

## Caracterización fisicoquímica del fruto y pseudofruto de *Anacardium occidentale* L. (merey) en condiciones de secano

Physical- chemical characterization of the fruit and pseudofruit of *Anacardium occidentale* L. (cashew) under unirrigated land conditions

R. Guerrero<sup>1</sup>, L. Lugo<sup>2</sup>, M. Marín<sup>3</sup>, O. Beltrán<sup>1</sup>,  
G. León de Pinto<sup>1</sup> y F. Rincón<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones en Química de los Productos Naturales, Facultad de Humanidades y Educación, Universidad del Zulia. Apartado Postal 526. Maracaibo, Venezuela.

<sup>2</sup>Departamento de Agronomía, Facultad de Agronomía, La Universidad del Zulia, Apartado Postal 526. Maracaibo, Venezuela.

<sup>3</sup>Departamento de Botánica, Facultad de Agronomía, La Universidad del Zulia. Apartado Postal 526. Maracaibo, Venezuela.

### Resumen

El objeto del presente estudio fue caracterizar las propiedades físico-química del fruto y pseudofruto de *Anacardium occidentale* L., bajo condiciones de secano. Se seleccionaron 10 frutos de especímenes de *Anacardium occidentale* L. ubicados en el Centro frutícola (CENFRUZU-CORPOZULIA), municipio Mara, estado Zulia, Venezuela. Se realizaron dos cosechas de agosto-septiembre (1) y de enero-febrero (2). La composición físico-química del fruto se determinó a través de los métodos Covenin y AOAC; el contenido de azúcares se determinó por HPLC. Se aplicó un diseño totalmente al azar con 10 repeticiones. Cada planta constituyó una unidad experimental. La masa fresca y seca (fruto y pseudofruto) difieren estadísticamente ( $P < 0,01$ ) en ambas cosechas. El largo y ancho del fruto y el pseudofruto, no presentan diferencias significativas ( $P < 0,01$ ) en las cosechas (1 y 2). Los °Brix del pseudofruto y la acidez titulable del fruto obtenidos en el presente estudio, son mayores a los reportados previamente. Los frutos presentaron una excelente firmeza. Se evidenció en el fruto y pseudofruto la presencia de fructosa, glucosa y sacarosa. La fructosa fue el azúcar predominante.

**Palabras clave:** Fruto, pseudofruto, composición fisicoquímica, merey, *Anacardium occidentale* L.

---

Recibido el 11-5-2006 ● Aceptado el 5-9-2007

Autor de correspondencia e-mail: roguevac@yahoo.com, rguerrero@luz.edu.ve

## Abstract

The physicochemical composition of the fruit and pseudo-fruit of *Anacardium occidentale* L. (Cashew) was evaluated under unirrigated land conditions. The experiment was carried out in the Centro Frutícola (CORPOZULIA), Zulia, Venezuela. Fruits were harvested during two periods, August – September (1) and January – February (2). The physicochemical composition was determined by Covenin and AOAC methods. The sugar composition was made by high performance liquid chromatography (HPLC). Ten trees were selected at random, ten replicates were made and each plant was treated as an experimental unit. The dry and fresh mass of the fruit and pseudo-fruit are statistically different ( $P < 0.01$ ) in both harvest (1 and 2). The fruit and pseudo-fruit dimensions (long and wide) did not show significant differences ( $P < 0.01$ ) in both harvest. The °Brix of pseudo-fruit and the titrable acidity of fruit obtained are higher than values reported in previous investigations. The fruit showed a good hardness. The sugar composition of the fruit and pseudo-fruit showed the presence of fructose, glucose and sucrose. Fructose was the main sugar present in the samples studied.

**Key words:** Fruit, pseudo-fruit, physical- chemical composition, cashew, *Anacardium occidentale* L.

## Introducción

*Anacardium occidentale* L., (Anacardiaceae) se aprecia principalmente por su fruto (nueces), presentan un alto contenido de proteínas y lípidos esenciales. El pseudofruto se consume como fruta fresca y su jugo, con alto contenido de vitamina C, se emplea en la elaboración de compotas, mermeladas y licores afrutados (Hoyos 2004). La cáscara produce un aceite que se utiliza para la fabricación de insecticidas, impermeabilizantes y barnices (Oliveira y De Albuquerque 2005).

Las características físico-químicas que presentan los frutos varían según el manejo del cultivo y las condiciones ambientales de la zona. El suministro de agua a la planta es un factor importante que incide en el desa-

## Introduction

*Anacardium occidentale* L., (Anacardiaceae) is specially appreciated by its fruit (cashew); it presents a high content of proteins and essential liquids. Pseudo-fruits are consumed like fresh fruit and its juice, with a high content of vitamin C, is used in the elaboration of compote, jams and fruited liquors (Hoyos 2004). Peel produces an oil used for insecticides, waterproof materials and varnish (Oliveira y De Albuquerque 2005).

The physical-chemical characteristics that present fruits vary according to the management of crop and the environmental conditions of region. The water supply to the plant is an important factor because it have incidence on the

rollo fisiológico del fruto (reserva de nutrientes), lo cual determina la calidad y cantidad del producto cosechado (Barcello *et al.*, 2005; Colauto *et al.*, 2006).

Se ha reportado diversos estudios sobre el efecto del déficit hídrico sobre la calidad del fruto. Se observó que plantaciones de uva de mesa, olivo (aceitunas) y manzanas, bajo déficit hídrico, presentaron frutos con excelentes propiedades físico-químicas (Bussakorn *et al.*, 2000; Motilva *et al.*, 2000; Pickering *et al.*, 2002). La disminución del riego en cultivos de durazno (*Prunus persica* L. Bastsch), aumentó la concentración de carbohidratos en el fruto, lo cual mejoró la calidad del producto cosechado (Ferreira *et al.*, 2002).

Se evidenció un aumento de los grados brix (°Brix) y la acidez titulable en frutos de *Citrus sinensis* L. Osbeck, bajo condiciones de riego controlado. Sin embargo, se observó una reducción del epicarpio, lo cual conllevó a la deshidratación de los frutos (Treeby *et al.*, 2007).

Plantaciones de *Manguifera indica* L. (mango) ubicadas en áreas desérticas de Tailandia, bajo condiciones de déficit hídrico presentaron frutos con mayor porcentaje de pulpa, los cuales no difieren significativamente de aquellos frutos obtenidos bajo riego (Spreer *et al.*, 2007). La disminución de láminas de riego en cultivos de *Spondias mombin* y *Spondias tuberosa*, permitió obtener frutos con mayor concentración de azúcares, lo cual incidió en la obtención de frutos de excelente calidad (Narain *et al.*, 1992; Soares *et al.*, 2006). Estos resultados contrastan con los obtenidos

physiological development of fruit (nutrients reserve) which determine quality and quantity of the harvest product (Barcello *et al.*, 2005; Colauto *et al.*, 2006).

Several studies about the water deficit effect on the fruit quality have been reported. It is observed that plantations of table grape, olive and apples, under water deficit showed fruits with excellent physical-chemical properties (Bussakorn *et al.*, 2000; Motilva *et al.*, 2000; Pickering *et al.*, 2002). Decrease on irrigation in crops of peach (*Prunus persica* L. Bastsch) increased the concentration of carbohydrates in fruit, that improves the quality of harvest product (Ferreira *et al.*, 2002).

An increase on brix degrees (°Brix) was evident and the titrable acidity in fruits of *Citrus sinensis* L. Osbeck, under conditions of controlled irrigation. However, a decrease on epicarp which took to the dehydration of fruits (Treeby *et al.*, 2007).

In plantations of *Manguifera indica* L. (mango) placed in desert areas of Thailand under water deficit conditions showed fruits with high pulp percentage, which do not differ from those obtained under irrigation (Spreer *et al.*, 2007). The decrease on irrigation depths in *Spondias mombin* and *Spondias tuberosa* crops permitted the fruits obtaining with higher concentration of sugars which affected on the obtaining of high quality fruits (Narain *et al.*, 1992; Soares *et al.*, 2006). These results contrast with those obtained for avocado (Hass variety) and grape for wine under the same irrigation conditions in where decrease on the quality parameters of

para aguacate variedad Hass y uva para vino, bajo las mismas condiciones de riego, donde se evidenció la disminución de los parámetros de calidad de estos productos (Ferreira *et al.*, 2003; López *et al.*, 2004)

Por otra parte, se determinó que a mayor suministro de agua disminuyó el rendimiento y la calidad de frutos de clones de *A. occidentale* L. localizados en Brasil (Barbosa *et al.*, 2004). En Venezuela, principalmente en la región zuliana, el merrey es una especie ampliamente diseminada; sin embargo, existen pocos estudios sobre el manejo agronómico para mejorar el rendimiento y la calidad de los frutos de esta especie.

El objetivo del presente estudio fue la caracterización fisicoquímica del fruto y pseudofruto de *Anacardium occidentale* L. (merrey) bajo condiciones de secano.

## Materiales y métodos

### Descripción del área de estudio.

La Fase Experimental de campo, se realizó en el Centro Frutícola del estado Zulia (CENFRUZU-CORPOZULIA), municipio Mara, estado Zulia, República Bolivariana de Venezuela, ubicado en la altiplanicie de Maracaibo A 66 msnm (LN 11° 00' LO 72° 00'). El experimento se realizó en los períodos agosto-septiembre, 2003 (Cosecha 1) y enero-febrero, 2004 (Cosecha 2). El Centro Frutícola se identifica, desde el punto de vista ecológico, como una zona de vida correspondiente a un bosque seco tropical (Ewel y Madríz 1976); se caracteriza por presentar una precipitación

these products was evident (Ferreira *et al.*, 2003; López *et al.*, 2004).

On the other hand, it was determined that the higher water supply decreased the fruits yield and quality of *A. occidentale* L. clones, located in Brazil (Barbosa *et al.*, 2004). In Venezuela, especially in the zulian region, cashew is widely distributed specie; however, there are little studies about the agronomical management for improving the yield and quality of these fruits.

The objective of this study was the physical-chemical characterization of fruit and the pseudo-fruit of *Anacardium occidentale* L. (cashew) under unirrigated conditions.

## Materials and methods

### Description of the study area

The field experimental phase was accomplished in the Centro Fruticola del Estado Zulia (CENFRUZU-CORPOZULIA), Mara municipality, Zulia state, Republica Bolivariana de Venezuela, located in the high plain of Maracaibo to 66 msnm (NL 11° 00' WL 72° 00'). The experiment was carried out during August-September, 2003 (Harvest 1) and January-February, 2004 (Harvest 2). El Centro Fruticola is ecologically identified like a tropical dry forest (Ewel y Madríz 1976); it is characterized by having an annual mean rainfall of 500mm, with a bimodal distribution between April to June and September to November. The annual mean temperature is of 28°C, with evaporation values that reach 2500 mm annual and relative moisture of 75%. Four years

promedio anual de 500 mm, con una distribución bimodal comprendida entre abril a junio y de septiembre a Noviembre. La temperatura promedio anual es de 28°C, con valores de evaporación que alcanzan los 2500 mm anuales acompañados de una humedad relativa de 75%. La plantación seleccionada para la investigación, estaba conformada por plantas de cuatro años que se propagaron por semilla, provenientes de frutos obtenidos del sector Marcelino, municipio Mara, estado Zulia. La densidad de siembra es de 156 plantas.ha<sup>-1</sup>, producto de un marco de siembra de 8 m x 8 m.

### **Análisis físico-químico del fruto y pseudofruto**

Se colectaron 10 frutos (frutos-pseudofrutos) de *Anacardium occidentale* L. tipo criollo (rojos y amarillos) dos veces en cada mes de cosecha en los dos períodos establecidos, para un total 800 muestras procesadas durante todo el ensayo. Las muestras se colectaron en estado de madurez de consumo en horas de la mañana (8:00-9:00 am) en el campo experimental del Centro Frutícola. Las unidades cosechadas se empacaron en bolsas plásticas y se trasladaron al laboratorio del Centro frutícola. Las muestras se lavaron con agua potable y secaron, posteriormente se refrigeraron (20°C) en una cava marca Neverama 3P por 24 horas.

#### **Variables físicas:**

Masa fresca (Mf): Los frutos y pseudofrutos cosechados se pesaron en una balanza electrónica marca Mettler Pc. 4400, y se determinó el peso promedio de las muestras. Los resultados se expresaron en g.fruto<sup>-1</sup> y pseudofruto, respectivamente.

Masa Seca (Ms): Las muestras

plantation was selected which was propagated by seed, coming from fruits obtained from the Marcelino sector, Mara municipality, Zulia state. The sowing density is 156 plants.ha<sup>-1</sup>, product of a sowing frame of 8m x 8m.

### **Physical-chemical analysis of fruit and pseudo-fruit**

10 fruits (fruits – pseudo-fruits) of *Anacardium occidentale* L. creole type (red and yellow) were harvest twice a harvest month in the two established period, for a total of 800 processed samples during all the essay. Samples were placed in a maturity stage for consumption at the morning hours (8:00-9:00 am) in the experimental field of the Centro Fruticola. The harvest units were packed into plastic bags and moved to the laboratory of the Centro Fruticola. Samples were washed with drink water, dried and refrigerated (20°C) in a cava mark Neverama 3P during 24 hours.

#### **Physical variables:**

Fresh mass (FM): The harvest fruits and pseudo-fruits were weighed on an electronic balance mark Mettler Pc. 4400, and the mean weight was determined of samples.

Results were expressed in g.fruit<sup>-1</sup> and pseudo-fruit, respectively.

Dry mass (DM): Samples were dried on an oven (65°C, 48 hours), until to obtain a constant weight and after they were weighed in an electronic balance, mark Mettler Pc 4400. The mean weight of samples was determined. Results were expressed in g.fruit<sup>-1</sup> and pseudo-fruit, respectively.

se secaron en una estufa (65°C, 48 horas), hasta obtener peso constante y posteriormente se pesaron en una balanza electrónica, marca Mettler Pc 4400. Se determinó el peso promedio de las muestras. Los resultados se expresaron en g.fruto<sup>-1</sup> y pseudofruto, respectivamente.

**Largo y ancho:** Se midió el diámetro polar y ecuatorial, de los frutos y pseudofrutos con un vernier. Se determinó el valor promedio de las muestras y los resultados se expresaron en cm.

**Firmeza:** Se determinó mediante la presión ejercida sobre la corteza del fruto y pseudofruto, en tres puntos diferentes del plano ecuatorial, se utilizó un penetrometro, modelo Universal Tester marca Humboldt MF6. CO™ (Norridge Chicago, III; 60656) con aguja # H-1240. Los resultados se expresaron en 1/10mm.

#### **Variables Químicas:**

Los frutos se molieron y tamizaron; el pseudofruto se trituró, se extrajo el jugo y se filtró. Se tomó como muestra 1 g y 1 mL triplicado<sup>-1</sup>, respectivamente. Se añadió una mezcla (10 mL) de metanol: agua (80:20) con el objeto de purificar la muestra. La mezcla se sometió a elusión a 80°C por una h. El extracto alcohólico a temperatura ambiente (26°C), se filtró al vacío a través de una membrana de 0,45 µm y se concentró a una temperatura entre 40-60°C en un rotaevaporador Marca Buchi modelo R 110. El extracto acuoso obtenido (7-10 mL) se diluyó en agua destilada a un volumen final de 25 mL (Conrad *et al.*, 1976 y Wilson *et al.*, 1982).

**Sólidos solubles totales (°Brix):** La muestra (1 o 2 gotas) se añadió al

Long and width: The polar and equatorial diameter of fruits and pseudo-fruits was measured with a vernier. The mean value of samples and results was expressed in cm.

**Firmness:** It was determined through the pressure exerted on the fruit and pseudo-fruit crust in three different points of the equatorial plane, a penetrometer model Universal Tester mark Humboldt MF6. CO™ (Norridge Chicago, III; 60656) with a needle # H-1240 was used. Results were expressed in 1/10mm.

#### **Chemical Variables:**

Fruits were grinded and sieved; pseudo-fruit were also grinded, its juice was extracted and was filtered. 1 g and 1 mL by<sup>-1</sup> triplicate were taken as a sample, respectively. A mixing (10 mL) of ethanol: water (80:20) was added with the purpose of purify the sample. The mixing was eluted to 80°C during 1h. The alcoholic extract at environmental temperature (26°C), it was filtered at vacuum through a membrane of 0.45 µm and it was concentrated at a temperature between 40-60°C in a rotoevaporator Mark Buchi model R 110. The aqueous extract obtained (7-10 mL) was diluted into distilled water at a final volume of 25 mL (Conrad *et al.*, 1976 and Wilson *et al.*, 1982).

**The total soluble solids (°Brix):** Sample (1 or 2 drops) was added to prism and the total soluble solids percentage was determined directly in the scale to 22°C. A refract meter Carls Zeiss 130486 (AOAC 1990) was used.

**pH:** Sample was placed into a precipitate vessel and pH value was determined. A potentiometer mark Metrohn Herisau model E-520 was

prisma y se determinó el porcentaje de sólidos solubles totales directamente en la escala, a 22°C. Se utilizó un refractómetro Carls Zeiss 130486 (AOAC 1990).

**pH:** La muestra se añadió en un vaso precipitado y se procedió a determinar el valor de pH. Se usó un potenciómetro marca Metrohn Herisau modelo E-520 (COVENIN 1997)

**Acidez titulable:** La muestra se tituló con una solución alcalina de hidróxido de sodio en presencia de un indicador fenoltaleína. Los resultados se expresaron en gramos de ácido cítrico por cada 100 mL de jugo del pseudofruto (%) y gramos de ácido oleico por cada 100 mL de estrato del fruto (%) (COVENIN 1997).

**Composición de azúcares:** Los extractos acuosos fueron analizados por HPLC en un cromatógrafo marca Waters, provisto de un refractómetro diferencial, modelo 410 y una bomba isocrática, modelo 510. Se usó como fase estacionaria una columna de acero inoxidable de 4,6 mm x 250 mm D.I., (4 µm, Nova-Pack amino) conectada a una precolumna (Nova-Pack amino). La separación isocrática de los azucares se realizó a 28°C.

Se usó una mezcla acetonitrilo-agua (75:25), como fase móvil, a una velocidad de flujo adecuada (1,0 mL.min<sup>-1</sup>). Los resultados se expresaron en gramos de azúcar por cada 100 gramos de extracto para los frutos y gramos de azúcar por cada 100 mL de jugo para el pseudofruto.

La cuantificación de los carbohidratos presentes en las muestras se realizó mediante la comparación de los tiempos de retención y las

used (COVENIN 1997)

**Titration Acidity:** Sample was titrated with an alkaline solution of sodium hydroxide in presence of a phenol taleina indicator. Results will be expressed in grams of citric acid by each 100ml of juice from pseudo-fruit (%) and grams of oleic acid by each 100ml of fruit stratum (%) (COVENIN 1997)

**Sugars composition:** The aqueous extracts were analyzed by HPLC in a chromatograph mark Waters, provided of a differential refractometer, model 410 and a isotonic bomb, model 510. A column of stainless steel was used like stationery phase of 4.6mm x 250mm D.I., (4µm, Nova-Pack amine) connected to a pre column (Nova-Pack amine). The isocratic separation of sugars was made to 28°C.

A mixing of aceto nitrile-water was used (75:25), like mobile phase, at an adequate flux speed (1.0ml/min). Results were expressed in sugar grams by each 100 grams of extract for fruits and sugar grams by each 100 mL of juice for the pseudo-fruit.

The quantification of carbohydrates presents in samples was accomplished through comparison of retention times and the samples peaks areas respect to retention times and patters solutions (mark Sigma, 99% of purity) of glucose, fructose and sucrose (20 mg.mL<sup>-1</sup>). Sugar analysis was made by triplicate and results were expressed in % of fresh weight.

### **Design and statistical analysis**

A split plot design with 10 replications was used. Each plant was considered an experimental unit. Variables in fruit and pseudo-fruit of

áreas de los picos de las muestras con respecto a los tiempos de retención y las áreas de los picos de las soluciones patrones (marca Sigma, 99% de pureza) de glucosa, fructosa y sacarosa (20 mg.mL<sup>-1</sup>). El análisis de los azúcares se realizó por triplicado y los resultados se expresaron en % de peso fresco.

### Diseño y análisis estadístico

Se aplicó un diseño completamente al azar con 10 repeticiones. Cada planta se consideró una unidad experimental. Las variables se determinaron en el fruto y el pseudofruto de la planta. El análisis estadístico se llevó a cabo, utilizando el software Statistical Analysis Systems (SAS) versión 9.0. La estadística descriptiva media, desviación estándar, valores mínimos y máximos se calcularon con PROC MEANS. Así mismo el análisis de la varianza por el procedimiento PROC GLM (General Linear Model) y para las pruebas de media se empleó el método de Tukey y LSMEANS. Las variables en porcentaje y en números discretos se transformaron con la función arcoseno y raíz cuadrada respectivamente.

## Resultados y discusión

La masa fresca y seca (fruto y pseudofruto) difieren estadísticamente ( $P < 0,01$ ) en ambas cosechas, se observaron los mayores valores en la primera cosecha (cuadro 1). Estos resultados son mayores a los reportados en frutos de *A. occidentale* L., localizados en la India, Brasil y Tanzania, (Barbosa *et al.*, 2004; De Figueiredo *et al.*, 2002; Moura *et al.*, 2001; Toledo *et al.*, 2005).

El largo y ancho del fruto y el

plant were determined. The statistical analysis was accomplished by using the software Statistical Analysis Systems (SAS) version 9.0. The mean descriptive statistic, standard deviation, minimum and maximum values were estimated by using PROC MEANS. Likewise, analysis of variance procedure PROC GLM (General Linear Model) and for the mean Tukey test and LSMEANS was used. Variables in percentage and in discrete numbers were transformed with the ARCOSENO function and square respectively.

## Results and discussion

The fresh and dry (fruit and pseudo-fruit) showed significant differences ( $P < 0.01$ ) in both harvests, the higher values were showed in the first harvest (table 1). These results are higher to those reported in fruits of *A. occidentale* L., placed in India, Brazil and Tanzania, (Barbosa *et al.*, 2004; De Figueiredo *et al.*, 2002; Moura *et al.*, 2001; Toledo *et al.*, 2005).

Long and width of fruit and pseudo-fruit did not showed significant differences ( $P < 0.01$ ) in harvest (1 and 2), (table 1). In cultivars from *A. occidentale* L clones in Brazil, a little size was determined in fruits and pseudo-fruits under semi-arid conditions by applying localized irrigation (Barbosa *et al.*, 2004; De Figueiredo *et al.*, 2002; Moura *et al.*, 2001). Fruit size increase is caused by the solute and water entrance to the cell vacuole; this physiological condition permits the need space to storage nutrients (carbohydrates, proteins, lipids



**Cuadro 1. Variable físicas del fruto y pseudofruto de *Anacardium occidentale* L. (Merrey).****Table 1. Physical variables of fruit and pseudo fruit of *Anacardium occidentale* L. (cashew).**

Variable	Fruto		Pseudofruto	
	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 1	Cosecha 2
Masa fresca (g)	18,31± 0,92 <sup>a</sup>	13,48 ± 0,86 <sup>b</sup>	167,17 ± 11,13 <sup>a</sup>	144,63 ± 10,95 <sup>b</sup>
Masa seca (g)	17,61± 0,88 <sup>a</sup>	13,12 ± 0,86 <sup>b</sup>	18,31 ± 1,26 <sup>a</sup>	10,93 ± 0,81 <sup>b</sup>
Ancho (cm)	2,15 ± 0,09 <sup>a</sup>	2,06 ± 0,09 <sup>a</sup>	5,69 ± 0,21 <sup>a</sup>	5,38 ± 0,23 <sup>a</sup>
Largo (cm)	3,30 ± 0,14 <sup>a</sup>	2,7 ± 0,11 <sup>a</sup>	10,05 ± 0,36 <sup>a</sup>	9,1 ± 0,23 <sup>a</sup>
Firmeza (1/10mm)	15,55 ± 0,81 <sup>b</sup>	24,85 ± 0,53 <sup>a</sup>	84,18 ± 1,98 <sup>b</sup>	97,80 ± 1,70 <sup>a</sup>

\*Las medias con la misma letra en una columna no presentan diferencias significativas con la prueba T (P<0,01) a dos colas, para muestras independientes con diferentes varianzas (heterocedástica).

pseudofruto, no presentaron diferencias significativas (P<0,01) en las cosechas (1 y 2), (cuadro 1). En cultivares de clones de *A. occidentale* L en Brasil se determinó un menor tamaño en los frutos y pseudofrutos bajo condiciones semiáridas con aplicación de riego localizado (Barbosa *et al.*, 2004; De Figueiredo *et al.*, 2002; Moura *et al.*, 2001). El aumento del tamaño de los frutos se debe a la entrada de solutos y agua a las vacuolas de las células, esta condición fisiológica permite que existan los espacios necesarios para el almacenamiento de nutrientes (carbohidratos, proteínas, lípidos entre otros) lo cual promueve la presión que actúa contra las paredes celulares causando turgencia y expansión del tejido. (Toledo *et al.*, 2005).

Los valores de firmeza para el fruto y el pseudofruto de *A. occidentale* L. presentaron diferencias

among others) that promotes pressure by acting against the cell walls by causing swelling and expansion of tissue. (Toledo *et al.*, 2005).

Firmness for fruit and pseudo-fruit of *A. occidentale* L. showed significant differences among harvest (P<0.01), (table 1), Results obtained are similar to those observed for fruits of *A. occidentale* L. cultivated in Brazil (De Figueiredo *et al.*, 2002; Moura *et al.*, 2001; Toledo *et al.*, 2005). Pseudo-fruit showed higher firmness values (table 1). An excellent firmness of pseudo-fruit harvested from clones of *A. occidentale* L. has be evident in other areas of world under irrigation conditions (De Figueiredo *et al.*, 2002; Moura *et al.*, 2001; Toledo *et al.*, 2005). Firmness variation of fruits is consequence of the degradation speed increase on cellulose and pectin substances, acids poly galacturonic

significativas entre cosechas ( $P < 0,01$ ), (cuadro 1), Los resultados obtenidos son similares a los observados para frutos de *A. occidentale* L. cultivados en Brasil (De Figueiredo *et al.*, 2002; Moura *et al.*, 2001; Toledo *et al.*, 2005). El pseudofruto presento mayores valores de firmeza (cuadro 1). Se ha evidenciado una excelente firmeza de pseudofrutos cosechados de clones de *A. occidentale* L. en otras regiones del mundo, bajo condiciones de riego (De Figueiredo *et al.*, 2002; Moura *et al.*, 2001; Toledo *et al.*, 2005). Las variaciones en la firmeza de los frutos es consecuencia del aumento en la velocidad de degradación de las sustancias celulósicas pectínicas, ácidos poligalácturónicos y hemicelulosas, lo cual conlleva al debilitamiento de las paredes celulares y las fuerzas cohesivas que mantienen las células unidas (Muramatsu 1999). Los frutos que presentan buena firmeza, son resistentes al deterioro por una inadecuada manipulación, transporte, y al ataque de microorganismos (Toledo *et al.*, 2005).

Los valores de °Brix (fruto y pseudofruto) no difieren estadísticamente ( $P < 0,01$ ) (cuadro 2). Los °Brix, obtenidos (17°) en pseudofrutos son mayores a los exhibidos aquellos cosechados en cultivos de *Anacardium occidentale* L. en Brasil (6-13°) (Ademir *et al.*, 2002; Barbosa *et al.*, 2004; De Figueiredo *et al.*, 2002). Se ha demostrado que existe un crecimiento paulatino de la concentración de los sólidos solubles totales, (monosacáridos), como consecuencia de la hidrólisis de los polisacáridos (Homopolisacárido) (Ademir *et al.*, 2002).

La acidez titulable (fruto y

and hemicelulosas, that takes to the weakness of cell walls and the cohesive strengths that keeps cells together (Muramatsu 1999). Fruits that showed good firmness are resistant to damage from a non adequate handling, transportation and to the micro organisms attack (Toledo *et al.*, 2005).

°Brix values (fruit and pseudo-fruit) do not showed significant differences ( $P < 0.01$ ) (table 2). °Brix obtained (17°) in pseudo-fruits are higher to those harvested in crops of *Anacardium occidentale* L. in Brazil (6-13°) (Ademir *et al.*, 2002; Barbosa *et al.*, 2004; De Figueiredo *et al.*, 2002). It have been demonstrate that there is gradual growing on concentration of total soluble solids, (mono saccaride), as a consequence of the poly saccaride hydrolysis (Homo poly saccaride) (Ademir *et al.*, 2002).

The titrable acidity (fruit and pseudo-fruit) did not showed significant differences ( $P < 0.01$ ) (table 2), Fruits showed the higher values for this study variable in comparison to values obtained for pseudo-fruits (table 2). This research showed that the titrable acidity in *A. occidentale* L. fruits is superior to those observed localized irrigation conditions (Toledo *et al.*, 2005). On the other hand, pseudo-fruits present a higher titrable acidity in comparison to those reported by pseudo-fruits harvested in Tanzania, Costa Rica, India and Brazil. (Ademir *et al.*, 2002; Barbosa *et al.*, 2004; De Figueiredo *et al.*, 2002).

In table 2 it was observed that there are no significant differences ( $P < 0.01$ ) in pH values for fruit and pseudo-fruit. pH obtained for the harvested product (fruit and pseudo-

**Cuadro 2. Variable químicas del fruto y pseudofruto de *Anacardium occidentale* L. (Merrey).****Table 2. Chemical variable of *Anacardium occidentale* L. (cashew) fruit and pseudo-fruit.**

Variable	Fruto		Pseudofruto	
	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 1	Cosecha 2
°Brix	3,54 ± 0,27 <sup>a</sup>	3,17 ± 0,27 <sup>a</sup>	17,00 ± 0,23 <sup>a</sup>	16,46 ± 0,23 <sup>a</sup>
Acidez titulable	0,23 ± 0,08 <sup>a</sup>	0,20 ± 0,005 <sup>a</sup>	1,42 ± 0,05 <sup>a</sup>	1,17 ± 0,039 <sup>a</sup>
pH	6,19 ± 0,05 <sup>a</sup>	6,47 ± 0,02 <sup>a</sup>	3,57 ± 0,07 <sup>a</sup>	3,16 ± 0,05 <sup>a</sup>

Las medias con la misma letra en una columna no presentan diferencias significativas con la prueba T ( $P < 0,01$ ) a dos colas, para muestras independientes con diferentes varianzas (heterocedástica).

pseudofruto) no presentó diferencias significativas ( $P < 0,01$ ) (cuadro 2), Los frutos presentaron los mayores valores para esta variable de estudio en comparación a los valores obtenidos para los pseudofrutos (cuadro 2). El presente estudio mostró que la acidez titulable exhibida en frutos de *A. occidentale* L., son mayores a las observadas bajo condiciones de riego localizado (Toledo *et al.*, 2005). Por otra parte, los pseudofrutos presentan una menor acidez titulable en comparación a la reportada para pseudofrutos cosechados en Tanzania, Costa Rica, India y Brasil. (Ademir *et al.*, 2002; Barbosa *et al.*, 2004; De Figueiredo *et al.*, 2002).

En el cuadro 2 se observa que no existe diferencia significativa ( $P < 0,01$ ) en los valores de pH para el fruto y pseudofruto. El pH obtenido para el producto cosechado (fruto y pseudofruto) fue de 6,27 y 3,46 respectivamente. Se ha observado que

fruit) was of 6.27 and 3.46 respectively. It have been observed that fruits from the specie located in different countries showed a pH of 6 (Melo *et al.*, 1998), whereas for pseudo-fruit values reported range (4-5,5). (Ademir *et al.*, 2002; Barbosa *et al.*, 2004; De Figueiredo *et al.*, 2002; Toledo *et al.*, 2005).

Study of sugars composition (fruit and pseudo-fruit) showed the presence of fructose, glucose and sucrose (table 3). Fructose was the predominant sugar (table 3). Results obtained are similar to those previously reported (Azevedo and Rodríguez 2000; De Figueiredo *et al.*, 2002). There are no significant differences ( $P < 0,01$ ) between harvest (1 and 2)

## Conclusions

The fresh mass, dry, long and width of fruits and pseudo-fruits of *A. occidentale* L under unirrigated

frutos provenientes de la especie investigada localizada en diferentes países presentan un pH de 6 (Melo *et al.*, 1998), mientras que para el pseudofruto los valores reportados varían de (4-5, 5). (Ademir *et al.*, 2002; Barbosa *et al.*, 2004; De Figueiredo *et al.*, 2002; Toledo *et al.*, 2005).

El estudio de la composición de azúcares (fruto y pseudofruto), evidenció la presencia de fructosa, glucosa y sacarosa (cuadro 3). La fructosa fue el azúcar predominante (cuadro 3). Los resultados obtenidos son similares a los reportados previamente. (Azevedo y Rodríguez 2000; De Figueiredo *et al.*, 2002). No existen diferencias significativas ( $P < 0,01$ ) entre las cosechas (1 y 2).

## Conclusiones

La masa fresca, seca, el largo y el ancho de los frutos y pseudofrutos de *A. occidentale* L. bajo condiciones de secado son superiores a las determinadas para clones de esta especie en condiciones de riego localizado.

conditions are superior to those determined for clones of this specie in localized irrigation conditions In unirrigated conditions fruits showed an excellent firmness for its processing, however, firmness showed by pseudo-fruits was little.

°Brix degrees of pseudo-fruits and titrable acidity of fruits obtained in this study; they are higher to those previously reported.

Fruits and pseudo-fruits showed pH acid, 6.33 and 3.3 respectively

The presence of fructose, glucose and sucrose was evident in fruit and pseudo-fruit. Fructose was the predominant sugar.

## Acknowledgement

Authors want to express their thanks to the Centro Fruticola del Zulia-CORPOZULIA, by the financing received through the project FONACIT S1-2000000795 and F-2001001117.

*End of english version*

### Cuadro 3. Composición de azúcares de *Anacardium occidentale* L. (Merrey).

Table 3. Composition of *Anacardium occidentale* L (cashew) sugars.

Variable	Fruto		Pseudofruto	
	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 1	Cosecha 2
Fructosa (%)	0,032 ± 0,003 <sup>a</sup>	0,032 ± 0,002 <sup>a</sup>	2,70 ± 0,11 <sup>a</sup>	2,80 ± 0,10 <sup>a</sup>
Glucosa (%)	0,046 ± 0,004 <sup>a</sup>	0,047 ± 0,0038 <sup>a</sup>	1,44 ± 0,11 <sup>a</sup>	1,19 ± 0,11 <sup>a</sup>
Sacarosa (%)	0,074 ± 0,018 <sup>a</sup>	0,066 ± 0,017 <sup>a</sup>	0,416 ± 0,003 <sup>b</sup>	0,820 ± 0,002 <sup>a</sup>

Las medias con la misma letra en una columna no presentan diferencias significativas con la prueba T ( $P < 0,01$ ) a dos colas, para muestras independientes con diferentes varianzas (heterocedástica).

En condiciones de secano, los frutos presentaron una excelente firmeza para su procesamiento, sin embargo la firmeza exhibida por los pseudofrutos fue baja.

Los grados °Brix de los pseudofruto y la acidez titulable de los frutos obtenidas en el presente estudio; son mayores a las reportadas previamente.

Los frutos y pseudofrutos presentaron pH ácido, 6,33 y 3,3 respectivamente.

Se evidencio en el fruto y pseudofruto la presencia de fructosa, glucosa y sacarosa. La fructosa fue el azúcar predominante.

## Agradecimiento

Los autores manifiestan su agradecimiento al Centro Frutícola del Zulia-CORPOZULIA, por el financiamiento brindado mediante el proyecto FONACIT S1-2000000795 y F-2001001117.

## Literatura citada

Ademir, J., J. Damasceno y F. Carvalho. 2002. Qualidade de pedúnculo de cajueiro-anão precoce cultivado sob irrigação e submetido a diferentes sistemas de condução e espaçamento. Rev. Bras. Frutic. 24(1).www.scielo.br.

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

Azevedo, D. y A. Rodríguez. 2000. SMB Chromatography applied to the separations/purifications of fructose from cashew apple juice. Braz. J. Chem. Eng. 17(4-7). www.scielo.br.

Barbosa, K., F. Guedes y P. Lima. 2004. Peduncle and fruit yield, in six cropping seasons, of early dwarf cashew tree clones irrigated with different water regimes Rev. Bras. Frutic. 26(3). www.scielo.br.

Barcello, C., R. Nicolas y G. Sabater. 2005. Fisiologia Vegetal. Editorial Pirámide. Madrid, España.566 p.

Bussakorn, S., M. Behboudian, J. Dixon, S. Neal y H. Caspari. 2000. Improvement of fruit quality and storage potential of 'Braeburn' apple through deficit irrigation. J. Hortic. Sci. Biotechnol. 75. www.sciencedirect.com.

Colauto, N., C. Vieira, C. Marur, M. Dos Santos y J. Gomes. 2006. Maturation curves and degree-days accumulation for fruits of 'Folha Murcha' orange trees. Sci. agric. 63(3):31-36. www.sciencedirect.com

Conrad, E. y J. Palmer. 1976. Rapic análisis de carbohidratos by high pressure liquid chromatography. Food Technol. 30: 84-92.

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

De Figueiredo, R., F. Lajolo, R. Alves y H. Cunha. 2002. Physical-chemical changes in early dwarf cashew pseudofruits during development and maturation. Food Chemistry. 77. www.scielo.br.

Ewel, J. y L. Madríz.1976. Zonas de Vida en Venezuela. 2da. Edición. Memoria Explicativa sobre el Mapa Ecológico. MAC. Caracas.265 p.

Ferreira, E., G. Selles y G. Lemus. 2002. efectos del estrés hídrico durante la fase II de crecimiento del fruto del duraznero cv. Kakamas en el rendimiento y estado hídrico de las plantas. Agric. Téc. 62(4). www.sciencedirect.com

- Ferreira, R., G. Selles, R. Riuz y I. Sellés. 2003. Efecto del estrés hídrico aplicado en distintos períodos de desarrollo de la *Vid* cv. Chardonnay en la producción y calidad del vino. *Agric. Téc.* 63(3). [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- Hoyos, J. 2004. *Frutales en Venezuela. Segunda Edición.* Sociedad de Ciencias Naturales La Salle. 381 p
- López, L., B. Cajuste y E. Morales. 2004. El estrés hídrico y su influencia sobre la maduración y calidad de fruto de Aguacate Variedad Hass. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados. México. 127 p.
- Melo M. G. Maia, A. Silva, G. Oliveira y R. Figueiredo. 1998. Caracterização físico-química da amêndoa da castanha de caju (*Anacardium occidentale* L.) Crua e tostada. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 18(2). [www.scielo.br](http://www.scielo.br).
- Motilva, M., M. Tovar, M. Romero, S. Alegre y J. Girona. 2000. Influence of regulated deficit irrigation strategies applied to olive trees (*Arbequina* cultivar) on oil yield and oil composition during the fruit ripening period. *J. Sci. Food Agric.* [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- Moura, C., R. Alves, R. Innecco, H. Almeida, J. Mosca y S. Pinto. 2001. Características físicas de pedúnculos de cajueiro para comercialização in natura. *Rev. Bras. Frutic.* Vol.23 (3). [www.scielo.com](http://www.scielo.com)
- Muramatsu, N., T. Takahara, T. Ogata y K. Kojima. 1999. Changes in rind firmness and cell wall polysaccharides during citrus development and maturation. *Hort. Sci.* 34:9-81
- Narain, N., S. Pushkar, J. Heinz, y M. Vasconcelos. 1992. Variation in physical and chemical composition during maturation of umbu (*Spondias tuberosa*) fruits. *Food Chemistry.* 44 (4). [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- Oliveira A. y U. De Albuquerque. 2005. Woody medicinal plants of the caatinga in the state of Pernambuco (Northeast Brazil). *Acta Bot. Bras.* 19 (1). [www.scielo.br](http://www.scielo.br)
- Pickering, A., M. Behboudian y T. Mills. 2002. Stress physiology of the grapevine: an overview. In: S.G. Pandalai, Editor, *Recent Research Developments in Plant Biology.* 5(1). [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- Soares E., R. Ferreira, J. De Mello, F. Nunes, I. Veras, J. Lopes. 2006. Caracterização física e química de frutos de cajazeira. *Rev. Bras. Frutic.* 28(3). [www.scielo.br](http://www.scielo.br)
- Spreer, W., M. Nagle, S. Neidhart, R. Carle, S. Ongprasert y J. Müller. 2007. Effect of regulated deficit irrigation and partial rootzone drying on the quality of mango fruits (*Mangifera indica* L., cv. 'Chok Anan'). *Agricultural Water Management.* 88 (1-3). [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- Toledo, M., H. Tomáz, S. Nietsche, W. Ferreira y S. Marques. 2005. Caracterização físico-química de pedúnculos e castanhas de clones de cajueiro-anão precoce nas condições do norte de Minas Gerais. *Bragantia* 64(2). [www.scielo.br](http://www.scielo.br)
- Treeby, M., R. Henriod, K. Bevington, D. Milne y R. Storey. 2007. Irrigation management and rootstock effects on navel orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) quality. *Agricultural Water Management, In Press.* [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- Wilson, C., P. Shaw y C. Campbell. 1982. Determination of organic acids and sugar in guava (*Psidium guajava* L.) during different stages of ripening. *Research and Development Reporter.* 269:301-305.