

## Modelo Teórico de un Sistema de Transportación para Racimos de Bananos en Laderas

### Theoretical Model of a Transportation System for Banana Bunches (Clusters) in Hillsides



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

Dr.C. Pedro A. Valdés-Hernández<sup>✉</sup>, Dr.Cs. Arturo Martínez-Rodríguez<sup>I</sup>, M.Sc. Jorge Suárez-Hernández<sup>II</sup>,  
M.Sc. María Victoria Gómez-Águila<sup>III</sup>

<sup>I</sup>Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Departamento de Ingeniería, Autopista Nacional

<sup>II</sup>Universidad de Los Andes (ULA). Núcleo Universitario Rafael Rangel. Pampanito Estado Trujillo–Venezuela.

<sup>III</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola, Texcoco, México.

**RESUMEN.** El presente trabajo se propone como objetivo determinar los parámetros de diseño requeridos para un sistema de transportación de racimos de bananos en zonas montañosas. Se elaboró un modelo teórico con la aplicación de los métodos de la mecánica clásica que permite racionalizar el diseño de los sistemas de transporte de racimos de bananos cosechados en laderas utilizando cables-vía. El modelo posibilita seleccionar, atendiendo a los requerimientos de productividad, la velocidad de transportación y la distancia entre racimos a lo largo del cable vía que garantizan la no interferencia física entre los racimos, partiendo del conocimiento del ángulo de la pendiente y de las propiedades físico mecánicas de los racimos de bananos objeto de transportación. Sobre la base de las relaciones funcionales obtenidas producto de la modelación, se elaboró un software que facilita la obtención de gráficos y tablas útiles para la selección de los parámetros de diseño del sistema de transportación. Los datos de entrada al software para la evaluación del modelo, fueron determinados en una zona bananera del estado de Trujillo, Venezuela, caracterizada por la producción de bananos en laderas de montañas.

**Palabras clave:** centro de masa, distancia mínima, propiedades físico mecánicas.

**ABSTRACT.** The objective of this paper is to determine the design parameters required for a system of transportation of banana clusters in mountainous areas. A theoretical model was elaborated with the application of the classical mechanics methods that allows rationalizing the design of the transport systems of banana bunches harvested on slopes using cableways. The model makes it possible to select, taking into account the productivity requirements, the speed of transport and the distance between clusters along the cable via, which guarantee the non-physical interference between the clusters, starting from the knowledge of the angle of the slope and the physical properties of bunches of bananas transported. Based on the functional relationships obtained from modeling, a software was developed that facilitates the obtaining of graphs and tables useful for the selection of the design parameters of the transportation system. The input data to the software for the model evaluation were determined in a banana zone in the state of Trujillo, Venezuela, characterized by the production of bananas on mountain slopes.

**Keywords:** mass center, minimum distance, physical-mechanical properties.

✉ Autor para correspondencia: Pedro A. Valdés-Hernández. E-mail: [pvaldes@unah.edu.cu](mailto:pvaldes@unah.edu.cu)

Recibido: 27/06/2017

Aceptado: 11/06/2018

## INTRODUCCIÓN

El plátano (*Musa paradisiaca*) y el banano (*Musa cavendish*) comúnmente llamados banana, cambur, plátano, topocho o guineo; son nativos de las zonas tropicales del sureste asiático (Nava, 1997; Sena-Reino Unido, 2004). El banano es una fruta tropical de amplia demanda internacional tanto para su consumo fresco, como para su empleo en la elaboración de múltiples platos de la cocina tradicional. En el 2012 el volumen de exportación global del banano alcanzó un récord de 16,5 millones de t, 1,1 millones de t por encima (7,3%) del valor alcanzado en 2011 (FAO, 2014).

Los mayores exportadores de banano o plátano en volúmenes son Ecuador, Filipinas, Guatemala, Costa Rica, Colombia y Honduras. En el 2012 Ecuador aportó el 26,6% (5 205 353 toneladas) de todo el banano exportado del mundo, seguido por Filipinas con el 13,5% y Guatemala con el 10,4%. Colombia y Costa Rica ocupan habitualmente el cuarto y quinto puesto. Los principales productores de banano del mundo son India, China, Filipinas, Ecuador y Brasil. Sólo India, en el 2012, produjo 24,8 millones t de banano. En segundo lugar se encuentra China, que realizó una producción de 10,5 millones t. En tercer lugar se ubica Filipinas con 9,2 millones y cuarto Ecuador con 7 millones t. Brasil ya registra una producción de 6,9 millones t por lo que ocupa el quinto lugar (Vinicio, 2007).

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 semipermanentes como caña de azúcar, banano, plátano y yuca (FAO, 2009).

El cultivo de plátanos y bananos en Venezuela representa 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). 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 corresponde a monocultivos con fines de exportación, ubicándose en la planicie aluvial del río Motatán, representando el 15,75% de la producción según cifras del Censo Agrícola. El 84,25% corresponde a la zona media y alta del estado donde por tradición existe la producción agroecológica de bananos, generalmente asociada con el rubro café y cítricos. Los principales municipios productores son Monte Carmelo, Boconó, Trujillo, Escuque y San Rafael de Carvajal.

Ramírez Céspedes *et al.* (2010) y Lescot (2013), señalan que el banano de zona alta presenta características idóneas de calidad para la comercialización, pero con la condición de escaso manejo agronómico ya que durante el traslado durante su cosecha, se produce una afectación en la calidad estética de la fruta no siendo la más adecuada (Orro *et al.*, 2003).

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 en 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. Según Magalhães *et al.* (2004) el acarreo de los racimos de bananos desde el cultivo hasta el punto donde se prepara para su transportación a los mercados, se hace normalmente en ascenso de forma manual (al hombro) y en animales (mulas y asnos), además plantea que 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 empacadoras o embarque. Según Soto (2008) el sistema cable vía (transporte por cable aéreo), es tan importante como el sistema de riego y drenaje de la plantación, pues de él depende el transporte y la calidad de la fruta, siendo este método la forma más eficiente y económica de transporte de frutas en plantaciones bananeras.

En el mundo se han desarrollado y construido diferentes tecnologías de transporte por cable vía: monorriel y vagón, entre otros, cuyo diseño depende del tipo de producto a transportar (flores, bananos, palma, cítricos), de las condiciones topográficas, del tamaño del cultivo, de los tiempos y movimientos, de los sistemas de drenaje principal y secundarios, de los caminos y vías existentes, así como de la experiencia y requerimientos del cultivo o producto. Empresas como Analpes LTDA, Prezi, entre otras, han sido pioneras en el desarrollo de estas tecnologías (Patiño-Valencia *et al.*, 1994; Orozco-Santos *et al.*, 2008; Fontanilla y Castiblanco, 2009).

Una gran parte de los desarrollos en cuanto a tecnología de campo y postcosecha del banano son producidos por las grandes compañías bananeras y en consecuencia casi nunca se publican resultados (Vinicio, 2004). En Venezuela, precisamente los pequeños productores de las zonas medias y altas no tienen a su alcance tecnologías para el manejo de la cosecha y postcosecha del banano. Lo anterior significa que mediante el diseño apropiado de un sistema cable

vía se puede evitar el deterioro del producto antes de que llegue al punto de transportación y mejorar la eficiencia en las operaciones de cosecha, pero según las investigaciones relacionadas con los sistemas de transporte, no han sido realizadas bajo fundamentos y debido sustento científico, tomando diferentes parámetros de diseño sin el adecuado criterio de selección de parámetros tales como: la velocidad, la distancia entre racimos, la cantidad de racimos, entre otros, así como también considerando las propiedades físico mecánicas del producto a transportar (racimos, bananos, plátanos, etc.).

Tomando en cuenta estos aspectos se plantea como objetivo determinar los parámetros de diseño de un sistema para la transportación de racimos de bananos (*Musa Cavendish L.*) en laderas, a través del modelo teórico elaborado, para su aplicación en zonas montañosas del estado Trujillo, Venezuela, con vista a establecer las bases para su diseño y construcción y así facilitar las condiciones de manejo, manteniendo la calidad de los frutos cosechados.

## 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. Se determinaron previamente de forma experimental las propiedades físico-mecánicas de los racimos de bananos según Suarez *et al.*, 2014), requeridas como datos de entrada al modelo teórico elaborado. 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 obtuvo una muestra de 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 m.s.n.m 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).

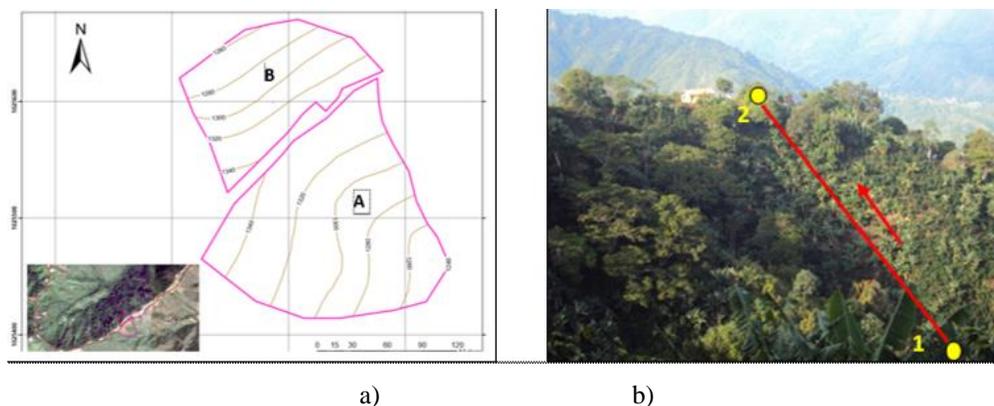


FIGURA 1. a) Levantamiento topográfico, b) Distribución del cultivo en la finca.

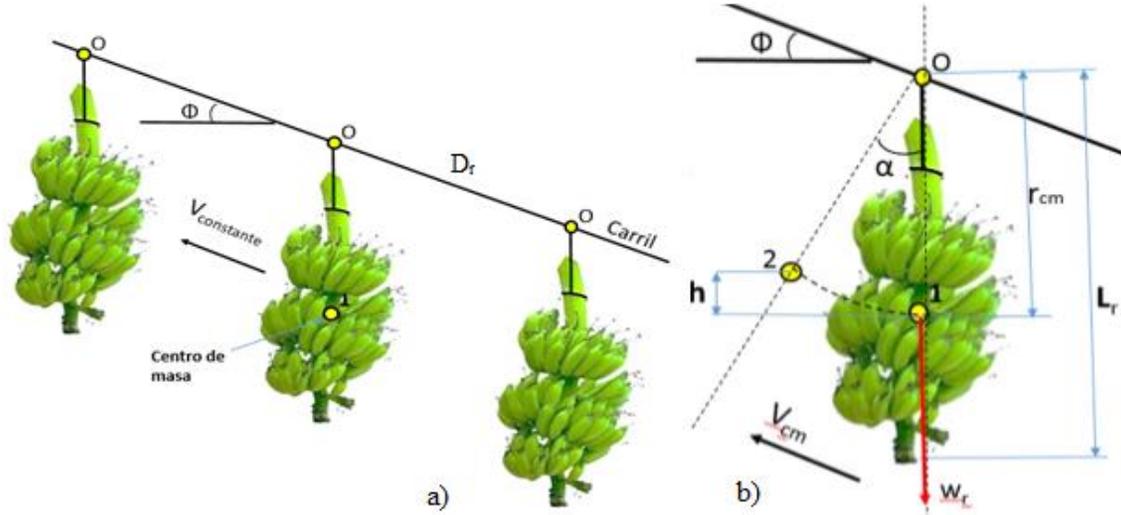
En éste trabajo se aplica el método de investigación teórico-experimental ya que a partir del modelo elaborado para el sistema de transporte de racimos de bananos en condiciones de montaña, se determinan, aplicando los métodos de la mecánica clásica (Sears *et al.*, 2005; Beer *et al.*, 2007; Young y Freedman, 2009), las interrelaciones entre los parámetros constructivos y de explotación de dicho sistema y las propiedades físico-mecánicas de los racimos de bananos a transportar, lo que constituye la herramienta para la determinación de los parámetros de diseño del sistema. Asimismo las evaluaciones numéricas de los modelos obtenidos, se realizan con la ayuda del programa RACIMOB, elaborado a los efectos en ambiente Mathcad 2000 Professional.

### Fundamentación de los modelos para la determinación de la distancia mínima entre los racimos de bananos ( $D_r$ ) en el sistema de transportación en condiciones de montaña

En la Figura 2a se muestra un esquema del sistema de transportación de los racimos mediante cable vía, donde los racimos son transportados con un ángulo de inclinación constante y con una velocidad también constante, representada por la velocidad  $V_{cm}$  del centro de masa del racimo.

En la Figura 2b se presenta el racimo en dos posiciones, inicial (1) y final (2), después de haber sufrido una acción de frenado brusco del sistema de transportación, considerándose ésta la condición más peligrosa desde el punto de

vista del posible choque entre los racimos, lo cual pudiera ir en detrimento de la calidad del producto. Bajo este supuesto se procede a calcular la distancia mínima entre racimos que evite el contacto entre éstos.



**FIGURA 2.** a) Esquema general del sistema de transporte, b) Representación del movimiento de rotación del racimo con respecto al punto de pivote “o”.

Inicialmente el racimo se desplaza con un movimiento de traslación a una velocidad constante  $V_{cm}$ . Cuando el cable vía, que presenta un ángulo de inclinación  $\phi$  con respecto a la horizontal, se detiene bruscamente producto de una acción de frenado, se producirá la rotación del racimo con respecto al punto de pivote “o” (Figura 2b). Este proceso estará gobernado por la ley del cambio del momento angular (Young y Freedman, 2009):

$$\sum T \cdot \Delta t = L_1 - L_0 \quad (1)$$

**donde:**

$\sum T$  es el torque resultante de las fuerzas externas respecto al punto de pivote “o”;

$\Delta t$  es el tiempo de duración del proceso de frenado;

$L_0$  es el momento angular del racimo un instante antes de aplicar el frenado;

$L_1$  es el momento angular del racimo un instante después del frenado.

El término  $\sum T \cdot \Delta t$  puede ser despreciado, ya que de un lado, el par de fricción en el punto de pivote puede considerarse muy pequeño, mientras que por otro lado, el proceso de frenado se asume brusco, por lo que su aplicación es instantánea. Bajo estas condiciones es posible plantear el principio de conservación del momento angular entre los instantes de tiempo inmediatamente antes y después del frenado:

$$L_1 = L_0 \quad (2)$$

$L_0$  y  $L_1$  están dados por:

$$L_0 = m_{rb} \cdot V_{cm} \cdot r_{cm} \cdot \cos \phi \quad (3)$$

$$L_1 = I_o \cdot \omega_1 \quad (4)$$

**donde:**

$m_{rb}$  - masa del racimo de bananos, kg;

$I_o$  - momento de inercia del racimo de bananos con relación al punto de pivote,  $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ ;

$V_{cm}$  - velocidad de traslación del centro de masa de los racimos de bananos (Figura 3a) un instante antes del frenado, m/s;

$\omega_1$  - velocidad angular de los racimos de bananos en la posición (1) un instante después del frenado, rad/s;

$\phi$  - ángulo de la pendiente del cable vía, rad;

$r_{cm}$  - radio del centro de masa de los racimos de bananos con respecto al punto “o”, m.

Resolviendo el sistema de ecuaciones (2), (3) y (4) es posible determinar la velocidad angular del racimo cuando inicia el movimiento oscilatorio entre las posiciones (1) y (2):

$$\omega_1 = \frac{m_{rb}}{I_o} \cdot V_{cm} \cdot r_{cm} \cdot \cos \phi \quad (5)$$

Para determinar la altura máxima de elevación del centro de masa del racimo ( $h_2$ ) se aplica el principio de conservación de la energía mecánica total (Beer et al., 2007), del racimo de banano entre las posiciones (1) y (2), para lo cual es preciso despreciar las fuerzas disipativas que pudieran generarse en el punto “o” de pivote y debido a la resistencia del aire:

$$E_{m1} = E_{m2} \quad (6)$$

Considerando el nivel de energía potencial cero en la posición (1) del centro de masa del racimo, que corresponde a un instante inmediatamente posterior a la aplicación del frenado, entonces la energía mecánica total en esta posición ( $E_{m1}$ ) puede ser expresada como:

$$E_{m1} = \frac{I_o \cdot \omega_1^2}{2} \quad (7)$$

En la posición (2), correspondiente al momento en que el racimo se detiene, alcanzando una posición extrema durante su movimiento oscilatorio (Figura 2b), la energía mecánica total ( $E_{m2}$ ) estará dada por:

$$E_{m2} = m_{rb} \cdot g \cdot h_2 \quad (8)$$

**donde:**

g- aceleración de la gravedad, 9,8 m/s<sup>2</sup>;

$h_2$ - altura alcanzada por el centro de masa de los racimos de bananos por el efecto de la parada brusca del sistema de transportación, m.

Resolviendo el sistema de ecuaciones (5) (6) (7) y (8), se obtiene la altura máxima ( $h_2$ ) que se desplaza el centro de masa de los racimos de bananos producto de la parada brusca del sistema de transportación:

$$h_2 = \frac{m_{rb} \cdot (V_{cm})^2 \cdot (r_{cm})^2 \cdot (\cos^2 \phi)}{2 \cdot g \cdot I_o}, \text{ m} \quad (9)$$

Finalmente se determinan, según las Figuras 2b y 3b, otros parámetros de interés, tales como: el ángulo máximo de rotación de los racimos de bananos ( $\alpha$ ) con respecto a su posición inicial (1); el desplazamiento máximo horizontal del centro de masa (b); la distancia mínima horizontal ( $D_{mh}$ ) y la mínima entre racimos ( $D_r$ ) a lo largo del cable vía, con un margen de seguridad para evitar que se produzcan golpes entre dos racimos contiguos, equivalente a dos veces el radio de los racimos (r):

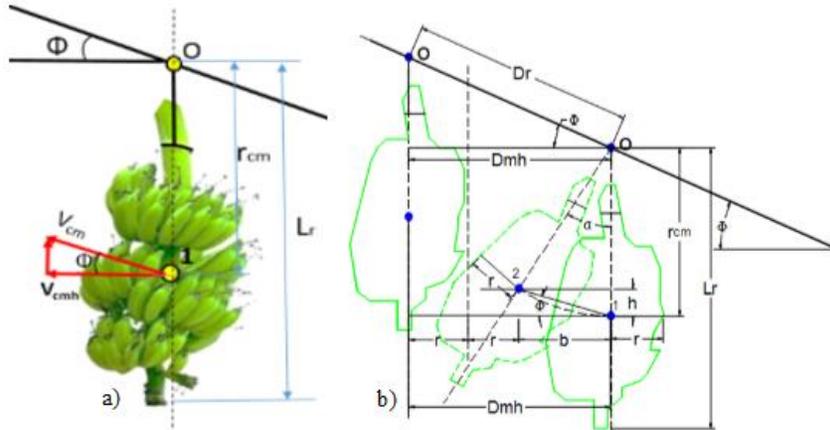
$$\alpha = \cos^{-1} \left( \frac{r_{cm} - h_2}{r_{cm}} \right), \text{ rad} \quad (10)$$

$$b = \tan \alpha (r_{cm} - h_2), \text{ m} \quad (11)$$

$$D_{mh} = b + 2r, \text{ m} \quad (12)$$

$$D_r = \frac{D_{mh}}{\cos \phi}, \text{ m} \quad (13)$$

El sistema de ecuaciones es programado en Mathcad 2000 Professional, con vistas a facilitar los cálculos, dando lugar al programa RACIMOB.



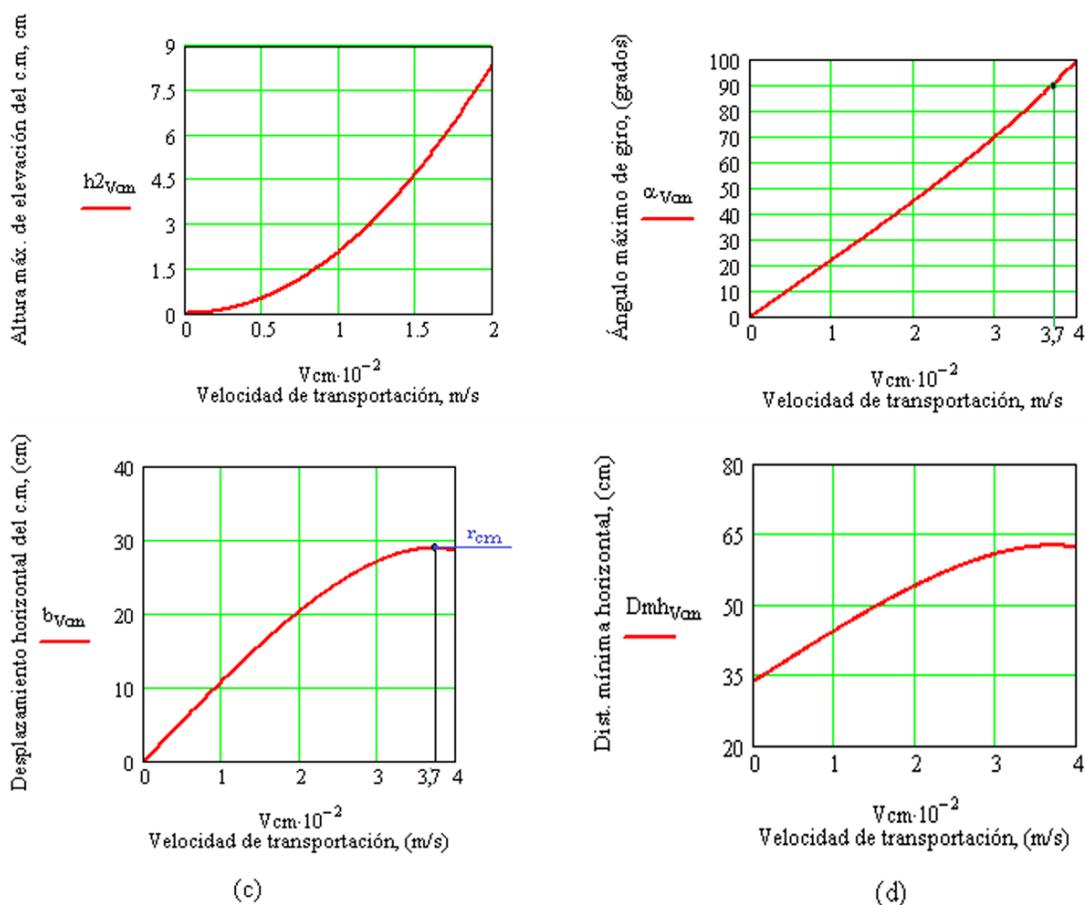
**FIGURA 3.** a) Velocidad del centro de masa del racimo antes del frenado; b) Esquema para la determinación de la distancia mínima entre racimos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con vistas a valorar las relaciones existentes entre los diferentes parámetros que intervienen en el funcionamiento del sistema de transportación, se efectuó la evaluación de las expresiones que relacionan la velocidad angular del racimo, su desplazamiento posterior al frenado y la distancia mínima necesaria para ubicar los racimos ( $D_r$ ) en el cable vía, en función de la velocidad de traslación del centro de masa de los racimos de bananos, con la ayuda del programa RACIMOB. La evaluación del programa permitió, asimismo, obtener los valores de dicha distancia para las condiciones concretas de un campo cosechado, introduciendo como datos de entrada al programa los valores promedio de parámetros obtenidos para una muestra de racimos estudiados previamente por [Suarez et al. \(2014\)](#) y otros parámetros que caracterizan el campo, tales como: radio promedio del centro de masa  $r_{cm}= 0,28$  m; ángulo de la pendiente  $\phi= 24^\circ$ ; radio del racimo  $r = 0,168$  m; masa de los racimos  $m_{rb} = 10,01$  kg; momento de inercia de los racimos respecto al punto de pivote  $I_o = 1,678$   $\text{kgm}^2$ . y la velocidad del sistema de transporte de 1 m/s, según [Patño et al.\(1994\)](#).

### Influencia de la velocidad de transportación de los racimos de bananos sobre la distancia mínima entre racimos

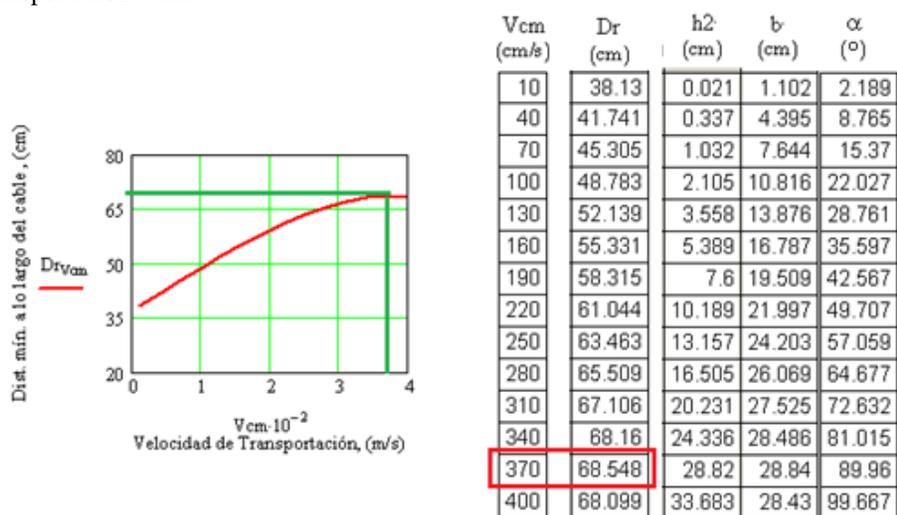
En la [Figura 4](#) se muestra la dependencia de la altura máxima ( $h_2$ ), el desplazamiento horizontal del centro de masa ( $b$ ), la distancia mínima horizontal de colocación de los racimos en el cable vía y el ángulo de giro máximo ( $\alpha$ ) del racimo en función de la velocidad  $V_{cm}$  de transportación.



**FIGURA 4.** Parámetros que caracterizan la posición extrema del racimo después del frenado, en función de la velocidad de transportación.

En las [Figuras 4a y 4c](#) se aprecia que los componentes del desplazamiento del centro de masa del racimo, tanto en la dirección la vertical ( $h_2$ ), como según la horizontal ( $b$ ) se incrementan con la velocidad de transportación, aunque la componente horizontal presenta un valor máximo que se corresponde con el radio del centro de masa del racimo ( $r_{cm}$ ) con respecto al punto de pivote "o". Asimismo se aprecia que este valor máximo se alcanza para una velocidad de transportación  $V_{cm}=3,7$  m/s. De acuerdo a la [Figura 4b](#), se evidencia que para este valor de velocidad, el ángulo de giro del racimo alcanza los  $90^\circ$ , asumiendo una posición horizontal, que se corresponde con el máximo desplazamiento lateral u horizontal del centro de masa del racimo.

En la [Figura 5](#) se muestra la distancia de colocación de los racimos ( $D_r$ ) a lo largo del cable vía en función de la velocidad de transportación  $V_{cm}$ .



**FIGURA 5.** Distancia de colocación de los racimos a lo largo del cable vía en función de la velocidad de transportación.

De la figura puede determinarse la distancia de colocación ( $D_r$ ) en función de la velocidad de transportación, obtenida de la ecuación (13), como parte del programa RACIMOB. Puede apreciarse, por ejemplo, que para una velocidad de transportación de 1 m/s (100 cm/s), la distancia entre racimos debe ajustarse a 48,78 cm, así como que para una velocidad de 3,7 m/s se obtiene la distancia máxima entre racimos, correspondiente a 68,55 cm. Para velocidades superiores a 3,7, sobre la base del juego de datos introducidos al programa, no tiene sentido aumentar la distancia entre racimos, pues ya habrán pasado por la posición horizontal, que corresponde al mayor alcance horizontal del racimo.

En la [Figura 5](#) se muestra asimismo la tabulación del resto de los parámetros, obtenidos como salida del programa RACIMOB. Es de interés observar que cuando el racimo alcanza un ángulo  $\alpha$  de 90°, se produce la coincidencia de los valores de  $h_2$  y  $b$ , como era de esperar.

### CONCLUSIONES

- Se elaboró un modelo teórico con la aplicación de los métodos de la mecánica clásica que permite racionalizar el diseño de los sistemas de transporte de racimos de bananos cosechados en laderas utilizando cables-vía. El modelo posibilita seleccionar, atendiendo a los requerimientos de productividad, la velocidad de transportación y la distancia entre racimos a lo largo del cable vía que garantizan la no interferencia física entre los racimos, partiendo del conocimiento del ángulo de la pendiente y de las propiedades físico mecánicas de los racimos de bananos objeto de transportación;
- Se elaboró, sobre la base de las relaciones funcionales obtenidas producto de la modelación, un software que facilita la obtención de gráficos y tablas útiles para la selección de los parámetros de diseño del sistema de transportación.

### AGRADECIMIENTOS

Al convenio Cuba–Venezuela y la Universidad Politécnica Territorial 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.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEER, F.P.; JOHNSTON, E.R.; EISENBERG, E.R.; CLAUSEN, W.E.: *Mecánica vectorial para ingenieros*, no. ser. 968–422–565–2. 04–A1 LU. CG–12., Ed. MCGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C.V. Inc., U.S.A, México, México, 2007, ISBN: 13:978-970-6103-9.

- FAO: *Venezuela nota de análisis sectorial, Agricultura y Desarrollo Rural*, [en línea], 2009, Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/012/ak170s/ak170s00.htm>, [Consulta: 5 de julio de 2017].
- FAO: *Anuario estadístico, La Alimentación y la Agricultura en América Latina y el Caribe*, [en línea], FAO, 2014, Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3592s.pdf>, [Consulta: 8 de junio de 2017].
- FONTANILLA, C.A.; CASTIBLANCO, J.S.: “Cable vía en la cosecha de palma de aceite”, *Revista palmas*, 30(4): 53–64, 2009.
- IGVSB: *Instituto Geográfico Venezolano Simón Bolívar, Cartografía Nacional, No. Caracas*, [en línea], 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], XX Reunião Internacional da Associação para a Cooperação em 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](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, E-ISSN-1678-992X.
- MARTÍNEZ, G.: “Situación nacional de las Musáceas”, *Producción Agropecuaria*, 2(1): 31–44, 2009a.
- MARTÍNEZ, G.: *Situación nacional de las musáceas*, [en línea], 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=%8L>, [Consulta: 8 de junio de 2017].
- NAVA, C.: *El plátano, su cultivo en Venezuela*, Ed. Ediciones Astro Data SA, Maracaibo-Venezuela, 135 p., 1997, ISBN: 980-296-559-6. 1997.
- OROZCO, M.; OROZCO, J.; PÉREZ, O.; MANZO, G.; FARIÁS, J.; MORAES, W. da S.: “Prácticas culturales para el manejo de la Sigatoka negra en bananos y plátanos”, *Tropical Plant Pathology*, : 189–196, 2008.
- ORRO, A.; NOVALES, M.; RODRÍGUEZ, M.: *Transporte por cable*, Ed. Tórculo Artes Gráficas, vol. Cuadernos del Grupo de Ferrocarriles y Transportes., Escuela Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad de la Coruña, 2003, ISBN: 84-688-3536-6.
- PATIÑO, F.; GÓMEZ PERLAZA, A.L.; ÁLVAREZ MEJÍA, F.: “Diseño y construcción de un transportador mecánico de café cereza por cable aéreo”, *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 47(1 y 2): 73-88, 1994, ISSN: 0304-2847.
- RAMÍREZ, C.; TAPIA FERNÁNDEZ, A.C.; CALVO BRENES, P.: “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.
- SEARS, F.W.; FORD, A.L.; FREEDMAN, R.A.: *Física universitaria*, Ed. Pearson Educación, vol. 2, 2005.
- SENA-REINO UNIDO: *El Plátano Musa spp. Su cosecha y poscosecha en la cadena agroindustrial*, [en línea], Producciones, Colombia, 2004, Disponible en: [http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca\\_26\\_Platano.pdf](http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_26_Platano.pdf), [Consulta: 5 de julio de 2017].

- SOTO, M.: *Banano, técnicas de producción, manejo poscosecha y comercialización, [en línea]*, Ed. Litografía e Imprenta LIL. 1, Tercera Edición ed., San José. Costa Rica, 2008, Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=000147&pid=S0304-2847200500020001200016&lng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000147&pid=S0304-2847200500020001200016&lng=en), [Consulta: 8 de junio de 2017].
- SUÁREZ, J.E.; VALDÉS, P.; HERRERA, M.; MARTÍNEZ, A.: *Determinación de las propiedades físico mecánicas de racimos de bananos grupo Cavendish como objeto de su transportación en cable aéreo, Evento Nacional Agring 2014*, Estado Trujillo, Venezuela, ISBN 978-959-16-2351-5, 28 de noviembre de 2014.
- VINICIO, M.: *Situación internacional y perspectivas para el manejo poscosecha de fruta de banano: un enfoque de tecnología comercial, [en línea]*, XVI reunión internacional ACORBAT 2004., Oaxaca- México, 2004, Disponible en: <https://www.scribd.com/.../181323328-PYT-Informe-Final-BANANO-VI-2-pdf>, [Consulta: 5 de julio de 2017].
- VINICIO, S.: *Régimen de importación, venta y distribución de bananos: la Unión Europea y los países productores de América Latina, [en línea]*, 2007, Disponible en: <http://www.unpan1.un.org/intradoc/group/public/documents/icap/unpan035189.pdf>. 2007, [Consulta: 5 de julio de 2017].
- YOUNG, H.D.; FREEDMAN, R.A.: *Física Universitaria*, Ed. Sears • Zemansky, Pearson Educación, segunda ed., vol. 1, México, 2009, ISBN: 978-607-442-288-7.

*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](mailto:pvaldes@unah.edu.cu)

*Arturo Martínez-Rodríguez*, e-mail: [arturo@unah.edu.cu](mailto:arturo@unah.edu.cu)

*Jorge Suárez-Hernández*, e-mail: [lexapineda@gmail.com](mailto:lexapineda@gmail.com).

*María Victoria Gómez-Águila*, e-mail: [mvaguila@hotmail.com](mailto:mvaguila@hotmail.com)

#### NOTAS

\*Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

\*Este artículo de se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

\*La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.