

# Determinación de las características dimensionales y distribución de los cafetos variedad Caturra Rojo en condiciones de ladera

## *Determination of dimensional characteristics and distribution of Red Caturra variety coffee trees on slope conditions*

Dr.C. Benjamín Gabriel Gaskins Espinosa<sup>1</sup>, Dr.C. Idalberto Macías Socarrás<sup>1</sup>; Prof. Inv. Johann Mejías Brito<sup>II</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Granma, Facultad de Ciencias Técnicas, Departamento de Ingeniería Agrícola, Bayamo, Granma, Cuba.

<sup>II</sup>Instituto Tecnológico de Colima, Departamento de Mecatrónica, México.

**RESUMEN.** En Cuba se trabaja desde la década de los 80 en el estudio de la cosecha selectiva de café mediante vibraciones, para la cual es necesario conocer las características dimensionales de las plantas de cafetos, por lo que el presente trabajo tiene como objetivo determinar las características dimensionales y su distribución en el área experimental de la variedad Caturra Rojo; para lo cual se determinaron las dimensiones principales que caracterizan dicho cultivo y se hicieron análisis estadísticos de correlación y regresión para conocer la relación entre las características dimensionales, dispersión y distribución espacial; los resultados obtenidos permitirán caracterizar desde el punto de vista dimensional esta variedad de cafeto en condiciones de ladera, aspecto novedoso para este tipo de estudio.

**Palabras clave:** cosecha, vibraciones, laderas.

**ABSTRACT.** In Cuba you work from the 80s in the study of selective harvesting coffee by vibration, which is necessary to meet the dimensional characteristics of the plants of coffee, so this work is to determine the dimensional and its distribution in the experimental area of the Red Caturra variety, which were determined for the main dimensions that characterize this crop, and statistical analyzes were correlation and regression to determine the relationship between the dimensional, dispersion and spatial distribution results obtained will characterize from the point of view this variety of coffee dimensional in terms of slope, aspect new to this type of study.

**Keywords:** harvest, vibration, slopes.

## INTRODUCCIÓN

En el Centro de Mecanización Agropecuaria (CEMA) se trabajó en la década de los 80 en el estudio de las características dimensionales de los cafetos con vista a mecanizar la cosecha mediante vibraciones. Aspecto este que se vuelve a retomar en la actualidad por la importancia que representa el tema para Cuba

La determinación de los parámetros de diseño y operación de los equipos para el desprendimiento de frutas a partir de la aplicación de vibraciones a los arbustos o sus ramas, es una tarea compleja que no es posible abordar únicamente sobre su base experimental. Investigaciones realizadas en el CEMA a lo largo de más de 20 años, relacionadas con la determinación de características dimensionales y las propiedades físico-

mecánicas de los arbustos y sus frutos, en condiciones de las plantaciones de la provincia La Habana, permitieron constar con una base de datos primarios para posteriores estudios (Martínez *et al.*, 2006).

Los estudios realizados hasta el momento son representativos en condiciones de llano no así para las condiciones de la montaña, pues más del 70% del café en Cuba se cultiva en lugares montañoso y a diferentes alturas sobre el nivel del mar lo que influye en la calidad del grano. (Martínez *et al.*, 2004).

Por lo que el objetivo del trabajo es determinar las características dimensionales y su distribución en el área experimental de la variedad Caturra Rojo en una localidad montañosa de la provincia Granma.

## MÉTODOS

La investigación se realizó en la Cooperativa Cafetalera de San Isidro perteneciente al municipio montañoso de Guisa de la provincia Granma, ubicada a 300 msnm, la variedad objeto de estudio fue Caturra Roja, con un marco de siembra de 0,75 x 2,50 m y una edad de 4 años después de una poda total, bajo sombra (Algarroba, Varia y Cedro), en la cual se considera que el arbusto ha alcanzado su etapa adulta en producción y desarrollo morfológico.

Los arbustos para el muestreo fueron seleccionados con un diseño de completamente aleatorizado, evitando además el efecto de borde, dejando 5 hileras de cafetos por cada lado del campo.

Se realizó un pre experimento con 25 arbustos y las características dimensionales objeto de medición para los arbustos de café fueron las siguientes:

- Altura de la planta, h (m);
- Altura de la copa, hc (m);
- Diámetro transversal de la copa; dtc (m);
- Diámetro longitudinal de la copa, dlc (m);
- Diámetro del tronco, dt (m);
- Altura del diámetro máximo transversal de la copa; hdmtc (m);
- Altura del diámetro máximo longitudinal de la copa, hdmlc (m);
- Altura de las ramas más bajas, hb (m);
- Perímetro del tronco, pt (m);
- Longitud o altura de las ramas verticales, Lr (m);
- Número de ramas verticales (ortotrópicas), zv;
- Diámetro de ramas verticales en su base (ortotrópicas), drvb (m);
- Número de ramas horizontales (plagiótropicas), zh.

La Metodología utilizada para determinar las características dimensionales de los cafetos fue la propuesta por Martínez *et al.* (2006).

Los datos obtenidos del pre experimento fueron proce-

sados estadísticamente con el programa Statistica 6.0, para determinar los estadígrafos fundamentales, para posteriormente determinar el tamaño de la muestra con el programa SAMPLE 4.0, para un nivel de significación del 90% y un error de la mediana de 10; para nuestros análisis los valores que se tuvieron en cuenta fueron las medianas, por que la media en estos casos no representa claramente el valor promedio según González (1999). Además se realizaron análisis de correlación y regresión múltiple para determinar la dependencia entre las variables objeto de estudio.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La literatura encontrada sobre cosecha mecánica del café por vibración aplicada a la rama o al tallo, muestra que los estudios teóricos ha sido dirigidos a determinadas características optimas de vibración; es decir, frecuencia y amplitud de la fuerza aplicada, desplazamiento y aceleración en varios puntos a lo largo de la rama, punto de aplicación con referencia a la estructura del arbusto, dirección y tiempo de aplicación y tipos de vibración (Ciro *et al.*, 1997; Giro *et al.*, 1998).

Por lo que conocer la estructura del árbol o arbusto es de suma importancia para conocer la transmisibilidad de las vibraciones a lo largo de las ramas y los puntos óptimos donde se deben aplicar las vibraciones para lograr mayor selectividad (Ciro *et al.*, 2004).

La configuración del follaje de los cafetos es muy irregular y dependen en gran medida de la luz que reciben lo cual genera una dispersión de los valores alrededor de la mediana, aunque en todos los casos el error esta por debajo del 10% estimado en el experimento para un nivel de significación del 90% (Carvalho, 2003).

En la tabla siguiente se muestran los resultados de la investigación.

**TABLA 1. Valores experimentales de las características dimensionales de los arbustos de café Variedad Caturra**

Variabes	UM	Media	Mediana	Std. Dev	Error
Altura de la planta	m	2,238	2,221	0,227	0,068
Diámetro del tronco	m	0,49	0,47	0,035	0,001
Perímetro del tallo	m	0,165	0,154	0,023	0,006
Alto de la copa	m	1,964	1,944	0,237	0,0713
Diámetro longitudinal de la copa	m	1,167	1,130	0,181	0,0546
Diámetro transversal de la copa	m	1,490	1,405	0,288	0,0867
Altura de la rama más baja	m	0,268	0,286	0,692	0,0201
Longitud de la rama vertical 1	m	1942,24	1884	0,270	0,0812
Longitud de la rama vertical 2	m	1630,20	1780	0,635	0,1919
Altura del diámetro máximo long. de la copa	m	1427,97	1443	0,227	0,0683
Altura del diámetro máximo transversal de la copa	m	1432,09	1423	0,182	0,0549
Diámetro de la base de la rama vertical 1	m	0,0280	28,95	0,031	0,011
Diámetro de la base de la rama vertical 2	m	0,0256	27,0	0,067	0,020
Número de ramas verticales	U	2,26	2	0,066	0,002
Cantidad de ramas horizontales en la rama 1	U	48,42	46	7,19	0,021
Cantidad de ramas horizontales en la rama 1	U	43,54	44	10,39	0,31

En la Figura 1, se observa que existen puntos donde la altura de la planta es menor, esto se debe a que existían zonas como se muestra en la Tabla 1, la mediana de población de la altura de las plantas de café variedad Caturra Rojo fue de 2,221 m y tiene

una desviación de 0,227 m, este valor se debe a que existen plantas que la intensidad de la luz era mayor que las otras por lo que la altura depende en gran medida de la intensidad luminosa que reciben.

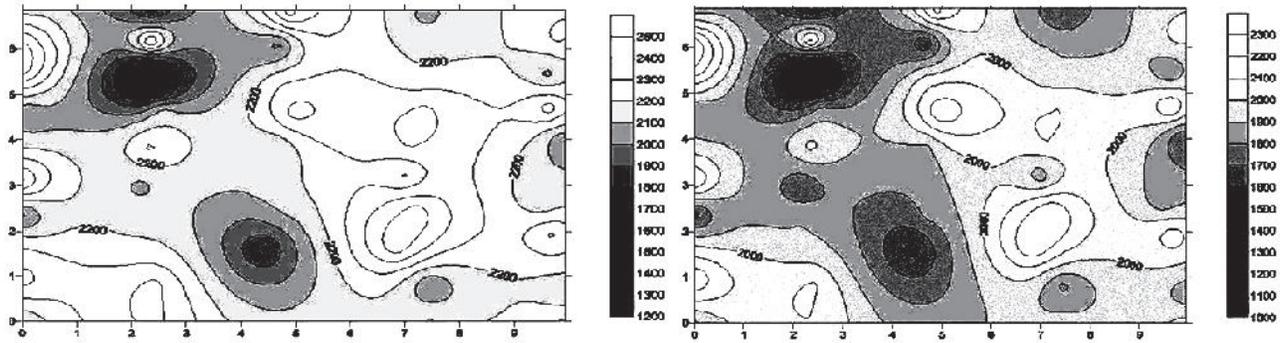


FIGURA 1. Comportamiento de la altura de la planta y de la copa en el área experimental.

En la Figura 1, se observa que existen puntos donde la altura de la planta es menor, esto se debe a que existían zonas donde la sombra no era la necesaria para este cultivo, aunque la distribución en el área experimental es bastante uniforme, estos resultado son similares a los obtenidos por Martínez *et al.* (1989), quien obtuvo 2,150 m de altura de la planta y desviación 0,219 m. Los análisis entre las variables teniendo como variable independiente la antes mencionada con respecto a las otras variables analizada podemos ver que el coeficiente de correlación es alto 0,98 entre esta y la altura de la copa y el coeficiente de regresión de  $R^2= 0.96$  por lo que podemos inferir que existe una relación lineal entre estas dos variables, no siendo así para las demás variable donde no se muestra ninguna relación (Figura 2); la altura de la copa, su mediana fue de 1,944 m y tiene una desviación de 0,237 m, esta variable depende en gran medida de la altura de la planta como se pudo apreciar anteriormente, analizando la altura de la copa, se observa que la distribución de esta propiedad en el área experimental es bastante uniforme, aunque existen zonas de menor altura, estos resultado son similares a los obtenidos por Martínez *et al.* (1989), que resultaron ser de 1,880 m de altura de la planta y desviación 0,215 mm.

Analizando el diámetro del tronco, la mediana fue de 0,0475 m y tiene una desviación de 0,036 m, al igual que la variable antes mencionada este valor se debe a que existen plantas que la intensidad de la luz era mayor que las otras por

lo que este depende en gran medida de la intensidad luminosa que reciben es decir que una planta que recibe mayor cantidad de luz tiene mayor diámetro del tronco que otra que recibe menos pues la planta tiende a crecer en busca de la luz.

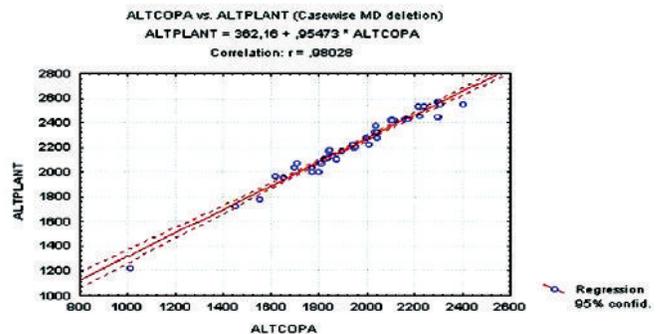


FIGURA 2. Análisis de correlación entre la altura de la planta y la altura de la copa.

En la Figura 3 se observa que la distribución de esta propiedad en el área experimental es bastante uniforme, y cuando realizamos un análisis de correlación entre las variable teniendo ésta como variable independiente con respecto a las otras variables analizadas podemos ver que el coeficiente de correlación es 0,68; los resultados obtenidos no difieren de los de Martínez *et al.* (1989), que fueron el diámetro de 0,054 y una desviación de 0,0443 m.

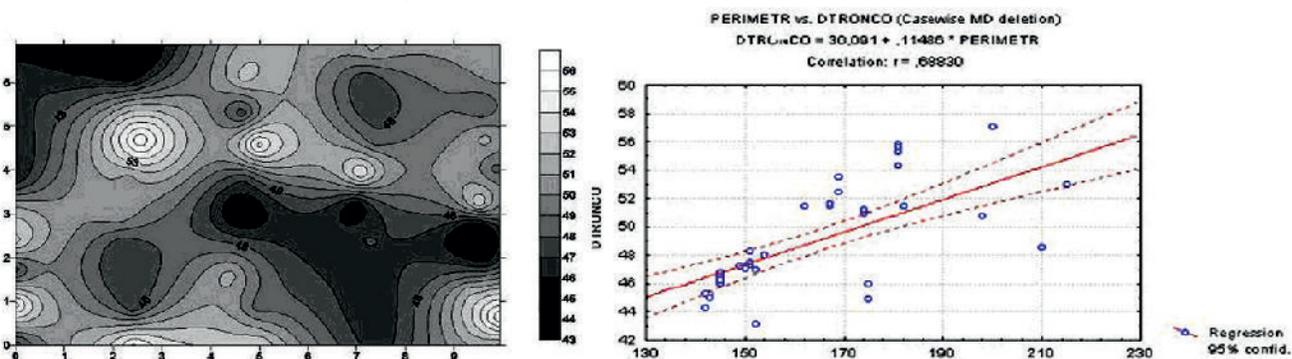


FIGURA 3. Comportamiento del diámetro del tronco y correlación entre el diámetro del tronco y el perímetro del tronco.

En la Figura 4 se observa el diámetro longitudinal de la copa, cuya mediana fue de 1,130 m, con una desviación de 0,182 mm, la distribución en el área experimental es uniforme, lo que permite el acceso a diferentes parte de la planta, los resultados obtenidos

difieren de los de Martínez *et al.* (1989), que resultaron ser de 1,50 m y desviación 0,167 m en menor medida esto se debe a las condiciones de producción y los obtenidos por el fueron en áreas experimentales.

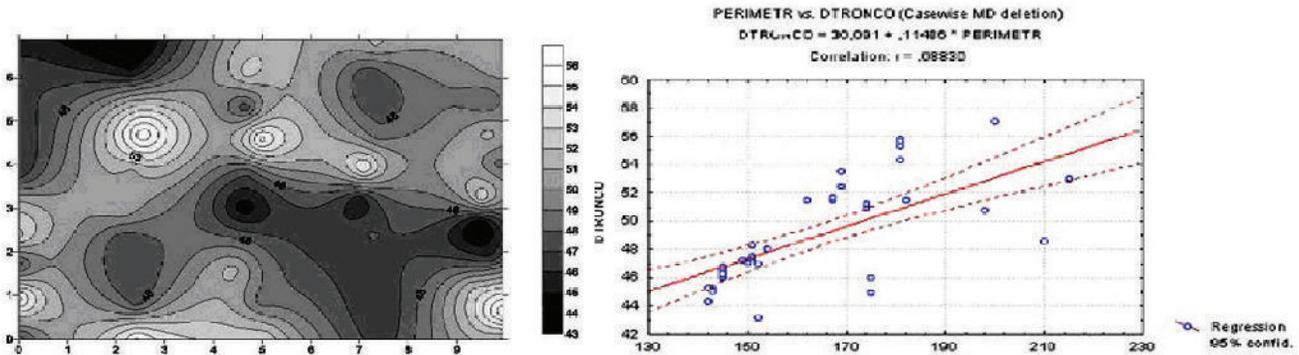


FIGURA 4. Comportamiento del diámetro diámetro longitudinal de la copa y correlación entre la altura de la planta y el diámetro longitudinal de la copa.

El coeficiente de correlación es bajo  $-0,30$  entre esta y la altura de la planta y el coeficiente de regresión de  $R^2 = 0,09$  por lo que podemos inferir que la relación es inversa es decir que a mayor diámetro longitudinal de la copa menor será la altura de planta, entre esta última y el diámetro del tronco el coeficiente de correlación es  $0,34$  y el coeficiente de regresión  $R^2 = 0,13$ ,

se puede inferir que existe una colinealidad muy baja entre esta dos variables y con el perímetro del tronco el coeficiente de correlación es  $0,39$  y el de regresión  $R^2 = 0,16$ , en todos los casos analizados anteriormente se puede ver que la variable diámetro longitudinal de la copa tiene una baja colinealidad con las otras analizadas. (Figura 5).

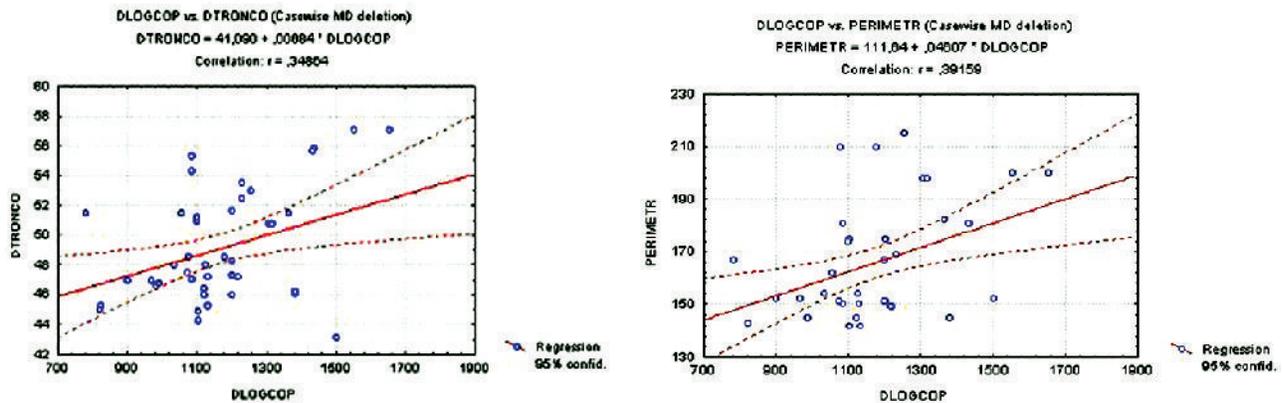


FIGURA 5. Análisis de correlación entre el diámetro longitudinal de la copa y diámetro del tronco y el perímetro del tronco.

El diámetro transversal de la copa la mediana fue de 1,405 m y tiene una desviación de 0,288 m, se puede decir que este resultado no dificulta la cosecha selectiva del café mediante vibraciones pues la distancia entre hilera de planta 2,50 m por lo que la calle sería de 1,095 m lo cual no dificultaría el paso entre las hileras, se observa que la distribución de esta propiedad en el área experimental es bastante uniforme, en los resultados obtenidos por Martínez *et al.* (1989), la mediana del diámetro

transversal de la copa fue 1,750 m y la desviación 0,165 m que no difieren en gran medida de los obtenidos independientemente que fueron evaluados en condiciones distintas. El coeficiente de correlación es bajo  $-0,43$  entre esta y la altura de la rama más baja 1 y el coeficiente de regresión de  $R^2 = 0,18$ , por lo que se puede decir que existe una relación inversa entre esta dos variables no siendo así para las demás variable donde no se muestra ninguna relación.

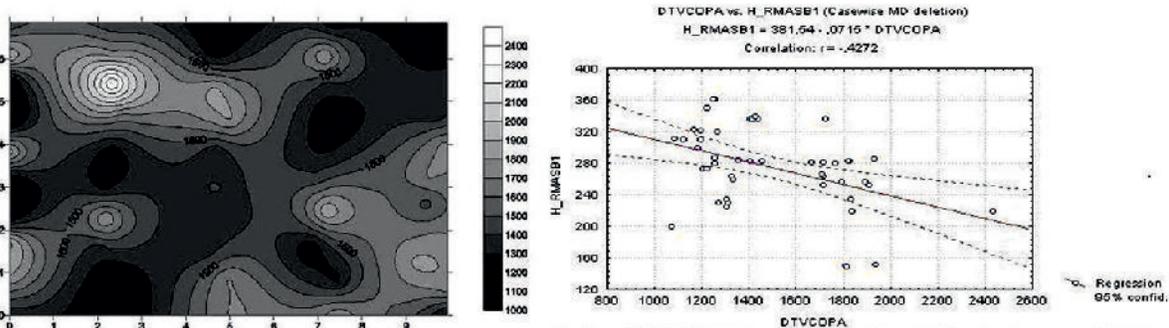


FIGURA 6. Comportamiento diámetro transversal de la copa y análisis de correlación con la altura de la rama más baja.

La altura de la rama más baja alcanzó una mediana de 0,282 m para una rama para la otra de 0,286 m y la desviación es 0,0502 y 0,066 m respectivamente, en esta investigación se puede decir que esta variable define el tipo de vibrador a utilizar, pues al ser la altura de la rama más baja menor de 0,40 m imposibilita la utilización de vibradores de tronco según Martínez *et al.* (1989); Aristizábal (1998); Aristizábal (1999); Aristizábal y Oliveros (2000), por lo que en este caso no se pueden utilizar vibradores de tronco; los resultados obtenidos difieren en gran medida de los obtenidos por Martínez *et al.* (1989), que resultaron ser de 0,545 m la mediana y la desviación 0,176 m. (Figura 7).

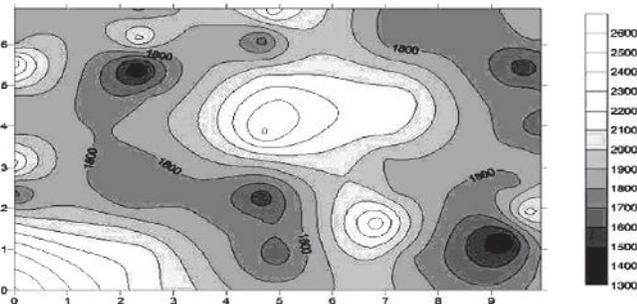


FIGURA 7. Comportamiento de la altura de la rama más baja.

En la Tabla 1, observamos que la altura del diámetro máximo longitudinal y transversal de la copa la mediana fue de 1,443 m y 1,423 m y, tienen una desviación de 0,227 y 0,182 m respectivamente, como se puede apreciar estas variables no dificultan la utilización de vibradores de ramas ya que la distancia entre hilera fue de 2,50 m por lo que la calle fue de 1,057 m y se pudo pasar sin dificultad por ella.

La cantidad de ramas horizontales (plagiótropicas) la mediana fueron de 46 y 44 y tienen desviación de 7,19 y 10,39 respectivamente, con respecto a los resultados obtenidos por Martínez *et al.* (1989), que fueron de 44,37 y la desviación de 7,96, por lo que se puede decir que no existen diferencias con respecto a una rama, y con la otra solo de 1,63 es decir que prácticamente no existe diferencia.

El número de ramas verticales (ortótropicas), la mediana resultó ser de 2 ramas por planta, y tiene una desviación de 0,66, con respecto a los resultados obtenidos por Martínez *et al.* (1989), que fue de 3 y la desviación de 0,867 por lo que se puede decir que la diferencia no es alta solo de una rama, y en la desviación típica de 0,207.

## CONCLUSIONES

- Se determinaron las características dimensionales de las plantas, obteniéndose los datos necesarios para el diseño y dimensionamiento de los órganos de trabajo para la cosecha mecanizada del café por vibración.
- El valor medio obtenido para la altura de la planta fue de 2,221 m permite considerar la posibilidad de acceso de los cosechadores, utilizando dispositivos de cosecha portátiles, a las diferentes zonas de la planta.
- El ancho medio de la calle disponible no impide el paso de medios portátiles auxiliares a emplear por los cosechadores.
- El valor medio obtenido para la altura de las ramas más bajas es 0,282 m indica la factibilidad para la colocación de dispositivos para la captura de frutos durante la caída.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARISTIZÁBAL, T.: *Estudio del efecto de la vibración del árbol de café en la selectividad de la cosecha*, Cenicafé, (Experimento ING - 0105, Informe anual), Colombia, 1998.
2. ARISTIZÁBAL, T.: "Cosecha mecánica del café mediante vibraciones multidireccionales", *Cenicafé*, 50(3): 173-182, 1999.
3. ARISTIZÁBAL, T. y C. OLIVEROS: "Cosecha mecánica de café aplicando vibraciones circulares al tallo del cafeto", *Cenicafé*, 51(1), 51(1): 2000.
4. CARVALHO, J. C.: Influência de Sistemas de Colheita na Qualidade do Café Cereja/Verde, Bóia e Mistura, In: **Anais do III Simpósio de Pesquisa dos cafés do Brasil**, Embrapa Café Brasília(DF): 175, 2003.
5. CIRO, H.; M. ALVAREZ y A. OLIVEROS: *Estudio dinámico de la rama del café para el desarrollo de la cosecha mecánica por vibración*, (98), Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Colombia, 1997.
6. CIRO, H.; M. ALVAREZ y A. OLIVEROS: "Respuesta dinámica de la rama del cafeto a la aplicación de vibraciones unidireccionales", *Cenicafé*, 49(2): 151-161, 1998.
7. CIRO, H. J.; M. F. ALVAREZ y T. C. OLIVEROS: "Estudio experimental de la dinámica de las vibraciones longitudinales y transversales aplicadas a las ramas de café", *Revista de la Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 51(2): 63-90, 2004.
8. GONZÁLEZ, R.: "Nuevas formas estadísticas para comparaciones múltiples de medias de datos no obtenidos de diseño", *INMA*, 3(1): 30-32, 1999.
9. MARTÍNEZ, A.; A. MORALES; A. GÓMEZ y H. ALOYSIUS: "Determinación de los parámetros de un órgano de trabajo para la cosecha mecanizada de café por vibración", *Revistas de Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 2(3): 27-49, 1989.
10. MARTÍNEZ, R., A.; D. MARÇAL DE QUEIROZ; B. GASKIN ESPINOSA y R. ZANDONADI: Determinación de propiedades físico-mecánicas de los frutos de café (coffea arábica variedad Catuai) relacionadas con la cosecha mecanizada, En: **II Conferencia de Ingeniería Agrícola de la Habana Agring'2006**: La Habana, Cuba, 2006.
11. MARTÍNEZ, R., A.; B. GASKIN y O. LLANES: "Pronóstico para la Cosecha Selectiva del Café por Vibración", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 13(2): 1-4, 2004.

Recibido: 18 de octubre 2012.

Aprobado: 14 de junio de 2013.

Benjamin Gabriel Gaskins Espinosa, Universidad de Granma, Facultad de Ciencias Técnicas, Departamento de Ingeniería Agrícola, Bayamo, Granma, Cuba, Correo electrónico: bgaskine@udg.co.cu