



<http://opn.to/a/YIBMN>

ORIGINAL ARTICLE | ARTÍCULO ORIGINAL

Physical-Mechanical Properties of Banana Bunches as an Object of Aerial Cable Transportation

Propiedades físico-mecánicas de racimos de banana como objeto de transportación en cable aéreo

Dr.C. Pedro A. Valdés-Hernández¹, MSc. Jorge E. Suárez-Hernández¹; Dr.Cs. Arturo Martínez-Rodríguez¹; MSc. María V. Gómez-Águila¹, MSc. Yolanda R. Jiménez-Alvarez¹; MSc. Alexander Laffita Leyva¹

¹ Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, San José de Las Lajas, Mayabeque, Cuba.

¹ Universidad de Los Andes (ULA), Núcleo Universitario Rafael Rangel. Venezuela.

¹ Universidad Autónoma de Chapingo, DIMA, Chapingo, Texcoco, México.

ABSTRACT. The objective of this work is to determine the physical-mechanical properties of banana bunches as an object of their transportation in aerial cable and the parameters required for the design of a transport system of banana bunches in mountainous areas of Trujillo State, Venezuela. A descriptive analysis of all the samples was carried out for the properties studied, obtaining the arithmetic mean and the dispersion measurements (standard deviation and coefficient of variation), as well as a variance analysis, determining the p-value and an analysis of simple and multiple regression. The results obtained show that the arithmetic mean obtained for the diameter of the rachis was 5,41 cm, with a standard deviation of $\pm 0,77$ cm; the length of the clusters 63,96 cm, with a standard deviation of $\pm 14,92$ cm and the diameter of the bunches amounted to 33,67 cm, with a standard deviation of $\pm 2,69$ cm. Furthermore, the mass of the bunches obtained amounted to 16,58 kg, with a standard deviation of $\pm 4,91$ kg, the Xc and Yc coordinates, obtained from the center of mass of the clusters reached 16,73 and 28,84 cm, with a standard deviation of $\pm 1,37$ and 3,78 cm, respectively. In addition, the moment of inertia amounted to 0,13 kg m² with a standard deviation of $\pm 0,11$ kg m². The best adjusted model of the relationship between the moment of inertia and the mass of banana clusters was the Box-Cox Method with an R² of 86, 65%. Regarding the relationship with the bunch diameter, the model that was best adjusted was the Polynomial with an R² of 88, 7%.

Keywords: design; agricultural machines; mountainous area.

RESUMEN. El presente trabajo se propone como objetivo determinar las propiedades físico-mecánicas de racimos de banana como objeto de su transportación en cable aéreo, como parámetros requeridos para el diseño de un sistema de transporte de racimos de banana en zonas montañosas del estado Trujillo, Venezuela. Se realizó un análisis descriptivo de todas las muestras de las propiedades objeto de estudio, obteniéndose la media aritmética y las medidas de dispersión (desviación estándar y coeficiente de variación), así como un análisis de varianza, determinando el p-valor y un análisis de regresión simple y múltiple. Los resultados obtenidos arrojan que la media aritmética obtenida para el diámetro del raquis ascendió a 5,41 cm, con una desviación estándar de $\pm 0,77$ cm; la longitud de los racimos promedió 63,96 cm, con una desviación estándar de $\pm 14,92$ cm; el diámetro medio de los racimos ascendió a 33,67 cm, con una desviación estándar de $\pm 2,69$ cm; la masa media de los racimos obtenida ascendió a 16,58 kg, con una desviación estándar de $\pm 4,91$ kg; las coordenadas Xc y Yc, obtenidas del centro de masa de los racimos arribaron a 28,84 y 16,73 cm, con una desviación estándar de $\pm 3,78$ y 1,37 cm respectivamente, asimismo el momento de inercia medio ascendió a 0,13 kg m² con una desviación estándar de $\pm 0,11$ kg m². El mejor modelo ajustado de la relación entre el momento de inercia y la masa de los racimos de bananas fue el método de box – cox con un R² de 86, 65%. En cuanto a la relación con el diámetro de los racimos el modelo que mejor se ajustó fue el polinomial con un R² de 88,7%.

Palabras clave: Diseño; Máquinas agrícolas; Zona montañosa.

¹ Autor para correspondencia: Pedro A. Valdés Hernández, e-mail: pvaldes@unah.edu.cu

Recibido: 10/05/2019.

Aprobado: 19/12/2019.

INTRODUCTION

The geographical location gives Venezuela potential for tropical agriculture, being able to obtain high yields in permanent crops such as coffee, cocoa, oil palm and fruit trees, or semi-permanent ones such as sugarcane, banana, plantain and cassava (FAO, 2009).

The cultivation of plantain (*Musa paradisiaca*) and banana (*Musa cavendish*) in Venezuela represents the largest fruit activity in the country with 459,000 tons in 2013. The production is distributed in different parts of the national territory in relation to the adaptive degree of the cultivar (Martínez, 2009a). The areas with the highest banana production are in the states of Aragua, Carabobo, Trujillo, Mérida, Barinas and Yaracuy. Figures from the agricultural census (May 2007/April 2008) indicate that the State of Merida is the largest producer, followed by Trujillo with a production of 144,000 tons (Martínez, 2009b).

The main banana zone of Trujillo State is characterized by monocultures for export purposes. It is located in the alluvial plain of Motatán River, that, according to figures from the Agricultural Census, represents 15, 75% of the production, meanwhile 84, 25% corresponds to the middle and upper zone of the state, where by tradition there is an agro-ecological production of bananas, generally associated with coffee and citrus category. The main producing municipalities are Monte Carmelo, Boconó, Trujillo, Escuque and San Rafael de Carvajal. Ramírez *et al.*, (2010) and Lescot, (2013) point out that high-zone bananas have good quality characteristics for commercialization, but with the condition of poor agronomic management and in the transfer during their harvest, in plantations which cause non appropriate aesthetic quality of the fruit.

Bananas grown under the modality of employer and family farm are harvested manually by one or two people, in order to prevent clusters from falling to the ground and spoiling them, damaging the price and the final quality of the product. In the study area, banana plantations are established at an average altitude of 1,300 meters above sea level and in areas with high slopes (IGVSB, 1999), which greatly hinders transfer work in the banana harvest. The harvest is one of the last operations of the cultivation of bananas and at the same time a key point to obtain the fruit of the desired quality in the market. Carriage of banana clusters from the crop to the point where it is prepared for transportation to the markets, is usually done manually (on the shoulder) and in animals (mules and donkeys), according to Magalhães *et al.*, (2004). In addition, the manual transport of banana clusters, within the plots, causes physical damage to the fruits that compromise their quality. These damages are generally caused by falling and crushing.

Not all countries have systems for handling and transporting freshly harvested agricultural products, from planting to packing plants or shipping. The cable track system (aerial cable transport) of the plantation is as important as the irrigation and drainage system of the plantation, since the transport and quality of the fruit depend on it. This method is undoubtedly the most efficient and economical

INTRODUCCIÓN

La ubicación geográfica le otorga a Venezuela potencialidades para la agricultura tropical, pudiendo obtener altos rendimientos en cultivos de carácter permanente tales como café, cacao, palma aceitera y frutales, o semi-permanentes como caña de azúcar, banano, plátano y yuca (FAO, 2009).

El cultivo de plátanos (*Musa paradisiaca*) y bananos (*Musa cavendish*) en Venezuela representan la mayor actividad frutícola del país con 459 000 t en 2013. La producción se distribuye en diferentes partes del territorio nacional en relación al grado adaptativo del cultivar (Martínez, 2009a, 2009b). Las zonas de mayor producción de banano se encuentran en los estados Aragua, Carabobo, Trujillo, Mérida, Barinas y Yaracuy. Cifras del censo agrícola (mayo 2007/abril 2008) señalan que el Estado Mérida es el mayor productor, seguido de Trujillo con una producción de 144 000 t (Martínez, 2009b).

La principal zona bananera del estado Trujillo se caracteriza por la presencia de monocultivos con fines de exportación, ubicándose en la planicie aluvial del río Motatán, que, según cifras del Censo Agrícola, representa el 15,75% de la producción, mientras que el 84,25% corresponde a la zona media y alta del Estado, donde por tradición existe la producción agroecológica de bananos, generalmente asociada con los cultivos de café y cítricos. Los principales municipios productores son Monte Carmelo, Boconó, Trujillo, Escuque y San Rafael de Carvajal. Ramírez *et al.* (2010) y Lescot (2013), señalan que el banano de zona alta presenta características idóneas de calidad para la comercialización, pero debido a la condición de escaso manejo agronómico y al riesgo de daños durante las operaciones de traslado en las plantaciones durante la cosecha, la calidad estética de la fruta no resulta la más adecuada.

Los bananos cultivados bajo la modalidad de finca patronal y familiar son cosechados de forma manual por una o dos personas, a fin de evitar que los racimos caigan al suelo y se estropeen perjudicando el precio y la calidad final del producto. En la zona de estudio, las plantaciones de banano están establecidas a 1 300 msnm de altitud promedio y en terrenos con pendientes elevadas (IGVSB, 1999), lo que dificulta en gran medida las labores de traslado durante la cosecha del cambur. La cosecha es una de las últimas operaciones del cultivo de bananos y a la vez un punto clave para obtener la fruta de la calidad deseada en el mercado. El acarreo de los racimos de bananos desde el cultivo hasta el punto donde se prepara para su transportación a los mercados, se efectúa normalmente en ascenso de forma manual (al hombro) y en animales (mulas y asnos), (Magalhães *et al.*, 2004). El transporte manual de los racimos de banano dentro de las parcelas, provoca daños físicos a los frutos que comprometen su calidad. Estos daños se producen generalmente por caída y aplastamiento.

No todos los países poseen sistemas para el manejo y transporte de los productos agrícolas recién cosechados desde la plantación hasta las plantas de beneficio, empaque y embarque. El sistema cable vía (transporte por cable aéreo) de la plantación, es tan importante como el sistema de riego y drenajes de la plantación, pues de él depende la transportación y la calidad de la fruta. Este método es sin duda la forma más eficiente y económica de transporte de fruta en plantaciones bananeras que se ha desarrollado en los últimos años (Soto, 2008).

way of transporting fruit in banana plantations that has been developed in recent years (Soto, 2008).

On the other hand, during investigations related to the working components of agricultural machines in general and in particular in the case of the transport of banana bunches by cable, the determination of the physical-mechanical properties of the agricultural products to be transported results indispensable stage [Parra et al., 2006 and 2007 and Valdés et al., 2008]. That is due to they constitute input data during the evaluation of the theoretical models (Valdés et al., 2018; Valdés et al., 2012), elaborated for the calculation of the different design and operating parameters of those machines.

Investigations of these properties related to the object of study have been carried out by Martínez and Mollineda, (2003); Velásquez et al. (2005, 2012); Ciro et al., (2005); Millán y Ciro, (2012) and Martínez and Bermúdez, (2016), but aimed at plantain and bananas directly, not in the case of bunches.

Taking these aspects into account, the objective is to: Determine the physical-mechanical properties of banana clusters (*Musa cavendish* L.) as object of aerial cable transportation, which are required as input data in theoretical models, in order to design a transport system for banana bunches in the mountainous areas of Trujillo State in Venezuela.

METHODS

Characterization of the Experimental Zone

The area under study is located in the Alto de la Cruz Community, Carvajal Parish of San Rafael de Carvajal Municipality at Trujillo State, in Venezuela. The samples were obtained from four banana harvests of Cavendish variety corresponding to the months of November 2012, January 2013, February 2013 and April 2015. In the four harvests, 36, 22, 26 and 14 bunches were obtained, respectively, for a total of 98 bunches harvested. The relief of the soils is mountainous with altitudes ranging from 800 to 1,400 meters above sea level and with an average slope of 53, 84%, which is equivalent to an inclination angle of 24°. The farm is generally made up of two plots (A and B), which occupy an area of 2,5 and 1,30 ha, respectively, as it is seen in the plain-metric topographic survey (Figure 1a). The function of the system is to transport the load in the indicated path from the lowest part (point 1) to the access road (point 2) where the product is shipped (Figure 1b).

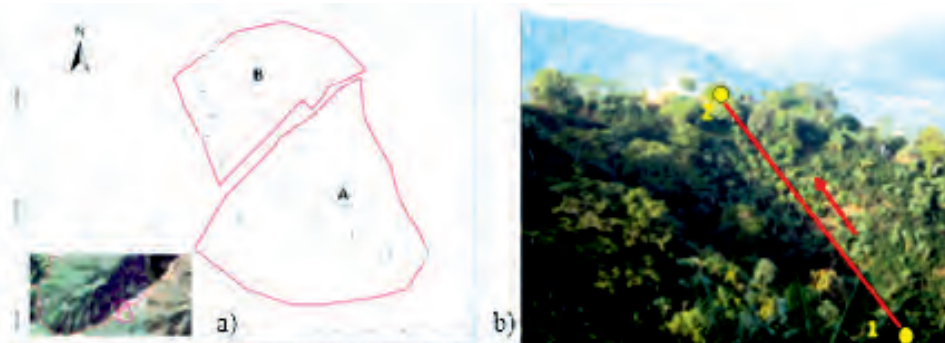


FIGURE 1. a) Topographic survey, b) Distribution of the crop on the farm.
 FIGURA 1. a) Levantamiento topográfico, b) Trayectoria de transportación de los racimos en la finca.

Por otro lado durante las investigaciones vinculadas con los órganos de trabajo de las máquinas agrícolas en general y en particular en el caso del transporte de racimos de bananos por cable vía, la determinación de las propiedades físico-mecánicas de los productos agrícolas a transportar resulta una etapa indispensable (Parra et al., 2006, 2007 y Valdés et al., 2008), ya que constituyen datos de entrada durante la evaluación de modelos teóricos (Valdés et al., 2018 y Valdés et al., 2012) elaborados para el cálculo de los diferentes parámetros de diseño y operación de dichas máquinas.

Investigaciones de dichas propiedades relacionadas con el objeto de estudio han sido realizadas por Martínez y Mollineda (2003); Velásquez et al. (2005, 2012); Ciro et al., (2005); Millán y Ciro, (2012); Martínez y Bermúdez (2016), pero dirigidas a los frutos de bananos y plátanos burro directamente, no para el caso de los racimos.

Tomando en cuenta estos aspectos se plantea como objetivo: Determinar las propiedades físico-mecánicas de los racimos de banana (*Musa cavendish* L.) como objeto de su transportación en cable aéreo, las cuales son requeridas como datos de entrada a los modelos teóricos, con vista al diseño de un sistema de transporte de racimos de bananos en las zonas montañosas del estado Trujillo de Venezuela.

MÉTODOS

Caracterización de la zona experimental

La zona objeto de estudio se encuentra ubicada en el caserío Alto de la Cruz, parroquia Carvajal del municipio San Rafael de Carvajal del estado Trujillo en Venezuela. Las muestras fueron obtenidas de cuatro cosechas de bananos variedad Cavendish correspondientes a los meses de noviembre 2012, enero 2013, febrero 2013 y abril 2015. En las cuatro cosechas realizadas se obtienen 36, 22, 26 y 14 racimos respectivamente, para un total de 98 racimos cosechados. El relieve de los suelos es montañoso con altitudes que van desde los 800 hasta 1 400 msnm y con una pendiente promedio de 53,84%, lo que equivale a un ángulo de inclinación de 24°. La finca está conformada de forma general por dos parcelas (A y B), las cuales ocupan un área de 2,5 y 1,30 ha, respectivamente, como se aprecia en el levantamiento topográfico planialtimétrico (Figura 1a). La función del sistema consiste en transportar la carga en la trayectoria indicada desde la parte más baja (punto 1) hasta la vía de acceso (punto 2) donde se realiza el embarque del producto (Figura 1b).

Materials and Methods for Determining Dimensional Characteristics

-Rachis diameter (d_r). Assuming that the geometry of the rachis cross-section is approximately circular, the diameter of the rachis was calculated by measuring the perimeter (p_r) in the first ring of the spine with a measuring tape of 100 cm in length and an accuracy of 1 mm as indicated in Figure 2a. The diameter (d_r) is calculated from the following expression:

$$d_r = p_r / \pi, [m] \quad (1)$$

-Longitude of the bunches (L_r). It was measured with the use of a 100 cm long measuring tape with a precision of 1mm, from the last cluster or hand to the first spine ring, as illustrated in Figure 2b.

- Bunches diameter (D_r). The perimeter (P_r) was measured in three sections of the cluster (upper, central and lower part), with a measuring tape of 100 cm in length and precision of 1 mm, according to Figure 2c. The total arithmetic mean was determined for the three sections studied. The diameter calculation was performed similar to the rachis diameter.

Materiales y métodos para la determinación de las características dimensionales

- Diámetro del raquis (d_r). Asumiendo que la geometría de la sección transversal del raquis es aproximadamente circular se calculó el diámetro del raquis midiendo el perímetro (p_r) en el primer anillo del mismo con una cinta métrica de 100 cm de longitud y una precisión de 1 mm como se indica en la Figura 2a. El diámetro (d_r) se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$d_r = p_r / \pi, [m] \quad (1)$$

- Longitud de los racimos (L_r). Se midió con el uso de una cinta métrica de 100 cm de longitud con una precisión de 1mm, desde el último clúster o mano hasta el primer anillo del raquis, como se ilustra en la Figura 2b.

- Diámetro de los racimos (D_r). Se midió el perímetro (P_r) en tres secciones del racimo (parte superior, central e inferior), con una cinta métrica de 100 cm de longitud y precisión de 1 mm, según Figura 2c. A estos resultados se le determino la media aritmética total para las tres secciones estudiadas. El cálculo del diámetro se realizó de forma similar al diámetro del raquis.

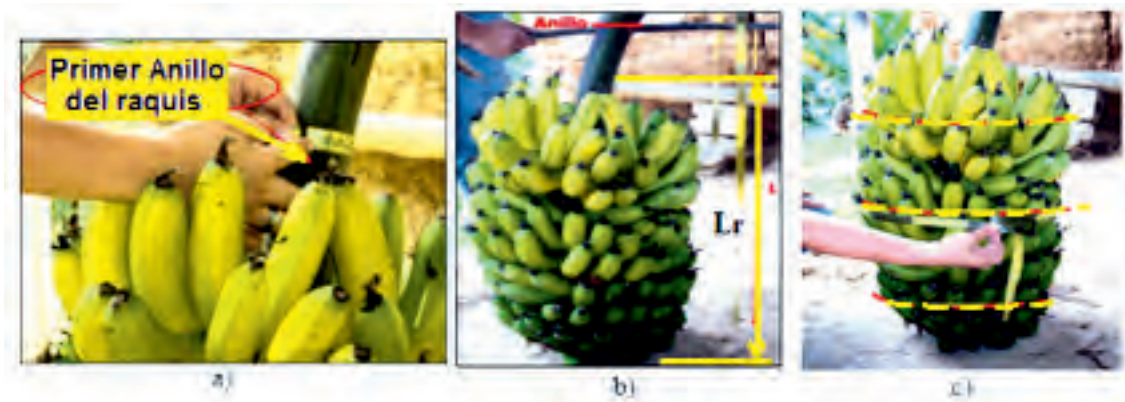


FIGURE 2. Measurement method of dimensional characteristics. a) Rachis perimeter, b) Length and c) Cluster diameter.
 FIGURA 2. Forma de medición de las características dimensionales. a) Perímetro del raquis, b) Longitud y c) Diámetro de los racimos.

Materials and Methods for the Determination of Inertial Properties

- Bunches Mass (m_r). It was determined by weighing the clusters with a digital scale with a capacity of 40 kg and an accuracy of 0,01 kg, as illustrated in Figure 3.

Materiales y métodos para la determinación de las propiedades inerciales

- Masa de los racimos (m_r). Se determinó pesando los racimos con una balanza digital con capacidad para 40 kg y una precisión de 0,01 kg, según se ilustra en la Figura 3.

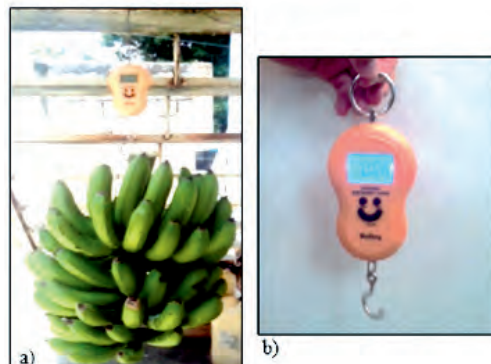


FIGURE 3. Form of mass measurement. a) Cluster placement in the balance; b) Digital balance used.
 FIGURA 3. Forma de medición de la masa. a) Colocación del racimo en la balanza; b) Balanza digital empleada.

-Mass center. The cluster was suspended on a rigid steel hook and moved until its horizontality and verticality were achieved by checking it from a spirit level and two wooden guides, as shown in Figure 4. In this position the coordinates X_c and Y_c were measured with respect to the point O located at the left end of the cluster (Y axis) and with respect to the lower part of the rachis (X axis), respectively, guaranteeing the required verticality and horizontality on each axis, with the spirit level. The crossing of these coordinates determines the center of mass of the cluster.

- Centro de masa. Se soportó el racimo sobre un gancho rígido de acero y se fue desplazando hasta lograr la horizontalidad y verticalidad del mismo comprobándola a partir de un nivel de burbuja y dos guías de madera, como se muestra en la Figura 4. En esta posición se midieron las coordenadas X_c y Y_c con respecto al punto O ubicado en el extremo izquierdo del racimo (eje Y) y con respecto a la parte inferior del raquis (eje X) respectivamente, garantizando la requerida verticalidad y horizontalidad en cada eje, con el nivel de burbuja. El cruce de estas coordenadas determina el centro de masa del racimo.

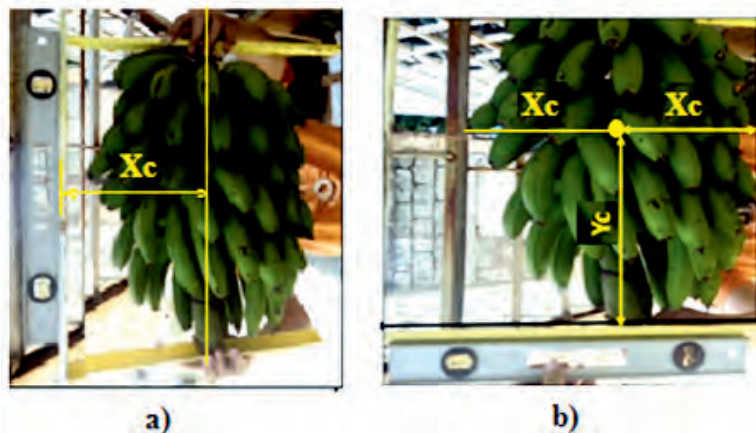


FIGURE 4. System for determining the coordinates (X_c and Y_c) of the mass center of banana clusters. X_c coordinate of the mass center; Y_c coordinate of the mass center.

FIGURA 4. Sistema para la determinación de las coordenadas (X_c y Y_c) del centro de masa de los racimos de bananos. a) Coordenada X_c del centro de masa b) Coordenada Y_c del centro de masa.

-Moment of inertia. The determination of the moment of inertia of the clusters is made with respect to the central axis of the rachis (Fig. 5 a). It is hung vertically on a hook supported by an elastic steel wire of 0,4 mm in diameter and 0,5 m in length, forming a torsional pendulum, according to the methodology proposed by Martínez et al. (2006) and Valdés et al. (2009). The period of free torsional oscillations is determined by rotating the cluster-wire system 45° with respect to its equilibrium position and allowing it to oscillate freely, timing the time corresponding to 10 oscillations with a precision level of 0,1 sec. The elastic constant of the steel wire is determined by replacing the cluster in the torsional pendulum with a metal cylinder (Fig. 5b) whose moment of inertia is determined by the expression:

$$I_c = \frac{1}{2} m_c r_c^2, \text{ kg m}^2 \quad (2)$$

Where: m- cylinder mass; kg
r- cylinder radius; m

The frequency f_c of the free oscillations of the torsional pendulum formed by the metal cylinder and the steel wire is related to the moment of inertia of the cylinder by the expression:

$$f_c = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{I_c}}, \text{ Hz} \quad (3)$$

Where: K-torsional elastic wire constant; Nm/rad;

By subjecting the cylinder to free oscillations and measuring the time corresponding to 10 oscillations, the frequency

- Momento de inercia. La determinación del momento de inercia de los racimos se realiza con respecto al eje central del raquis (Fig. 5 a) el cual es colgado verticalmente a través de un gancho soportado por un alambre acerado elástico de 0,4 mm de diámetro y 0,5 m de longitud, formando un péndulo torsional, de acuerdo a la metodología propuesta por Martínez et al. (2006); Valdés et al. (2008 y 2009). El período de las oscilaciones torsionales libres se determina girando el sistema racimo-alambre 45° con respecto a su posición de equilibrio y dejándolo oscilar libremente, cronometrándose el tiempo correspondiente a 10 oscilaciones con un nivel de precisión de 0.1 seg. La constante elástica del alambre acerado se determina sustituyendo el racimo en el péndulo torsional por un cilindro metálico (Fig. 5 b) cuyo momento de inercia se determina por la expresión:

$$I_c = \frac{1}{2} m_c r_c^2, \text{ kg.m}^2 \quad (2)$$

Donde: m_c es la masa del cilindro, kg;
 r_c es el radio del cilindro, m.

La frecuencia f_c de las oscilaciones libres del péndulo torsional formado por el cilindro metálico y el alambre acerado está relacionada con el momento de inercia del cilindro mediante la expresión:

$$f_c = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{I_c}}, \text{ Hz} \quad (3)$$

siendo K la constante elástica del alambre, N.m/rad

Sometiendo el cilindro a oscilaciones libres y cronometrando el tiempo correspondiente a 10 oscilaciones, se determina

f_c is determined as the inverse of the oscillation period, and then the elastic constant K of the wire can be determined from the expression (3).

Once the elastic constant of the wire is known, the moment of inertia I_y of the cluster is determined by the expression:

$$I_y = \frac{K}{4 \cdot \pi^2 f_r^2}, \text{ kg.m}^2 \quad (4)$$

where: f_r - frequency of free oscillations of the torsional pendulum formed by the cluster - wire system, Hz

la frecuencia f_c como el inverso del período de las oscilaciones, entonces la constante elástica K del alambre, puede ser determinada de la expresión (3).

Una vez conocida la constante elástica del alambre, el momento de inercia I_y del racimo se determina por la expresión:

$$I_y = \frac{K}{4 \cdot \pi^2 f_r^2}, \text{ kg.m}^2 \quad (4)$$

donde: f_r - frecuencia de las oscilaciones libres del péndulo torsional formado por el sistema racimo - alambre, Hz

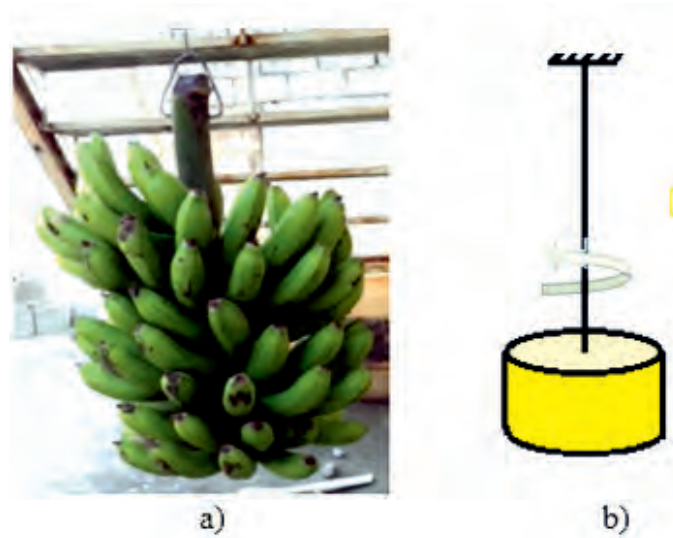


FIGURE 5. Determination of the torsional elastic constant of the wire, a) cluster-wire system; b) Cylinder of known moment of inertia.
 FIGURA 5. Determinación de la constante elástica torsional del alambre, a) sistema racimo-alambre; b) Cilindro de momento de inercia conocido.

Statistical Processing of Primary Data. Four samples of clusters were taken in which the following parameters were measured: rachis perimeter, length, perimeter, mass and inertia of the clusters. A descriptive analysis of all samples was performed independently, with the determination of the measures of central tendency (arithmetic mean) and dispersion measures (standard deviation and coefficient of variation). In addition, an analysis of variance of LSD type was performed, where the p-value among the four harvests was determined to identify if there were significant differences between the means.

On the other hand, the simple and multiple regression method was applied to determine the dependence of the moment of inertia as a function of mass and diameter. Finally, the t-test was performed determining the level of significance in the single and multiple regression model. For the data processing and analysis, Microsoft Excel version 2013 and Statgraphics version 16 software were used.

RESULTS AND DISCUSSION

Results of the Determination of the Dimensional Characteristics

Table 1 shows the results of the descriptive analysis performed on the rachis diameter, length and diameter of the clusters.

Procesamiento estadístico de los datos primarios. Se realizaron cuatro tomas de muestras de racimos en las cuales se midió: perímetro del raquis, longitud, perímetro, masa, e inercia de los racimos y se realizó un análisis descriptivo de todas las muestras de forma independiente, con la determinación de las medidas de tendencia central (media aritmética) y las medidas de dispersión (desviación estándar y coeficiente de variación). Además, se realizó un análisis de varianza del tipo LSD, determinando el p-valor entre las cuatro cosechas realizadas, para identificar si existen diferencias significativas entre las medias.

Por otro lado se aplicó el método de regresión simple y múltiple para determinar la dependencia del momento de inercia en función de la masa y diámetro, finalmente se realizó la prueba t-test determinando el nivel de significación en el modelo de regresión simple y múltiple. Para el procesamiento y análisis de los datos se utilizó el software Microsoft Excel versión 2013 y Statgraphics versión 16.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados de la determinación de las características dimensionales.

En la Tabla 1 se muestran los resultados del análisis descriptivo realizado al diámetro de raquis, longitud y diámetro de los racimos. La media aritmética obtenida del

The arithmetic mean obtained from the rachis diameter for the 4 harvests mounted to 5,40 cm, with a standard deviation of $\pm 0,77$ cm and a coefficient of variation of 14,25%, hence it is inferred that the dispersion of the data is considered adequate since it does not exceed 15% variation with respect to the average. The simple variance analysis performed when comparing the four crops indicated that there are no significant differences between the rachis diameter averages, since the p-value is 0,6123 greater than 0,05, this further explains the homogeneity of this parameter in the harvests made.

diámetro de raquis para las 4 cosechas ascendió a 5,40 cm, con una desviación estándar de $\pm 0,77$ cm y un coeficiente de variación de 14,25%, de aquí se infiere que la dispersión de los datos se considera adecuada ya que no supera el 15% de variación con respecto a la media. El análisis de varianza simple realizado al comparar las cuatro cosechas indicó que no existen diferencias significativas entre las medias del diámetro del raquis, puesto que el p-valor es de 0,6123 mayor a 0,05, esto explica además la homogeneidad de este parámetro en las cosechas realizadas.

TABLE 1. Statistical parameters of the rachis diameter, length and diameter of the bunches

Statigraph	dr	Lr	Dr
Arithmetic mean, cm	5,40	63,96	33,67
Standard deviation, cm	0,77	14,92	2,69
Coefficient of variation, %	14,25	23,33	7,99

The arithmetic mean obtained in the diameter of the clusters for the 4 crops amounted to 33,67 cm, with a standard deviation of $\pm 2,69$ cm and a coefficient of variation of 7,99%, which allowed considering that the dispersion of data is adequate since it does not exceed 15% variation with respect to the average.

The analysis of simple variance performed when comparing the diameter of the four harvests, indicated that there are no statistically significant differences between the means of the cluster diameter, since the p-value is 0,2182 greater than 0,05. That explains, in addition, the homogeneity of this parameter in the harvests made.

The arithmetic mean obtained for the length of the clusters, in the 4 harvests, amounted to 63,96 cm, with a standard deviation of $\pm 14,92$ cm and a coefficient of variation of 23,33%, which indicates a slight dispersion because it exceeds the range of 15-20% variation with respect to the average. The comparison of the clusters length for the four crops by means of a simple analysis of variance indicated that there are statistically significant differences between the means of the length, since the p-value is 0,0157 less than 0,05 for a 95 % confidence. The application of a multi-range test showed that the length of the clusters in the fourth harvest differs from the first three as seen in Table 2. This variability may be given by the climatic conditions of the area, since the crop is produced in the dry land modality and approximately six months pass, before the harvest of the fruits is made. Consequently, the fruit formation is influenced by adverse climatic variations such as high temperatures and drought, causing irregular sizes of banana clusters, especially due to the low accumulated rainfall in April, the time when it is harvested.

La media aritmética obtenida en el diámetro de los racimos para las 4 cosechas ascendió a 33,67 cm, con una desviación estándar de $\pm 2,69$ cm y un coeficiente de variación de 7,99%, lo cual considera que la dispersión de los datos es adecuada ya que no supera el 15% de variación con respecto a la media.

El análisis de varianza simple realizado al comparar el diámetro de las cuatro cosechas realizadas, indicó que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias del diámetro del racimo, puesto que el p-valor es de 0,2182 mayor a 0,05, esto explica además la homogeneidad de este parámetro en las cosechas realizadas.

La media aritmética obtenida para la longitud de los racimos, en las 4 cosechas ascendió a 63,96 cm, con una desviación estándar de $\pm 14,92$ cm y un coeficiente de variación de 23,33%, lo que denota una ligera dispersión ya que supera el rango de 15-20% de variación con respecto a la media. La comparación de la longitud de los racimos para las cuatro cosechas mediante un análisis de varianza simple indicó que existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de la longitud, puesto que el p-valor es de 0,0157 menor a 0,05 para un 95% de confianza. La aplicación de una prueba de múltiples rangos muestra que la longitud de los racimos en la cuarta cosecha difiere de las tres primeras como se observa en la Tabla 2. Esta variabilidad puede estar dada por las condiciones climatológicas de la zona, ya que el cultivo es producido en modalidad de secano y antes de la cosecha de los frutos transcurren aproximadamente seis meses, estando influenciada la formación del fruto por las variantes climáticas adversas como las altas temperaturas y la sequía, provocando tamaños irregulares de los racimos de bananos especialmente por la baja en las precipitaciones acumuladas para cuando se cosecha en el mes de abril.

**TABLE 2. Test of multiple ranges for the length of the clusters.
TABLA 2. Prueba de múltiples rangos para la longitud de los racimos**

Length, cm	Nº. of measurements	Mean, cm	Homogeneous Groups
Length, 4	14	52,47	X

Length, cm	Nº. of measurements	Mean, cm	Homogeneous Groups
Length, 1	36	65,22	X
Length, 3	26	65,31	X
Length, 2	22	67,62	X

Results of the Determination of Inertial Properties

Table 3 shows the results of the descriptive analysis performed on the mass, the coordinates (X, Y) of the center of mass and moment of inertia of the clusters. The arithmetic average obtained in the mass of the clusters for the four crops amounted to 16,58 kg, with a standard deviation of $\pm 4,91$ kg and a coefficient of variation of 29,65%, which denotes a slight dispersion of the data since it exceeds 15-20% of variation with respect to the average.

The arithmetic mean obtained in the Xc coordinate of the center of mass for the fourth harvest amounted to 16,73 cm, with a standard deviation of $\pm 1,37$ cm and a coefficient of variation of 8,20%, therefore, it is considered that the dispersion of the data is adequate since it does not exceed 15% of variation with respect to the average.

The arithmetic mean obtained in the Yc coordinate of the center of mass for the fourth harvest amounted to 28,84 cm, with a standard deviation of $\pm 3,78$ cm and a coefficient of variation of 13,11%, therefore, it is considered that the dispersion of the data is adequate since it does not exceed 15% of variation with respect to the average.

Resultados de la determinación de las propiedades inerciales

La Tabla 3 muestra los resultados del análisis descriptivo realizado a la masa, a las coordenadas (Xc, Yc) del centro de masa y al momento de inercia de los racimos. La media aritmética obtenida en la masa de los racimos para las cuatro cosechas ascendió a 16,58 kg, con una desviación estándar de $\pm 4,91$ kg y un coeficiente de variación de 29,65%, lo que denota una ligera dispersión de los datos ya que supera el 15-20% de variación con respecto a la media.

La media aritmética obtenida en la coordenada Xc del centro de masa para la cuarta cosecha ascendió a 16,73 cm, con una desviación estándar de $\pm 1,37$ cm y un coeficiente de variación de 8,20%, por lo cual se considera que la dispersión de los datos es adecuada ya que no supera el 15% de variación con respecto a la media.

La media aritmética obtenida en la coordenada Yc del centro de masa para la cuarta cosecha ascendió a 28,84 cm, con una desviación estándar de $\pm 3,78$ cm y un coeficiente de variación de 13,11%, por lo cual se considera que la dispersión de los datos es adecuada ya que no supera el 15% de variación con respecto a la media.

TABLE 3. Statistical parameters of the mass, the coordinates (Xc, Yc) of the center of mass and moment of inertia of the bunches.
TABLA 3. Parámetros estadísticos de la masa, las coordenadas (Xc, Yc) del centro de masa y momento de inercia de los racimos

Statistic Parameter	Mr, kg	Xc, cm	Yc, cm	I _y , Kg m ²
Arithmetic mean	16,58	16,73	28,84	0,13
Standard deviation	4,91	1,37	3,78	0,11
Coefficient of variation, %	29,65	8,20	13,11	79,39

The arithmetic mean of the moment of inertia of the clusters obtained, for the fourth harvest amounted to 0,13 kg m² with a standard deviation of $\pm 0,11$ kg m² and a variation coefficient of 79,39%. That indicates a high dispersion of the data since it exceeds 15-20% variation with respect to the average, this was due to the adverse weather conditions mentioned above.

The simple variance analysis carried out when comparing the mass in the four crops indicated that there are statistically significant differences between the means of the clusters' masses, since the p-value is 0,000 less than 0,05, for a confidence level of 95%. The application of a multi-range test showed that the mass of the clusters in the fourth harvest differs from the first three as seen in Table 4, this is a product of the climatic variability mentioned above.

La media aritmética del momento de inercia de los racimos obtenida, para la cuarta cosecha ascendió a 0,13 kg m² con una desviación estándar de $\pm 0,11$ kg m² y un coeficiente de variación de 79,39%, lo que denota una alta dispersión de los datos ya que supera el 15-20% de variación con respecto a la media, esto fue debido a las condiciones climatológicas adversas mencionadas anteriormente.

El análisis de varianza simple realizado al comparar la masa en las cuatro cosechas indicó que existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de las masas de los racimos, puesto que el p-valor es de 0,000 menor a 0,05, para un nivel de confianza del 95%. La aplicación de una prueba de múltiples rangos muestra que la masa de los racimos en la cuarta cosecha difiere de las tres primeras como se observa en la Tabla 4, esto es producto de la variabilidad climática mencionada anteriormente.

TABLE 4. Test of multiple ranges for the mass of the bunches
 TABLA 4. Prueba de múltiples rangos de la masa de los racimos

Mass, kg	No. of measurements	Mean, cm	Homogeneous Groups
Mass 4	14	10,01	X
Mass 1	36	17,18	X
Mass 3	26	17,84	X
Mass 2	22	18,28	X

-Relation of the Moment of Inertia Depending on the Mass of the Clusters

The regression analysis showed that the Box-Cox Method performs the best adjustment of both variables, with a correlation coefficient of 93%, a determination coefficient (R²) with value of 86,65% greater than 75% and a standard error of 0,023 (Figure 6). These results indicate that there is a strong functional dependence between both variables. This method performs transformations in the primary data so that the quadratic error is guaranteed to be minimal, from the following linear equation.

$$I_y = 0,693286 + 0,0153322m_r \tag{5}$$

The following transformed equation is obtained:

$$I_y = 1 - \left[\frac{I_y^{-1,56}}{(0,56 \cdot 0,114316^{-1,56})} \right] \tag{6}$$

-Relación del momento de inercia en función de la masa de los racimos

El análisis de regresión mostró que el método de box – cox realiza el mejor ajuste de ambas variables, con un coeficiente de correlación de 93%, un coeficiente de determinación (R²) con un valor de 86,65% superior al 75% y un error estándar de 0,023, según se muestra en la Figura 6, todo lo cual indica que existe una dependencia funcional fuerte entre ambas variables. Este método realiza transformaciones en los datos primarios de manera que se garantiza que el error cuadrático sea mínimo, a partir de la siguiente ecuación lineal.

$$I_y = 0,693286 + 0,0153322m_r \tag{5}$$

Obteniéndose la siguiente ecuación transformada:

$$I_y = 1 - \left[\frac{I_y^{-1,56}}{(0,56 \cdot 0,114316^{-1,56})} \right] \tag{6}$$

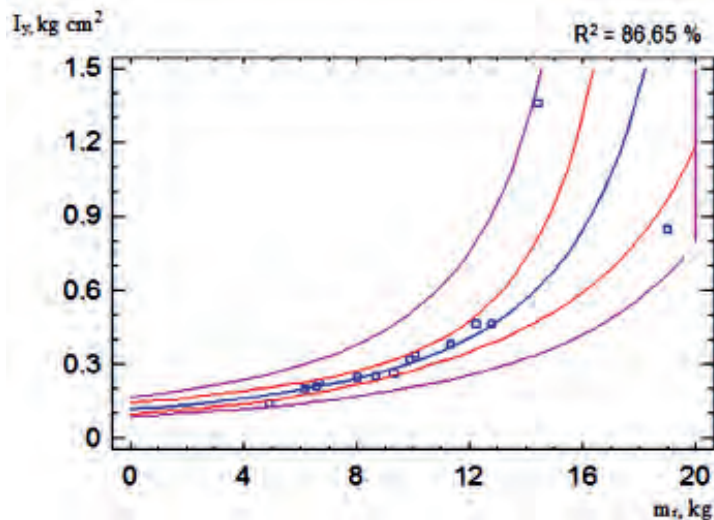


FIGURE 6. Model adjusted by the box-cox method, between the moment of inertia and the mass of banana clusters.
 FIGURA 6. Modelo ajustado por el método de box – cox, entre el momento de inercia y la masa de los racimos de bananos.

-Relation of the Moment of Inertia Depending on the Diameter of the Bunches

The regression analysis performed between the mentioned variables showed that the polynomial model makes the best fit, obtaining a correlation value of 1,37, standard error of 0,11 and

-Relación del momento de inercia en función del diámetro de los racimos

El análisis de regresión realizado entre las variables mencionadas arrojó que el modelo polinomial realiza el mejor ajuste, obteniéndose un valor de correlación de 1,37, error estándar de

an R^2 of 88,77%, as shown in Figure 7. In addition, a p-value of 0,012 less than 0,05 was obtained, which indicates that there is a strong functional dependence and a statistically significant relationship between the moment of inertia and the diameter of the clusters with a confidence level of 95 %, obtaining the following equation:

$$I_y = 2.6296 - 0.182062D_r + 0.00322811D_r^2 \quad (7)$$

0,11 y un R^2 de 88,77%, según se muestra en la Figura 7, además se obtuvo un p-valor de 0,012 menor a 0,05, todo lo cual indica que existe una dependencia funcional fuerte y una relación estadísticamente significativa entre el momento de inercia y el diámetro de los racimos con un nivel de confianza del 95%, obteniéndose la siguiente ecuación:

$$I_y = 2.6296 - 0.182062D_r + 0.00322811D_r^2 \quad (7)$$

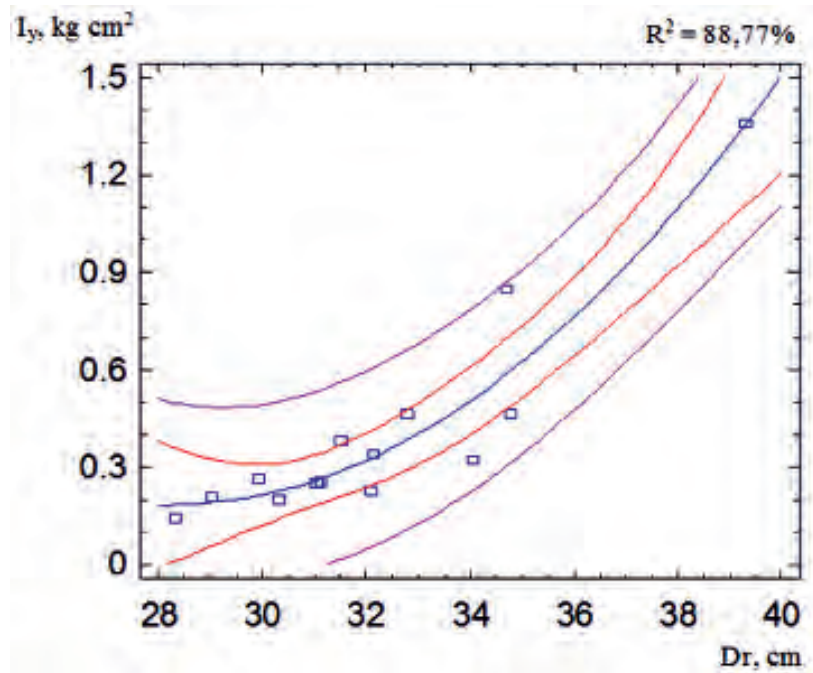


FIGURE 7. Polynomial model adjusted between the moment of inertia and the diameter of the banana bunches.
 FIGURA 7. Modelo polinomial ajustado entre el momento de inercia y el diámetro de los racimos de bananos.

CONCLUSIONS

- As a result of the investigation, the values of the physical-mechanical properties (dimensional and inertial) of the Cavendish variety of banana clusters were obtained. They are required as input data to the theoretical models that make it possible to design a cable transport system for clusters in the mountainous area at Trujillo State, in Venezuela. The main results were the following:
- Dimensional Characteristics
- The average diameter of the rachis for the four crops was 5,40 cm with a coefficient of variation of 14,25%, while the average diameter of the clusters for the four crops was 33,67 cm with a coefficient of variation of 7,99%, evidencing in both cases a low variability of the data obtained.
- Regarding the average length of the clusters for the four crops, the average value reached 63,6 cm with a coefficient of variation of 23,33%, showing a slight dispersion of the data obtained.
- Inertial Properties
- The average mass of the clusters for the four crops was 16,58 kg with a coefficient of variation of 29,65%, showing a slight

CONCLUSIONES

- Como resultado de la investigación fueron obtenidos los valores de las propiedades físico-mecánicas (dimensionales e inerciales) de los racimos de bananos variedad Cavendish, requeridos como datos de entrada a los modelos teóricos que posibilitan diseñar un sistema de transporte por cable vía de dichos racimos, para la zona montañosa del estado Trujillo de Venezuela. Los principales resultados fueron los siguientes:
- Características dimensionales:
- El diámetro promedio del raquis para las cuatro cosechas resultó de 5,40 cm con un coeficiente de variación de 14,25%, mientras que el diámetro promedio de los racimos para las cuatro cosechas resultó de 33,67 cm con un coeficiente de variación de 7,99%, evidenciándose en ambos casos una baja variabilidad de los datos obtenidos.
- Con relación a la longitud promedio de los racimos para las cuatro cosechas el valor promedio alcanzó 63,6 cm con un coeficiente de variación de 23,33%, evidenciando una ligera dispersión de los datos obtenidos.
- Propiedades inerciales:
- La masa promedio de los racimos para las cuatro cosechas resultó de 16,58 kg con un coeficiente de variación de 29,65%,

dispersion of the data obtained;

- The average values of the coordinates of the center of mass were $X_c = 16,73$ cm and $Y_c = 28,84$ cm, with coefficients of variation of 8,20% and 13,11%, respectively, hence, the dispersion of the data is considered adequate;
- The average moment of inertia obtained was $0,13$ kg m² and as a result of a regression analysis that related this property to the mass through the Box-Cox Method, an $R^2 = 86,65\%$ was obtained. Regarding the relationship of this property with the diameter of the clusters, the best fit model was the Polynomial with a value of $R^2 = 88,7\%$. That indicates, in both cases, a strong dependence between the related variables. These models can be used to predict the moment of inertia.

ACKNOWLEDGEMENT

To the Cuba-Venezuela agreement and the Territorial Polytechnic University of Trujillo in Venezuela to serve as headquarters for the delivery of the master's degree in Agricultural Machinery, which allowed the realization of this research in the area under study.

REFERENCES

- CIRO-VELÁSQUEZ, H. J.; MONTOYA-LÓPEZ, M. L.Y MILLÁN-CARDONA, L. DE J. Caracterización de propiedades mecánicas del banano (Cavendish Valery). Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín. 58 (2): 2975-2988, 2005, ISSN electrónico 2248-7026, ISSN impreso 0304-2847. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/24254>, [Consulta: 15 de febrero de 2019].
- FAO: Venezuela nota de análisis sectorial, Agricultura y Desarrollo Rural, [en línea], Inst. FAO, Roma, Italia, 2009, Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/012/ak170s/ak170s00.htm>, [Consulta: 5 de julio de 2017].
- IGVSB: Instituto Geográfico Venezolano Simón Bolívar, Cartografía Nacional, [en línea], Inst. Instituto Geográfico Venezolano Simón Bolívar, Caracas, Venezuela, 1999, Disponible en: <http://www.igvsb.gob.ve/>, [Consulta: 15 de julio de 2017].
- LESCOT, T.: "Sistemas de producción de bananos y plátanos en el mundo", [en línea], En: XX Reunião Internacional da Associação para a Cooperação Pesquisa e Desenvolvimento Integral das Musáceas (Bananas e Plátanos), Fortaleza, Brazil, 2013, Disponible en: http://www.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/AGRARIAS_7/AGROFORESTERIA/SISTEMAS.pdf, [Consulta: 8 de junio de 2017].
- MAGALHÃES, M.J.M. de; ABRAHÃO, R.F.; LEAL, P.A.M.: "Manual transportation within the plot and physical damages to bananas", Scientia Agricola, 61(1): 32-35, 2004, ISSN: 0103-9016.
- MARTÍNEZ, A.G.: "Situación nacional de las Musáceas", Producción Agropecuaria, 2(1): 31-44, 2009a.
- MARTÍNEZ, A.G.: "Situación nacional de las musáceas", [en línea], En: Primer Simposio Internacional de Plátano y Banano, Santa Bárbara de Zulia-Venezuela. Instituto nacional de investigaciones agrícolas INIA-CENIAP, Maracay, Venezuela, 2009b, Disponible en: <https://www.researchgate.net/application.AdditionalEmailInterstitial.html.loopbackUrl=%81>, [Consulta: 8 de junio de 2017].
- MARTÍNEZ, H.C.M.; BERMÚDEZ, C.T.C.: "Caracterización de algunas propiedades físico-mecánicas y químicas en el banano (Musa spp.)", Centro Agrícola, 43(3): 46-55, 2016, ISSN: 0253-5785.
- MARTÍNEZ, H.C.M.; MOLLINEDA, T.A.: "Estudio de algunas propiedades físico - mecánicas en el plátano burro (Musa ABB).", [en línea], En: AGROMEC 2003, La Habana, Cuba, 2003, Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/CarlosHernandez56/publication/272815985Estudio_de_algunas_propiedades_fisico-mecanicas_del_platano_Burro_Musa_ABB/links/54ef43b70cf25f74d721d2c2.pdf, [Consulta: 13 de febrero de 2019].
- MARTÍNEZ, R.A; QUEIROZ, D.M; GASKIN, E.B; Rodrigo, Z. Determinación de propiedades físico-mecánicas de los frutos de café (Coffea arábica variedad Catuai) relacionadas con la cosecha mecanizada. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 15 (3): 22-27, 2006, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.
- MILLÁN-CARDONA, L. DE J.; CIRO-VELÁSQUEZ, H. J.: Caracterización mecánica y físico-química del banano tipo exportación (CAVENDISH VALERY). Corporación Universitaria Lasallista, ISBN: 978-958-8406-14-5, 2012. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10567/136>; <http://repository.lasallista.edu.co/dspace/handle/10567/136>, [Consulta: 18 de febrero de 2019].

- evidenciando una ligera dispersión de los datos obtenidos;
- El valor promedio de las coordenadas del centro de masa resultó $X_c = 16,73$ cm y $Y_c = 28,84$ cm con coeficientes de variación de 8,20% y 13,11% respectivamente, por lo cual se considera que la dispersión de los datos es adecuada;
 - El momento de inercia promedio obtenido fue de $0,13$ kg m² y como resultado de un análisis de regresión que relacionó esta propiedad con la masa a través del método de Box-cox, se obtuvo un $R^2 = 86,65\%$. En cuanto a la relación de esta propiedad con el diámetro de los racimos, el modelo que mejor se ajustó fue el polinomial con un valor de $R^2 = 88,7\%$, indicando en ambos casos una fuerte dependencia entre las variables relacionadas, pudiendo estos modelos utilizarse para la predicción del momento de inercia.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al convenio Cuba-Venezuela y a la Universidad Politécnica Territorial del Estado de Trujillo en Venezuela, por servir de sede para la impartición de la Maestría en Maquinaria Agrícola, lo que posibilitó la realización de esta investigación en la zona objeto de estudio.

- PARRA, C.A.; HERNÁNDEZ, H.J.E.; CAMACHO, T.J.H.: “Estudio de algunas propiedades físicas y fisiológicas precosecha de la ciruela variedad Horvini”, *Rev. Bras. Frutic*, 29(3): 431-437, 2007, ISSN: 1806-9967.
- PARRA, C.A. I; HERNÁNDEZ, H.J.E.; CAMACHO, T.J.H.: “Estudio de algunas propiedades físicas y fisiológicas precosecha de la pera variedad Triunfo de Viena”, *Revista Brasileira de Fruticultura*, 28(1): 55-59, 2006, ISSN: 1806-9967.
- RAMÍREZ, C.C.; TAPIA, F.A.C.; CALVO, B.P.: “Ubicación geográfica y evaluación de la calidad de fruta de banano de altura que se produce en el cantón de Turrialba, Costa Rica”, *InterSedes: Revista de las Sedes Regionales*, 11(20), 2010, ISSN: 2215-2458.
- SOTO, M.: *Banano, técnicas de producción, manejo poscosecha y comercialización*, [en línea], Litografía e Imprenta LIL. 1 disco compacto, vol. Tercera Edición, San José, Costa Rica, 2008, Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000147&pid=S0304-2847200500020001200016&lng=en, [Consulta: 8 de junio de 2017].
- VALDÉS, H.P.A.; GONZÁLEZ, C.D.; MARTINEZ, R.A.: “Determinación experimental de propiedades físico-mecánicas de la caña de azúcar para su procesamiento en picadoras de forraje”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 17(2): 1-6, 2008, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.
- VALDÉS, H.P.A.; MARTÍNEZ, R.A.; PUENTE, A.R.; DÍAZ, B.E.; ALBÓNIGA, G.R.: “Influencia del ángulo de deslizamiento y la velocidad de la cuchilla sobre la energía específica durante el corte de tallos de caña de azúcar”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(1): 21-26, 2009, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.
- VALDÉS, H.P.A.; MARTÍNEZ, R.A.; SUÁREZ, H.J.; GÓMEZ, A.M.V.: “Modelo teórico de un sistema de transportación para racimos de bananos en laderas”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 27(3): 5-14, 2018, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.
- VALDÉS, H.P.A.; MARTÍNEZ, R.A.; VALENCIA, O.Y.; BRITO, D.E.: “Validación del modelo de cálculo de la potencia consumida por las picadoras de forraje del tipo de tambor con alimentación manual”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(2): 05-10, 2012, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.
- VELÁSQUEZ, H.J.C.; LÓPEZ, M.L.M.; CARDONA, L. de J.M.: “Caracterización de propiedades mecánicas del banano (Cavendish Valery)”, *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*, 58(2): 2975-2988, 2005, ISSN: 0304-2847, e-ISSN: 2248-7026.
- VELÁSQUEZ, H.J.C.; LÓPEZ, M.L.M.; CARDONA, L. de J.M.: “Caracterización mecánica y físico-química del banano tipo exportación (Cavendish Valery)”, En: *Desarrollo y Transversalidad serie Lasallista Investigación y Ciencia*, Ed. Corporación Universitaria Lasallista, 2012, ISBN: 958-8406-14-5.

Pedro A. Valdés Hernández, Profesor Titular, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, San José de Las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: pvaldes@unah.edu.cu

Jorge E. Suárez Hernández, Profesor: Universidad de Los Andes (ULA), Núcleo Universitario Rafael Rangel. Venezuela, e-mail: pvaldes@unah.edu.cu

Arturo Martínez Rodríguez, Profesor Titular, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, San José de Las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: arturo@unah.edu.cu

María V. Gómez Águila, Profesora, Universidad Autónoma de Chapingo, DIMA, Chapingo, Texcoco, México, e-mail: mvaguila@hotmail.com

Yolanda R. Jiménez Álvarez, Profesora, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, San José de Las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: yolanda@unah.edu.cu

The authors of this work declare no conflict of interests.

This item is under license Reconocimiento-NoComercial de Creative Commons 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

The mention of trademarks of specific equipment, instruments or materials is for identification purposes, there being no promotional commitment in relation to them, neither by the authors nor by the publisher.