merey (*Anacardium occidentale* L.): la especie frutal de las Sabanas Orientales de Venezuela. Revista INIA. 9(1):1-8.
- Sousa, S., B. De Moraes, L. Ribeiro and J. Da Costa. 2016. Stability of cashew apple juice in powder dehydrated in spouted bed. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental Campina Grande 20(7):678-682.
- Sudjaroen, Y., K. Thongkao and K. Suwannahong. 2018. Antioxidant, antibacterial, and cytotoxicity activities of Cashew (*Anacardium occidentale*) Nut Shell Waste. International Journal of Green Pharmacy 12(1):229-234.
- Sulbarán, B., B. González y V. Fernández. 2013. Caracterización química y actividad antioxidante del pseudofruto de cauñil (*Anacardium occidentale* L.). Rev. Fac. Agron. (LUZ). 30:454-469.
- Taghizadeh, S., G. Davarynejad, J. Asili, S. Hossein and G. Karimi. 2018. Assessment of phenolic profile and antioxidant power of five pistachio (*Pistacia vera*) cultivars collected from four geographical regions of Iran. AJP. 8(1):33-42.
- Toledo, M., H. Tomaz, S. Nietzsche, W. Ferreira e S. Marques. 2015. Caracterização físico-química de pedúnculos e castanhas de clones de cajueiro-anão precoce nas condições do norte de Minas Gerais. Bragantia 64(2):169-175.
- Tsantili, E., K. Konstantinidis, M. Christopoulos and P. Rousso. 2011. Total phenolics and flavonoides and total antioxidant capacity in pistachio (*Pistachia vera* L.) nuts in relation to cultivars and storage conditions. Sci. Hort. 129(1):694-701.