

## Caracterización química y actividad antioxidante del pseudofruto de cauji (*Anacardium occidentale* L.)

Chemical characterization antioxidant capacity of pseudo fruit of cashew (*Anacardium occidentale* L.)

B. Sulbarán, B. González y V. Fernández

Laboratorio de Alimentos, Facultad Experimental de Ciencias, Universidad de Zulia, Apartado 526, Maracaibo, Estado Zulia, Venezuela

### Resumen

El objetivo de este estudio fue la caracterización fisicoquímica y evaluación de la actividad antioxidante de pseudofrutos de cauji (*Anacardium occidentale* L.) variedad “Criolla” roja. Las muestras fueron obtenidas del Centro Socialista de Investigación y Desarrollo Frutícola y Apícola del Zulia (CESID-Frutícola y Apícola-CORPOZULIA) ubicado en el Municipio Mara, estado Zulia y correspondientes a la cosecha 2008. Los parámetros fisicoquímicos fueron evaluados mediante los métodos establecidos por la AOAC (Association of Official Analytical Chemist). La actividad antioxidante se determinó empleando el método de decoloración del radical catión ABTS<sup>•+</sup> (ácido 2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolona-6-sulfónico), utilizando Trolox y ácido ascórbico como patrones de referencia. Los resultados de los parámetros fisicoquímicos fueron: contenido de humedad: 86,85%; pH: 4,38; sólidos totales 12,74 °Brix; acidez titulable: 0,33% de ácido málico; ácido ascórbico 178,12 mg.100 g<sup>-1</sup> e índice de madurez (°Brix/acidez): 38,60. La capacidad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC) y ácido ascórbico (AEAC) fue de 12,57 μmol ET.g<sup>-1</sup> y 126,87 μmol EA.g<sup>-1</sup> respectivamente. La mayor actividad antioxidante se obtuvo de la fracción hidrofílica en relación a la fracción lipofílica. Los resultados indican que el pseudofruto del cauji es una fuente rica en ácido ascórbico y otros compuestos antioxidantes, por lo que es importante aprovechar este potencial para el desarrollo de nuevas alternativas en alimentos funcionales. **Palabras clave:** actividad antioxidante, cauji (*Anacardium occidentale* L.), ABTS.

## Abstract

The aim of this study was to study the physicochemical characterization and evaluation of the antioxidant activity of pseudo fruits of cashew (*Anacardium occidentale* L.) variety “Criolla” red. Samples were obtained from the Centro Socialista de Investigación y Desarrollo Frutícola y Apícola del Zulia (CESID-Frutícola y Apícola-CORPOZULIA) located in Mara county, Zulia state, in the harvest of March 2008. The physicochemical parameters were evaluated using the methods of the AOAC (Association of Official Analytical Chemist). The antioxidant activity were determined using the bleaching method of radical cation ABTS<sup>•+</sup> (2,2'-azino-bis-(3-ethylbenzotiazolona-6-sulfonic acid), Trolox and ascorbic acid were used as reference standards. The results of physicochemical parameters were: 86.85% moisture content, pH 4.38, total solids 12.74 °Brix, acidity 0.33% malic acid, ascorbic acid, 178.12 mg 100 g<sup>-1</sup> and maturity index (°Brix/ acidity) 38.60. The Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) and ascorbic acid (AECA) were 12.57 and 126.87 μmol ET.g<sup>-1</sup> respectively. The hydrophilic fraction showed higher antioxidant activity compared to the lipophilic fraction. Final results shows that the pseudo fruit of cashew contains a rich source of ascorbic acid and other antioxidant compounds, and based on that it is important to consider this fruit to take advantage of these properties in the development of new functional food.

**Key words:** Antioxidant activity, cashew (*Anacardium occidentale* L.), ABTS.

## Introducción

Los frutos tropicales contienen nutrientes esenciales (carbohidratos, proteínas y lípidos) y micronutrientes como minerales, vitaminas y diversos compuestos secundarios de naturaleza fenólica, denominados polifenoles, los cuales han sido objeto de innumerables estudios por su capacidad para remover radicales libres y sus efectos derivados en la prevención de enfermedades cardiovasculares, circulatorias algunos tipos de cánceres y enfermedades degenerativas como el Alzheimer (Ishige *et al.*, 2001; Katsube *et al.*, 2003; García-Alonso *et al.*, 2004; Stoclet *et al.*, 2004; Kuskoski *et al.*, 2006; Botero *et al.*, 2007; Pulido *et al.*, 2007; Lansky y Newman, 2007)

El cauji (*Anacardium occidentale* L.) pertenece a la familia

## Introduction

Tropical fruits have essential nutrients (carbohydrates, proteins and lipids) and micronutrients such as minerals, vitamins and diverse secondary compounds with phenolic nature named polyphenols, which have been the target of several researches due to their capacity to remove free radicals and because of their effects on the prevention of heart and circulatory diseases, some types of cancer and degenerative diseases such as Alzheimer (Ishige *et al.*, 2001; Katsube *et al.*, 2003; García-Alonso *et al.*, 2004; Stoclet *et al.*, 2004; Kuskoski *et al.*, 2006; Botero *et al.*, 2007; Pulido *et al.*, 2007; Lansky and Newman, 2007).

Cashew (*Anacardium occidentale* L.) belongs to the

*Anacardiaceae* y es originaria del oeste de Brasil, es un fruto que se caracteriza por tener la dualidad de fruta fresca y fruto seco muy apreciado por su exquisita almendra. Está constituido por un pseudofruto de pulpa carnosa de color amarillo y ligeramente ácida que puede consumirse fresca o mezclada en confituras o bebidas con azúcar y la almendra o “anacardo” que es una nuez de forma arriñonada de color parduzco, de 2 a 3 cm de largo que una vez tostado se convierte en fruto seco muy apreciado en el mundo (Bobledo, 2004). El cauñil presenta un pseudofruto que es una drupa carnosa, en forma de pera o romboide fibrosa, muy jugosa, astringente y de pulpa amarilla, con la piel cerosa que puede encontrarse en coloración amarillo o rojo (McLaughlin *et al.*, 2005). En los últimos años se ha incrementado el interés por el estudio de esta fruta debido a su comprobada actividad antioxidante, sin embargo, en nuestro país existe muy poca información referente a su uso como antioxidante natural y aporte en la prevención de enfermedades causadas por estrés oxidativo. El objetivo de este trabajo la caracterización fisicoquímica y evaluación de la actividad antioxidante de pseudofrutos de cauñil (*Anacardium occidentale* L) variedad “Criolla” roja empleando el método del ión radical ABTS<sup>•+</sup>.

## Materiales y métodos

Recolección de las muestras. Los frutos de cauñil (*Anacardium occidentale* L) variedad “criollo” de coloración roja, fueron tomadas en forma aleatoria y sistemática, de plantas

*Anacardiaceae* family, and is originally from the West of Brazil, it is a fruit characterized by being dual, that is, is used and eaten as a fresh fruit and as nuts, which is well known due to its exquisite taste. It is constituted by a pseudo fruit with a pulpy yellowish pulp and is slightly acid, this can be eaten fresh or mixed in sweets or sweetened beverages, and the cashew nut, is a nut with a kidney-like shape with a brownish color, it measures from 2 to 3 cm of length and once toasted it becomes into a well known nut (Bobledo, 2004).

Cashew is a pseudo fruit with pulpy drupe with a pear shape, is very juicy, astringent and with a yellow pulp, the skin is waxy and yellow or red (McLaughlin *et al.*, 2005). In the last years, researchers of this fruit have increased due to its known antioxidant activity; however, in Venezuela few researches have been carried out about its use as a natural antioxidant and by its advantage in the prevention of diseases caused by oxidative stress. The aim of this research is to do a physico-chemical characterization and to evaluate the antioxidant activity of the pseudo-fruits of cashew (*Anacardium occidentale* L) red “Criolla” variety” and using the radical ion method ABTS<sup>•+</sup>.

## Materials and methods

Collection of the samples. Cashew fruits (*Anacardium occidentale* L) of the “Criollo” variety with reddish color were taken at random and systematically from healthy plants, cropped in the Socialist Center of

sanas, cultivadas en el Centro Socialista de Investigación y Desarrollo Frutícola y Apícola del Zulia (CESID-Frutícola y Apícola-CORPOZULIA), ubicado en el Km. 27 vía a San Rafael del Mojan- municipio Mara del Estado Zulia y correspondiente a la cosecha marzo 2008.

**Preparación de las muestras.** Los frutos seleccionados fueron lavados, pelados y pesados. La nuez fue removida manualmente y el pseudofruto obtenido fue pesado y separada en 3 lotes de 2 kg cada uno (COVENIN 1769-81) y finalmente almacenado a -19°C hasta su análisis. Las variables fisicoquímicas fueron evaluadas en muestra fresca.

### **I. Análisis Fisicoquímicos.**

**Características fisicoquímicas evaluadas:** Una vez preparadas las muestras se evaluaron las características fisicoquímicas contenido de humedad (AOAC, 1990); pH (AOAC 22.061); acidez titulable (AOAC 22.060.); sólidos solubles (AOAC 22.024); contenido de ácido ascórbico (AOAC 43. 060) e índice de madurez (°Brix/acidez) todos los análisis se realizaron por triplicado.

### **II. Actividad Antioxidante.**

**Preparación y obtención de extractos.** Las fracciones hidrofílicas y lipofílicas de los extractos de pseudo fruto de cauñil fueron obtenidos de acuerdo a lo reportado por Arnao *et al.*, 2001; Negreen *et al.*, 2006 y Thaipong *et al.*, 2006. Se pesaron 5 g de pulpa de pseudofruto que posteriormente fueron homogeneizados con metanol (Merck, Alemania) e incubados durante 24 horas a 4°C y posteriormente centrifugados a 10°C durante 20 minutos a 15000 rpm en ausencia de luz. El

Research and Fruit and Bee Development of Zulia (CESID-Fruticola and Apicola-CORPOZULIA), located in Km. 27 on the way to San Rafael del Mojan – Mara county, Zulia state and belonging to the harvest of March, 2008.

**Preparation of the samples.** The fruits selected were washed, peeled and weighted. The nut was moved manually and the pseudo fruit obtained was weighted and divided in 3 batches of 3 kg each (COVENIN 1769-81) and finally stored at -19°C for its analysis. The physic-chemical variables were evaluated in a fresh sample.

### **I Physic-chemical analysis**

**Physic-chemical characteristics evaluated:** Once prepared the samples, the physic-chemical characteristics were evaluated: humidity content (AOAC, 1990); pH (AOAC 22.061); titratable acidity (AOAC 22.060); soluble solids (AOAC 22.024); content of ascorbic acid (AOAC 43.060) and maturity index (°Brix/acidity), all the analysis were carried out by triplicate.

### **II. Antioxidant activity**

**Preparation and obtaining of the extracts.** The hydrophilic and lipophilic fractions of the cashew pseudo fruit extracts were obtained according to the reported by Arnao *et al.*, 2001; Negreen *et al.*, 2006 and Thaipong *et al.*, 2006. 5 g of the pulp of the pseudo fruit were weighted later were homogenized with methanol (Merck, Germany) and incubated for 24 hours at 4°C, subsequently were centrifuged at 10°C for 20 minutes at 15000 rpm in absence of light. The supernatant was decanted and stored in amber vials of 35 mL, with the methanolic extract to which was detected the hydrophilic

sobrenadante fue decantado y almacenado en viales ámbar de 35 mL, este comprende el extracto metanólico con el que se determinó la actividad antioxidante hidrofílica (AAH). El residuo obtenido se homogeneizó con diclorometano (Riedel de Haën, Alemania) y luego fueron centrifugados a 10°C durante 20 minutos a 15000 rpm, este constituye 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 fueron analizados al cabo de 24 horas de preparados.

**Evaluación de la actividad antioxidante.** La capacidad antioxidante de las muestras se realizó mediante el método ABTS inicialmente reportado por Miller *et al.* (1996), con algunas modificaciones (Re *et al.*, 1999), basado en la oxidación de la sal diamónica ABTS (ácido 2,2'-azino-bis-(etilbenzoatiazolina-6-sulfónico) y posterior remoción del radical catión 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 ( $K_2S_2O_8$ ) 2,6 mM. Los extractos o solución patrón (Trolox/Ácido ascórbico) se mezclaron con la solución de ABTS•+ a 30°C. La absorbancia fue medida pasados 5 minutos de reacción. Los resultados fueron expresados en  $\mu\text{mol TE}\cdot\text{g}^{-1}$  (capacidad antioxidante equivalente a Trolox) y  $\mu\text{mol AE}\cdot\text{g}^{-1}$  (capacidad antioxidante equivalente a ácido ascórbico).

**Diseño experimental.** El diseño experimental empleado en la investigación fue totalmente aleatorizado, con

antioxidant activity (AAH). The residue obtained was homogenized with dichloromethane (Riedel Haën, Germany) and were later centrifuged at 10°C for 20 minutes at 15000 rpm, this constitute the lipophilic or dichloromethane extract to which the lipophilic antioxidant activity was evaluated (AAL). Both supernatants obtained were stored at -19°C and analyzed within 24 hours of prepared.

**Evaluation of the antioxidant activity.** The antioxidant capacity of the samples was done using the ABTS method, which was initially reported by Miller *et al.*, (1996), with some modifications (Re *et al.*, 1999), based on the oxidation of diammonium salt ABTS 2,22'-Azino-bis (ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) with a posterior removal of the cation radical ABTS•+ by hands of the antioxidants compounds presented in the sample. The ABTS•+ radical cation was chemically generated after a solution of diammonium salt ABTS 7.4 mM and potassium persulphate ( $K_2S_2O_8$ ) 2.6 mM. The extracts or pattern solution (Trolox/ascorbic acid) were mixed with the ABTS•+ solution at 30°C. The absorbance was measured after 5 minutes of reaction. The results were expressed in  $\mu\text{mol TE}\cdot\text{g}^{-1}$  (antioxidant capacity equal to Trolox) and  $\mu\text{mol AE}\cdot\text{g}^{-1}$  (antioxidant capacity equal to ascorbic acid).

**Experimental design.** The experimental design employed in the current research was at random with replicated measured. 9 replications were done of each of the studied variables, the averages and standard deviations were obtained employing the Statgraphics software 5.1.

un diseño de mediciones repetidas. Se realizaron 9 repeticiones de cada una de las variables estudiadas, los promedios y desviación estándar fueron obtenidos empleando el programa Statgraphics plus versión 5.1.

## Resultados y discusión

### Caracterización fisicoquímica

En el cuadro 1 se presentan los resultados obtenidos para las variables fisicoquímicas estudiadas en las muestras de pseudofruto de cauji.

El contenido de humedad fue de 86,85%, indicativo de la jugosidad de la pulpa. Este valor es similar al reportado por Marques (2006) en pseudofrutos de cauji de coloración roja. Guerrero *et al.* (2008) reportaron valores de humedad 83,52- 89,04% en pulpa de pseudofrutos de cauji cultivados bajo condiciones de secado en el CESID-Frutícola y Apícola-CORPOZULIA.

## Results and discussion

### Physic-chemical characterization

Table 1 presents the results obtained for the physic-chemical variables studied in the samples of the pseudo fruit of cashew.

The humidity content was of 86.85% of the pulp juice. This value is similar to the one reported by Marques (2006) in pseudo fruits of cashew with red color. Guerrero *et al.* (2008) reported humidity values 83.52-89.04% in pulps of cashew pseudo fruits crop under rain-fed conditions at CESID-Fruit and Beekeeping-CORPOZULIA.

pH tends to suffer subtle variations with the ripening of the fruits due to the hydrolysis of organic acids, which occurs after the harvest. The pH of the cashew pseudo fruit oscillated from 4.35 to 4.42, indicating that the pulp is slightly acid; similar

### Cuadro1. Caracterización fisicoquímica pseudofrutos de cauji (*Anacardium occidentale* L.).

Table 1. Physic-chemical characterization of cashew pseudo fruits (*Anacardium occidentale* L.).

Parámetro	Cauji ( <i>Anacardium occidentale</i> L.)
Humedad (%)	86,85±0,90
pH	4,38±0,03
Sólidos solubles (°Brix)	12,74±0,11
Acidez titulable (mg ácido málico .100g <sup>-1</sup> )	0,33±0,01
Ácido ascórbico(mg.100g)	178,12±1,31
Índice de madurez (°Brix/ acidez)	36,80±0,10

Todas las variables son resultado del promedio de 9 mediciones.



El pH tiende a sufrir ligeras variaciones con la maduración de los frutos debido a la hidrólisis de ácidos orgánicos, que ocurre posterior a la cosecha. El pH de pseudofruto de caujiil oscilo entre 4,35 y 4,42 indicando que la pulpa es ligeramente ácida, valores similares fueron reportados por Sindoni *et al.* (2007) (4,3) y Rufino *et al.* (2009) (4,37) para frutos cultivados en el oriente venezolano y Brasil respectivamente. Marques *et al.*, (2006) y De Figueredo *et al.* (2007) señalan valores ligeramente superiores de pH (4,48) en frutos cultivados en Brasil.

Los sólidos solubles, expresados como °Brix corresponden a la presencia de glucosa, fructosa y sacarosa en los frutos (Arthey y Asthurst, 1996). El contenido de sólidos solubles en los pseudofrutos de caujiil fue de 12,7 °Brix similar a los valores de 11,83; 12,0; 12,7; 12,9 °Brix reportados por Rufino *et al.* (2009); Sindoni *et al.* (2007); De Figueredo *et al.* (2007) y Toledo *et al.* (2005) respectivamente.

La acidez titulable de las muestras de pseudofruto de caujiil analizadas fue de 0,33 mg ácido málico.100g<sup>-1</sup> de fruta, comparables con los señalados por Marques *et al.* (2006) y De Figueredo *et al.* (2007) quienes reportaron valores promedio de acidez titulable de 0,336 mg ácido málico.100g<sup>-1</sup> y 0,29 mg ácido málico.100g<sup>-1</sup> respectivamente. Por otra parte, Ruffino *et al.* (2009) reportaron valores inferiores de acidez de 0,22% en frutos de caujiil de origen brasileño.

El contenido promedio de ácido ascórbico fue de 178,12 mg.100g<sup>-1</sup>, superior a los valores de 163,89 mg.100g<sup>-1</sup> y 147,57 mg.100g<sup>-1</sup> reportados por Oliveira *et al.* (1999) y Sancho *et al.*

values were reported by Sindoni *et al.* (2007) (4.3) and Rufino *et al.* (2009) (4.37) for fruits cropped in the east of Venezuela and Brazil, respectively. Marques *et al.* (2006) and De Figueredo *et al.* (2007) mention slightly higher values of pH (4.48) in fruits cropped in Brazil.

The soluble solids expressed as °Brix correspond to the presence of glucose, fructose and sucrose in the fruits (Arthey and Asthurst, 1996). The content of soluble solids in the pseudo fruits of cashew was 12.7 °Brix, similar to the values of 11.83; 12.0; 12.7; 12.9 °Brix reported by Rufino *et al.* (2009); Sindoni *et al.* (2007); De Figueredo *et al.* (2007) and Toledo *et al.* (2005) respectively.

The titratable acidity of the samples of the cashew pseudo fruit analyzed was of 0.33 mg malic acid.100g<sup>-1</sup> of fruit, compared to Marques *et al.* (2006) and De Figueredo *et al.* (2007) who reported average values of titratable acidity of 0.336 mg malic acid.100g<sup>-1</sup> and 0.29 mg malic acid.100g<sup>-1</sup> respectively. On the other hand, Ruffino *et al.* (2009) reported inferior values of acidity of 0.22% in cashew fruits coming from Brazil.

The average content of ascorbic acid was 178.12 mg.100g<sup>-1</sup>, superior to 163.89 mg.100g<sup>-1</sup> and 147.57 mg.100g<sup>-1</sup> reported by Oliveira *et al.* (1999) and Sancho *et al.* (2007) respectively, and inferior to the ones mentioned by Contreras-Calderón *et al.* (2010) (228 mg.100g<sup>-1</sup>), De Figueredo *et al.* (2007) (253.28 mg.100g<sup>-1</sup>) and Sindoni *et al.* (2007) (335 mg.100g<sup>-1</sup>). The ripening phases and the soil-weather characteristics of the crop area might

(2007) respectivamente, e inferiores a los señalados por Contreras-Calderón *et al.* (2010) (228 mg.100g<sup>-1</sup>), De Figueredo *et al.* (2007) (253,28 mg.100g<sup>-1</sup>) y Sindoni *et al.* (2007) (335 mg.100g<sup>-1</sup>). El estado de madurez y características edafoclimáticas de la zona de cultivo puede afectar el contenido de vitamina C en las frutas (Arthey y Ashurst, 1996; Fennema, 2000).

Los ácidos y azúcares son componentes de suma importantes en cuanto a calidad se refiere, estos parámetros proporcionan un sabor y olor característico a las frutas y sus productos (Kulkarni *et al.*, 2007), por lo que se combinan en una relación entre dulzura y acidez (°Brix/acidez) que se emplea frecuentemente para evaluar la calidad en jugos de frutas.

El índice de madurez (°Brix/acidez) en la pulpa de pseudofrutos de cauñil analizados fue de 38,60. El cauñil es un fruto no climatérico, los criterios indicativos de madurez fisiológica más utilizados son color, firmeza, tamaño del pseudofruto y contenido de sólidos solubles entre otros. Esta variable puede presentar una amplia diversidad inclusive entre las variedades de una misma fruta, y también depende de factores ambientales así como del tiempo de cosecha (Villalba *et al.* 2006), por lo que no siempre un valor alto indica el momento preciso de la cosecha.

#### **Actividad antioxidante**

El cuadro 2 muestra los resultados obtenidos para la evaluación la actividad antioxidante en la fracción lipofílica e hidrofílica del pseudofrutos de cauñil. La AAH fue superior que la AAL en las muestras estudiadas.

Actividad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC). La AAT de cauñil fue

affect the content of Vitamin C in the fruits (Arthey and Ashurst, 1996; Fennema, 2000).

Acids and sugar are very important components when talking about quality, since these parameters provide a taste and characteristic smell to the fruits and their products (Kulkarni *et al.*, 2007), thus combined into a relation sweet and acidity (°Brix/acidity) frequently employed to evaluate the quality in fruit juices.

The ripening index (°Brix/acidity) in the pulp of cashew pseudo fruits analyzed was of 38.60. Cashew is a non-climateric fruit; the most used criteria for the physiological ripening are color, firmness, size of the pseudo fruit and content of soluble solids, among others. This variable can present a wide diversity even among the variables of the same fruit, and can also depend on the environmental factors such as the time of the crop (Villalba *et al.*, 2006), thus, a high value does not always indicate the accurate moment for the crop.

#### **Antioxidant activity**

Table 2 shows the results obtained for the evaluation of the antioxidant activity in the lipophilic and hydrophilic fraction of the cashew pseudo fruits. AAH was superior than AAL in the studied samples.

Antioxidant activity equal to Trolox (TEAC). AAT was of 12.57 μM ET.g<sup>-1</sup>, compared to the values of AAT reported on clones of fruits cropped in Brazil (Rufino *et al.* 2010) and to the reported in wild strawberries (12.0 μM ET/g) and mango (13.2 μM ET.g<sup>-1</sup>) (Kuskoski *et al.*, 2005). A research carried out by Alves and Brito (2007) in cashew clones coming from Brazil



**Cuadro 2. Actividad antioxidante de los extractos lipofílicos e hidrofílicos de pseudofrutos de caujiil (*Anacardium occidentale* L.).**

**Table 2. Antioxidant activity of the lipophilic and hydrophilic extracts of cashew pseudo fruits (*Anacardium occidentale* L.).**

	AAH	AAL	AAT	% AAH	% AAL
TEAC					
( $\mu\text{mol ET}\cdot\text{g}^{-1}$ )	11,14 $\pm$ 1,59	1,44 $\pm$ 0,12	12,57 $\pm$ 1,63	88,6	11,40
AEAC					
( $\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ )	102,13 $\pm$ 7,43	24,74 $\pm$ 1,13	126,87 $\pm$ 5,13	80,50	19,50

Todas las variables son resultado del promedio de 9 mediciones.

ET: equivalentes de Trolox, AAH: actividad antioxidante hidrofílica

AAL: actividad antioxidante lipofílica, AAT: actividad antioxidante total

de 12,57  $\mu\text{M ET}\cdot\text{g}^{-1}$ , comparables con los valores de AAT reportados en clones de frutos cultivados en Brasil (Rufino *et al.*, 2010) y a los reportados en fresas silvestres (12,0  $\mu\text{M ET/g}$ ) y mango (13,2  $\mu\text{M ET}\cdot\text{g}^{-1}$ ) (Kuskoski *et al.*, 2005). Un estudio por Alves y Brito (2007) en clones de caujiil provenientes de Brasil, se reportaron valores de 12 y 18  $\mu\text{M ET}\cdot\text{g}^{-1}$ . Contreras-Calderón *et al.*, (2010) señalan valores de 115  $\mu\text{M ET}\cdot\text{g}^{-1}$  en extractos obtenidos del pseudofruto de caujiil, lo cual evidencia el gran aporte de este último constituyente a la AAT de este fruto.

La actividad antioxidante de un alimento depende de la naturaleza y concentración de los antioxidantes presentes en él y su contenido varía de un alimento a otro, adicionalmente en el caso de frutas, la variabilidad genética y condiciones de cultivo pueden influir significativamente en el contenido de dichos compuestos (Arthey y Ashurst, 1996; Fenema 2000).

El pseudofruto de caujiil es una importante fuente de compuestos antioxidantes, principalmente de natu-

reported values from 12 to 18  $\mu\text{M ET}\cdot\text{g}^{-1}$ . Contreras-Calderón *et al.* (2010) mention values of 115  $\mu\text{M ET}\cdot\text{g}^{-1}$  in extracts obtained from the cashew pseudo fruits, which proves the great provision of the last constituent to the AAT of this fruit.

The antioxidant activity of a food depends of the nature and concentration of the antioxidants present on it, and its content varies from one food to another; additionally, in the case of fruits, the genetic variability and crop conditions might have a significant influence in the content of such compounds (Arthey and Ashurst, 1996; Fenema 2000).

The pseudo fruit of cashew is an important source of antioxidant compounds, mainly of hydrophilic nature. AAH was of 11.14  $\mu\text{mol ET}\cdot\text{g}^{-1}$ , compared to the eatable samples of fruits, such as wild strawberries (*Fragaria ananassa*) 11.34  $\mu\text{mol ET}\cdot\text{g}^{-1}$ ; pitaya (*Stenocereus stellatus*), berries of different varieties 11.0  $\mu\text{mol ET}\cdot\text{g}^{-1}$  (red variety) and 12.2  $\mu\text{mol}$

raleza hidrofília. La AAH del fue de 11,14  $\mu\text{mol ET.g}^{-1}$ , comparable a muestras comestibles de frutas como fresa silvestre (*Fragaria ananassa*) 11,34  $\mu\text{mol ET.g}^{-1}$ ; pitaya (*Stenocereus stellatus*), cereza de diferentes variedades 11,0  $\mu\text{mol ET.g}^{-1}$  (variedad roja) y 12,2  $\mu\text{mol}$  (variedad cereza), oliva verde (*Olea europea*) 10,43  $\mu\text{mol ET.g}^{-1}$  y vino rojo 11,43  $\mu\text{mol } \mu\text{mol ET.g}^{-1}$  (Beltrán-Orozco *et al.*, 2009, Pellegrini *et al.*, 2009).

La AAL del fruto de cauñil fue de 1,44  $\mu\text{mol ET.g}^{-1}$ , superior a la reportada en otras frutas como guayaba: 0,25  $\mu\text{mol ET.g}^{-1}$  y tomate verde maduro recién cosechado: 0,31  $\mu\text{mol ET.g}^{-1}$  (Thaipong *et al.*, 2005, Lliæ *et al.*, 2009), lo cual puede estar relacionado con el contenido de pigmentos carotenoides y de otras sustancias solubles en medio orgánico presentes en este fruto. Assunção y Mercadante (2003) determinaron en productos elaborados a partir de cauñil, que los mismos constituyen una excelente fuente de vitamina C, pero a su vez son una buena fuente de carotenoides en la dieta, principalmente  $\beta$ -cryptoxantina (provitamina A).

Actividad antioxidante equivalente a ácido ascórbico (AEAC). La actividad antioxidante total (AAT) en el pseudofruto de cauñil, expresado en equivalente a ácido ascórbico, fue de 102,38  $\text{mg.100g}^{-1}$  de AEAC, este valor se encuentran en el rango actividades antioxidantes reportadas para otras frutas tropicales como mango (139,0  $\text{mg.100g}^{-1}$  AEAC), kiwi (136,0  $\text{mg.100g}^{-1}$  AEAC), mora (125,8  $\text{mg.100g}^{-1}$  AEAC), guayaba (120,0  $\text{mg.100g}^{-1}$  AEAC), lechosa (114,04  $\text{mg.100g}^{-1}$  AEAC) y es superior a algunos cítricos como, limón

(cherry variety), green olive (*Olea europea*) 10.43  $\mu\text{mol ET.g}^{-1}$  and red wine 11.43  $\mu\text{mol } \mu\text{mol ET.g}^{-1}$  (Beltrán-Orozco *et al.*, 2009, Pellegrini *et al.*, 2009).

The AAL of cashew was of 1.44  $\mu\text{mol ET.g}^{-1}$ , higher than the reported in other fruits such as guava;

0.25  $\mu\text{mol ET.g}^{-1}$  and ripened just harvested tomato: 0.31  $\mu\text{mol ET.g}^{-1}$  (Thaipong *et al.*, 2005, Lliæ *et al.*, 2009), which might be related to the content of carotenoid pigments and other soluble substances in organic medium present in the fruit. Assunção and Mercadante (2003) determined, in products elaborated with cashew, that these constitute an excellent source of Vitamin C, but at the same time are a great source of carotenoids, mainly of  $\beta$ -cryptoxanthin (pro vitamine A).

Antioxidant activity equal to ascorbic acid (AEAC). The total antioxidant activity (AAT) in the pseudo fruit of cashew expressed as ascorbic acid was of 102.38  $\text{mg.100g}^{-1}$  of AEAC, this value is found in the rank of antioxidant activities reported for other tropical fruits such as mango (139.0  $\text{mg.100g}^{-1}$  AEAC), kiwi (136.0  $\text{mg.100g}^{-1}$  AEAC), mulberry (125.8  $\text{mg.100g}^{-1}$  AEAC), guava (120.0  $\text{mg.100g}^{-1}$  AEAC), papaya (114.04  $\text{mg.100g}^{-1}$  AEAC) and is superior to some citrics such as lemon (93.3  $\text{mg.100g}^{-1}$  AEAC) and grapefruit (104.0  $\text{mg.100g}^{-1}$  AEAC) (Leong and Shui, 2002, Kuskoski *et al.*, 2005, Sousa *et al.*, 2007).

It is important to mention that the antioxidant capacity in a vegetal food is not only conditioned by the sum of the antioxidant activities of each component, but also on the micro

(93,3 mg.100g<sup>-1</sup> AEAC) y toronja (104,0 mg.100g<sup>-1</sup> AEAC) (Leong y Shui, 2002, Kuskoski *et al.*, 2005, Sousa *et al.*, 2007).

Es importante indicar que la capacidad antioxidante en un alimento vegetal no viene dada sólo por la suma de las actividades antioxidantes de cada componente, también depende del microambiente en el que se encuentre el compuesto, pudiendo interactuar entre sí, produciéndose efectos sinérgicos o inhibitorios (Muñoz *et al.*, 2007).

En general la actividad antioxidante de los extractos metanólicos (AAH) fue mayor a la de los extractos en diclorometano (AAL) probablemente debido a la presencia de compuestos fenólicos en el pseudofruto y ácido ascórbico, que son fitoquímicos presentes en los alimentos con un marcado poder reductor (Broinzi *et al.*, 2003, Assunção y Mercadante 2003; Carvalho *et al.*, 2005). Razali *et al.* (2008) reportaron que los extractos metanólicos de plántulas de *A. occidentale* presentaron un significativo potencial antioxidante comparable con compuestos fenólicos como quercetina y rutina, los cuales han sido señalados como potentes antioxidantes.

La mayoría de las investigaciones establecen que más del 98% de la AAT de los jugos de frutas está constituida por la actividad antioxidante hidrofílica (AAH) siendo la actividad antioxidante lipofílica (AAL) menor al 2% (Cano y Arnao, 2004, Thaipong *et al.*, 2005, Thaipong *et al.*, 2006). Adicionalmente el uso de dos sistemas diferentes, hidrofílico y lipofílico, ofrece una completa información sobre la actividad de los antioxidantes natura-

environment where this compound is, interacting in between and producing synergic or inhibitory effects (Muñoz *et al.*, 2007).

Generally, the antioxidant activity of the methanolic extracts (AAH) was higher than the extracts in dichlorometane (AAL), maybe due to the presence of phenolic compounds in the pseudo fruit and ascorbic acid, which as phytochemical present in the food with a great reducer power (Broinzi *et al.*, 2003, Assunção and Mercadante 2003; Carvalho *et al.*, 2005). Razali *et al.* (2008) reported that the methanolic extracts of *A. occidentale* seedlings presented a significant antioxidant potential compared to phenolic compounds such as quercetin and rutin, which have been mentioned as great antioxidants.

Most of the researches establish that more than 98% of AAT of fruit juices is constituted by the hydrophilic antioxidant activity (AAH) being the lipophilic antioxidant activity (AAL) lower than 2% (Cano and Arnao, 2004, Thaipong *et al.*, 2005, Thaipong *et al.*, 2006). Additionally, the use of two different systems, hydrophilic and lipophilic, offers complete information about the activity of the natural antioxidants present in food; however, the ABTS method is a very useful *in vitro* technique to determine and compare the antioxidant activity of food samples, but the results are limited from the physiologic point of view, since this does not reproduce the response of the organism. Also, the antioxidant activity of an *in vitro* food differs on its antioxidant effect *in vivo*, due to the metabolic transformations that the antioxidants compounds suffer

les presentes en los alimentos, sin embargo el método ABTS es una técnica *in vitro*, muy útil para determinar y comparar la actividad antioxidante de muestras de alimentos, pero los resultados son limitados desde el punto de vista fisiológico, puesto a que no reproduce la respuesta del organismo. Además la actividad antioxidante de un alimento *in vitro* difiere de su efecto antioxidante *in vivo*, debido a que las transformaciones metabólicas que sufren los compuestos antioxidantes modifican su actividad (Fernández-Pachón *et al.*, 2006).

El cauji es un fruto de gran importancia socioeconómica principalmente en India y Brasil. Es ampliamente utilizado en la fabricación de jugos, suplementos alimenticios, vinos, nuez tostada, harinas para panadería y los subproductos usados para consumo animal, entre otras aplicaciones. Los resultados de este estudio indican que su pseudofruto es una fuente rica en vitamina C y otros compuestos antioxidantes pudiendo contribuir en la dieta diaria como alimento fresco o mínimamente procesado, por lo que es importante aprovechar el potencial de este para el desarrollo de nuevas alternativas en la búsqueda de alimentos funcionales.

## Conclusión

Los pseudofrutos de cauji presentaron la siguiente composición físicoquímica: contenido de humedad: 86,85%; pH: 4,38; sólidos totales 12,74 °Brix; acidez titulable: 0,33% de ácido málico; ácido ascórbico 178,12 mg 100 g-1 e índice de madurez (°Brix/acidez): 38,60, en función de lo cual se les pue-

induce la modificación de their activity (Fernández-Pachón *et al.*, 2006).

Cashew is a fruit of great socio-economic importance, mainly in India and Brazil. It is widely used for producing juices, food supplements, wine, toasted nut, flour for bakeries and sub-products used for animal consumption, among others. The results of this research indicate that its pseudo fruit is a rich source in Vitamin C and other antioxidant components, thus, contributing in the daily diet as a fresh or slightly processes food, and is important to take advantage of its potential for the development of new alternatives in the continuous search of functional food.

## Conclusion

Pseudo fruits of cashew presented the following physic-chemical composition: humidity content 86.85%; pH: 4.38; total solids 12.74 °Brix; titratable acidity: 0.33% malic acid; ascorbic acid 178.12 mg 100 g-1 ripening index (°Brix/acidity): 38.60, thus, these fruits can be characterized as juicy, slightly acids and with an excellent source of Vitamin C.

The lipophilic and hydrophilic extracts of the cashew pseudo fruits presented an antioxidant activity compared to the one obtained for tropical fruits. The hydrophilic extracts presented a higher antioxidant activity than the lipophilic extracts.

## Acknowledgements

The authors thank the National Board of Science, Technology and Innovation (FONACIT), Science

de caracterizar como jugosos, ligeramente ácidos y buena fuente de vitamina C.

Los extractos lipofílicos e hidrofílico de pseudofrutos de cauji presentaron actividad antioxidante comparable con la obtenida para otros frutos tropicales. Los extractos hidrofílicos presentaron mayor actividad antioxidante que los extractos lipofílicos.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT) programa Misión Ciencias, LUZ -Proyecto 2009000426 por el financiamiento de este proyecto y al Centro Socialista de Investigación y Desarrollo Frutícola y Apícola del Zulia (CESID-Frutícola y Apícola-CORPOZULIA) por el asesoramiento y el suministro de las muestras.

## Literatura citada

- Alves, R. y E. Brito. 2007. Characterization and use of latin american tropical fruits as functional food. Eulaff International Workshop. Angra dos Reis, RJ – Brazil. [On line]. Disponible en: [www.efb-central.org](http://www.efb-central.org)
- A.O.A.C. 1990. Association of Official Analytical Chemist. Official methods of Analysis. Arlington. V.A. 15<sup>th</sup> Edition. Washington. 1319p.
- Arnao, M., A. Cano y M. Acosta. 2001. The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. *Food Chem.* 73: 239-244.
- Arthey, D. y P. Asthurst. 1996. Procesado de frutas. Editorial Acribia. S.A. Zaragoza, España, 21-41p.
- Assunção, R., y A. Mercadante. 2003. Carotenoids and ascorbic acid composition from commercial products of cashew apple (*Anacardium occidentale* L.). *J Food Compos Anal.* 16(6): 647-657.
- Bobledo, J. 2004. Descubre los frutos exóticos. Ediciones norma. Madrid, España, 24-25p.
- Beltrán-Orozco, M., T. Oliva-Cova, T. Gallardo, T. Velásquez y G. Osorio-Revilla. 2009. Ascorbic acid, phenolic content, and antioxidant capacity of Red, cherry, yellow and white types of pitaya Cactus fruit (*Stenocereus stellatus Riccobono*). *Agrociencia.* 43: 153-162.
- Botero, M., S. Ricaurte, C. Monsalve y B. Rojano. 2007. Capacidad reductora de 15 frutas tropicales. *Sci Tech.* 33: 295-296.
- Broinzi, P., E. Andrade-Warta, A. de Silva, A. Novoa, R. Torres, H. Azeredo, R. Alves y J. Mancini-Filho. 2003. Avaliação da atividade antioxidante dos compostos fenólicos naturalmente presentes em subprodutos do pseudofruto de caju (*Anacardium occidentale* L.). *Cienc. Tecnol. Alimen.* 27(4): 902-908.
- Cano, A., y M. Arnao. 2004. Actividad antioxidante hidrofílica y lipofílica y contenido en vitamina C de zumos de naranja comerciales: relaciones con sus características organolépticas. *Cienc. Tecnol. Alimen.* 4 (03): 185-189.
- Carvalho, J., G. De, Maia, R. Figueiredo, E. De Brito y D. De Garruti. 2005. Bebida mista com propriedade estimulante à base de água de coco e suco de caju clarificado. *Cienc. Tecnol. Alimen.* 25(4): 813-818.

*End of english version*

- Comisión de normas Industriales (COVENIN) 1981. Norma Venezolana 1769. Frutas. Toma de muestra. Ministerio de Fomento. Caracas, Venezuela.
- Contreras-Calderón, J., L. Calderón-Jaimes, E. Guerra-Hernández y B. García-Villanova. 2010. Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. *Food Res Int.* (X): xx-xx Article in press.
- De Figueiredo, R., F. Lajolo, R. Elesbão, H. Cunha, G. Maia y P. Machado. 2007. Qualidade de pedúnculos de caju submetidos à aplicação pós-colheita de cálcio e armazenados sob refrigeração. *Pesq. agropec. Brás.* 42 (4): 475-482.
- Fennema, O. 2000. *Food Chemistry*. Second Edition. Marcel Dekker, INC. Estados Unidos. 176, 198p.
- Fernández-Pachón, M., D. Villaño, A. Troncoso y M. García-Parilla. 2006. Revisión de los métodos de evaluación de la actividad antioxidante in vitro del vino y valoración de sus efectos in vivo. *ALAN.* 56(2): 110-112.
- García-Alonso, M., T. De Pascual, C. Santos-Buelga y J. Rivas-Gonzalo. 2004. Evaluation of the antioxidant properties of fruits. *Food Chem.* 84, 13-18.
- 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. (mery) en condiciones de secado. *Revista de la Facultad de Agronomía. (LUZ).* 25: 81-94
- Hoyos, J. 1994. *Frutales de Venezuela. Nativos y Exóticos.* Sociedad de Ciencias Naturales La Salle, Venezuela. 510pp
- Ishige, K., D. Schubert y Y. Sagara. 2001. Flavonoids protect neuronal cells from oxidative stress by three distinct mechanisms. *Free Radic Biol Med.* 30(4): 433-446.
- Katsube, N., K. Iwashita, T. Tsushida, K. Yamaki y M. Korobi. 2003. Induction of apoptosis in cancer cells by Bilberry (*Vaccinium myrtillus*) and the anthocyanins. *J Agric Food Chem.* 51(1): 68-75.
- Kulkarni, A., R. Policegoudra y Aradhya, S.M. 2007. Chemical composition and antioxidant activity of sapota (*Achras sapota linn.*) *Food Chem.* 93: 319-324.
- Kuskoski, E., A. Asuero, A. Troncoso, J. Mancini-Filho y R. Fett. 2005. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Cienc. Tecnol. Aliment.* 25(4): 726-732.
- Kuskoski, E.M., Asuero, A.G., Morales, M.T. (2006). Frutos tropicais silvestres e polpas de frutas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas. *Ciência Rural,* 36 (4): 1283-1287.
- Lansky, E. and R. Newman. 2007. *Punica granatum* (pomegranate) and its potential for prevention and treatment of inflammation and cancer. *J Ethnopharmacol.* 109: 177-206.
- Leong, L., y G. Shui. 2002. An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. *Food Chem.* 76, 69-75.
- Lliã, Z., Z. Aharon, Y. Perzelan, S. Alkalai-Tuvia y E. Fallik. 2009. Lipophilic and hydrophilic antioxidant activity of tomato fruit during postharvest storage on different temperatures. IV Balkan Symposium on Vegetables and Potatoes.
- Marques, L. 2006. Processamento do pedúnculo do caju em avançado estágio de maturação: Desidratação osmótica e secagem para elaboração de passas de caju. *Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola).* Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, Brasil.
- McLaughlin, J., C. Balerdi y J. Crane. 2005. El marañón (*Anacardium occidentale*) en Florida. Publicación HS1041. Departamento de Horticultural Sciences. Servicio de Extensión Cooperativa de la Florida, Instituto de Alimentos y Ciencias Agrícolas, Universidad de Florida. Estados Unidos de América.



- Miller, N., C. Rice-Evans, M. Davies, V. Gopinathan y A. Milner. 1993. A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. *Clin Sci.* 84, 407-412.
- Muñoz, A., D. Ramos, C. Alvarado y B. Castañeda, B. 2007. Evaluación de la capacidad antioxidante y Contenido de compuestos fenólicos en recursos Vegetales promisorios. *Rev. Soc. Química del Perú.* 73 (3): 142-149.
- Negreen, V., M. Soobrattee, T. Bahorun y O. Aruoma. 2006. Characterization of the phenolic constituents in Mauritian endemic plants as determinants of their antioxidant activities in vitro. *Journal of Plant Physiology.* 163: 787-799.
- Oliveira, M., M. De Bastos, T. Feitosa, M. Branco y M. da Silva. 1999. Avaliação de parâmetros de qualidade físico-químicos de polpas congeladas de acerola, cajá e caju. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 19(3): 326-332
- Pellegrini, N., M. Serafini, B. Colombi, D. Rio, S. Salvatore, B. Bianchi y F. Brighenti. 2009. Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. *Journal of Nutr.* 133: 2812-2819.
- Pulido, R., M. Hernández-García y F. Saura-Calixto. 2007. Contribution of beverages to the intake of lipophilic and hydrophilic antioxidants in the Spanish diet. *Eur J Clin Nutr.* 57: 1275-1282.
- Razali, N., R. Razab, S. Mat y A. Abdul. 2008. Radical scavenging and reducing properties of extracts of cashew shoots (*Anacardium occidentale*). *Food Chem.* 111: 38-44.
- Rice- Evans, C., N. Miller, y G. Papaganda. 1996. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med.* 26: 933-956.
- Re, R., N. Pellegrini, A. Proteggente, A. Pannala, M. Yang y C. Rice-Evans. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med.* 26 (9/10): 1231-1237
- Rufino, M., R. Alves, E. Brito, J. Perez-Jimenez, F. Saura-Calixto y J. Mancini Filho. 2010. Bioactive compounds and antioxidant capacities of eighteen non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food Chem.* 121: 996-1002.
- Rufino, M., R. Alves, E. Brito, M. Silveira y C. Moura. 2009. Quality for fresh consumption and processing of some non-traditional tropical fruits from Brazil. *Fruits.* 64: 361-370.
- Sancho, S., G. Maia, R. De Figueiredo, S. Rodrigues y P. De Sousa. 2007. Alterações químicas e físico-químicas no processamento de suco de caju (*Anacardium occidentale* L.). *Cienc. Tecnol. Aliment, Campinas,* 27(4): 878-882.
- Sindoni, M., E. Caldera, A. Pérez, L. Marcano, R. Parra y C. Marín. 2007. Evaluación de agentes coagulantes para la formulación de jugo a partir de pseudofruto de merey. *Agronomía Trop.* 58(1):11-16.
- Sousa, P., M. Almeida, A. Fernandes, G. Maia, A. Magalhães y T. Lemos. 2007. Correlação entre a atividade antioxidante e os conteúdos de vitamina c e fenólicos totais em frutas tropicais do nordeste brasileiro. Associação Brasileira de Química - Seção Regional do Rio Grande do Norte (ABQ-RN). Disponible vía web en: <http://www.abq.org.br/cbq/2007/trabalhos/10/10-515-647.htm>. Consultado en Marzo 2011.
- Statgraphics plus. 2001. User's Guide. STATGRAPHICS Centurion. Warrenton, Virginia.
- Stoclet, J., T. Chataigneau., M. Ndiaye., M. Oak., J. El Bedoui., M. Chataigneau y V. Schini-Kerth. 2004. Vascular protection by dietary polyphenols. *Eur J Pharmacol.* 500(1): 299-313.
- Thaipong, K., U. Boonprakob, K. Crosby, L. Cisneros-Zevallos y D. Hawkins. 2006. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *J Food Compos Anal.* 19: 669-675.

- Thaipong, K., U. Boonprakob, K. Crosby, L. Cisneros-Zevallos y D. Hawkins. 2005. Hydrophilic and lipophilic antioxidant activities of guava fruits. *Southeast Asian J Trop Med Public Health*. 36(4): 254-257.
- Toledo, M., H. Tomás, S. Nietsche, W. Ferreira y Marques, S. 2005. Caracterização físico-química de pedúnculos e castanhas de clones de cajueiro-anão precoce nas condições do norte de minas gerais. *Rev. Cien. Agron. Campinas*. 64 (02): 169-175.
- Villalba, M., I. Yepes y G. Arrázola. 2006. Caracterización físicoquímica de frutas de la zona del Sinu para su agroindustrialización. *Temas Agrarios*. 11(1): 15-23.