

Influencia del ángulo de alimentación variable sobre los parámetros de trabajo de las picadoras de forraje del tipo de tambor con alimentación manual

Influence of a variable feeding angle on work parameters of drum type forage choppers with hand feeding

Dr.C. Pedro A. Valdés Hernández¹, Dr.Cs. Arturo Martínez Rodríguez¹, M.Sc. Alexander Laffita Leyva¹, M.Sc. María Victoria Gómez Águila^{II}

¹ Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Centro de Mecanización Agropecuaria, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba,

^{II} Universidad Autónoma Chapingo, Instituto de Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua., Chapingo, Texcoco, México.

RESUMEN. Con vistas al perfeccionamiento de las picadoras de forraje del tipo de tambor con alimentación manual, se evaluó, mediante la aplicación de un modelo teórico del proceso de corte-succión, la influencia de un ángulo de alimentación variable sobre el calibre de las partículas, la productividad, la demanda energética y las fuerzas de corte-succión originadas durante el procesamiento de tallos gruesos. La predicción del modelo en lo relativo a la distribución del calibre de las partículas repicadas, es validada empleando una instalación experimental en la que se procesaron tallos de caña de azúcar. A partir de la introducción del concepto de ángulo de alimentación variable se determina que es posible lograr, para el mismo flujo medio, un incremento adicional de la calidad del material desmenuzado. De los resultados obtenidos se aprecia, además, que los valores medios de los parámetros de salida (productividad, componente de la fuerza de corte-succión en la dirección de la alimentación y potencia total requerida para el proceso), disminuyen a medida que aumenta la longitud de la sufridera, resultando posible seleccionar el ángulo de la rampa de alimentación, el número de tallos alimentados y la propia longitud de la sufridera, de manera de lograr valores racionales y más uniformes de los parámetros de salida.

Palabras clave: modelación teórica, productividad, calibre de partículas, fuerza de corte-succión.

ABSTRACT. In order to improving the performance of drum type forage choppers with manual feeding, the influence of a variable feeding angle on the caliber of chopped particles, the productivity, the demanded energy and the cutting-suction forces originated during processing of thick stalks, was evaluated with aid of a theoretical model of the cutting-suction process. The prediction of the model, with respect to the size of chopped particles, was validated during processing of sugar cane stalks in an experimental forage chopping machine. Starting from the introduction of the concept of variable feeding angle was determined that it is possible to achieve, for the same mean flow of processed material, an additional increment of the quality of the chopped forage. The obtained results show that the mean values of the output parameters (productivity, cutting-suction force and total power required for the process), diminish as the length of the cutting support zone increases, being possible to achieve rational and more uniform values of the output parameters, by means of an adequate selection of the feeding ramp angle, the quantity of fed stalks and the length of the cutting support zone.

Keywords: theoretical model, productivity, particles size, cutting-suction force.

INTRODUCCIÓN

Las tecnologías de alimentación para el ganado establecidas en Cuba desde finales de los 80 propuestas por el Ministerio de la Agricultura según Martín (2004), Martín (2005) y Valdés *et al.*, (2012) con el uso fundamental de la caña de azúcar, demandan de la utilización de máquinas picadoras y desmenuzadoras, para que ésta pueda ser utilizada con eficacia en la nutrición

de los animales. El Estado cubano invirtió cuantiosos recursos encaminados primeramente al diseño y construcción de dichas máquinas y posteriormente a su perfeccionamiento, llevándose a cabo por parte de diferentes instituciones e investigadores la producción y desarrollo de prototipos de máquinas picadoras de forraje de tallos gruesos (IIMA, 2000 y 2002; Valdés y Martínez, 2012). No obstante, a pesar de haberse avanzado en

esta dirección, el desarrollo de dichos modelos de picadoras de forraje se ha basado fundamentalmente en tomar las mejores experiencias de las picadoras existentes en el mercado, debido a que no se ha contado con una base teórica que permita abordar el diseño de éstas respondiendo a las exigencias específicas de Cuba. Debido a esto, los nuevos equipos desarrollados han presentado determinadas insuficiencias que están sujetos al perfeccionamiento si se aplican métodos de cálculo adecuados.

En este sentido resulta necesario señalar que los modelos teóricos presentes en la literatura especializada, tanto a nivel nacional como internacional (Goriachkin, 1940; Rieznik, 1964; Martínez *et al.*, 1998), no son lo suficientemente apropiados para ser aplicados al diseño de picadoras de forrajes de tallos gruesos, así como al caso de equipos de alimentación manual de la masa vegetal, existiendo fenómenos tales como el efecto de succión del material procesado, el cual no ha sido abordado con la suficiente profundidad.

Por tal motivo ha sido desarrollado un modelo teórico para la determinación racional del calibre de las partículas, la succión de los tallos o productividad y la potencia consumida por las máquinas picadoras de forraje con alimentación manual, propuesto por Martínez *et al.* (2004) y Valdés y Martínez (2011), que considera las tres funciones (corte, succión e impulsión) del proceso tecnológico en la interacción masa-cuchilla-sufridera durante el procesamiento de tallos gruesos, relacionando las propiedades físico-mecánicas del material a procesar con los parámetros de trabajo del órgano del tipo de tambor, lo cual ha sido publicado y validado por Valdés *et al.* (2010); Valdés *et al.* (2012a y 2012b) en cuyos trabajos se abordó la influencia de un ángulo de alimentación constante sobre los diferentes parámetros de trabajo de estas máquinas.

Asimismo no han sido abordadas las posibilidades que ofrece este modelo para cuando se considera un ángulo de alimentación variable, por lo que se desarrolla la presente investigación dirigida a determinar la influencia del ángulo de alimentación variable sobre los parámetros de trabajo de las picadoras de forraje del tipo de tambor con alimentación manual.

MÉTODOS

Para la toma de las muestras se selecciona una parcela ubicada en la Cooperativa de Producción Agropecuaria “Cuba – Nicaragua”, perteneciente al municipio San Nicolás de Bari al sur de la Provincia de Mayabeque. La selección de las muestras se llevó a cabo en pleno período agrotécnico de cosecha, para la variedad de caña C323 – 68, efectuándose una caracterización previa de la parcela seleccionada.

Los experimentos se desarrollaron en el laboratorio del CEMA (Centro de Mecanización Agropecuaria) de la Facultad de Ciencias Técnicas de la Universidad Agraria de La Habana (UNAH), creándose las condiciones y medios necesarios para este fin, bajo una temperatura atmosférica promedio de 23,5°C; una presión atmosférica de 100,42 kPa; humedad relativa del 74%, humedad de las muestras de 64,96% y un contenido de materia seca de 22,13 g.

En éste trabajo se aplica el método de investigación teórico-experimental, ya que a partir de la modelación físico-matemática

realizada previamente del proceso tecnológico del órgano de corte del tipo de tambor en las picadoras de forrajes de tallos gruesos con alimentación manual, se determinan, aplicando los métodos de la mecánica clásica (Beer *et al.*, 2007), las interrelaciones entre los parámetros constructivos y explotativos de dichos órganos de trabajo y las propiedades físico-mecánicas del material procesado (Valdés *et al.*, 2008), constituyendo dicha modelación la herramienta para el perfeccionamiento de dichas máquinas. Asimismo las evaluaciones teóricas del modelo obtenido, se realiza a través del software propuesto por Valdés y Martínez (2011), en ambiente Mathcad 2000 profesional, estableciéndose la influencia del ángulo de succión ó alimentación α variable del órgano de trabajo sobre la calidad del trabajo, la fuerza de corte-succión, la productividad y la demanda de potencia de la picadora. Por otro lado se comprueba la predicción realizada por la modelación, comparando los valores obtenidos teóricamente con los obtenidos durante la fase experimental para el caso específico de la calidad del trabajo.

El concepto de “ángulo de succión variable” (caso más general), se introduce para lograr una mayor uniformidad en el calibre de las partículas, obteniéndose con una longitud de la sufridera (L_f) diferente de cero (Figura 1), lo cual puede representar un incremento adicional de la calidad del material desmenuzado, colocando la rampa de entrada de los tallos de manera tal que el extremo posterior de los tallos deslice sobre ésta y de esta forma lograr una variación del ángulo α desde una posición inicial α_o hasta una posición final α_f , con lo que se logra que la componente de la fuerza de corte P_{cor} en la dirección de la alimentación vaya disminuyendo instantáneamente a medida que los tallos van perdiendo masa y longitud. Nótese en la figura 1 que la componente de la fuerza de corte (P_{cor} , color rojo) correspondiente a la posición inicial de los tallos es superior a la componente (color amarillo) correspondiente a la posición final. Esta disminución paulatina de la componente de la fuerza de corte P_{cor} provoca una disminución en la energía cinética imprimida a la masa alimentada a medida que disminuye su masa, pudiendo mejorarse la uniformidad de la velocidad de alimentación y por ende la del calibre de las partículas desmenuzadas. Asimismo se garantizará un flujo q del material procesado más uniforme.

Además, para este caso, según la Figura 1, conociendo que **abc** es un triángulo rectángulo, se puede determinar el ángulo de succión inicial (α_o , rad), como:

$$\alpha_o = \Phi + \alpha_f \quad (1)$$

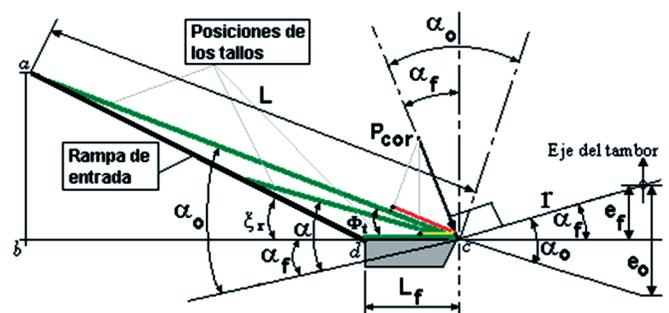


FIGURA 1. Representación del proceso de alimentación con α variable y $L_f \neq 0$.

Aplicando las relaciones trigonométricas conocidas para los triángulos **abc** y **abd** se obtiene que:

$$\overline{ab} = \text{sen}\Phi_t \cdot L \tag{2}$$

$$\overline{bc} = \text{cos}\Phi_t \cdot L \tag{3}$$

$$\overline{bc} = L_f + \overline{bd} \tag{4}$$

$$\tan \xi_r = \frac{\overline{ab}}{\overline{bd}} \tag{5}$$

donde:

Φ_t - ángulo formado por los tallos alimentados con respecto a **bc**, rad;

\overline{ab} - segmento de la altura del triángulo **abc**, m;

\overline{bc} - segmento base del triángulo rectángulo **abc**, m;

L_f - longitud de la sufridera o contracuchilla de la picadora, m;

\overline{bd} - segmento base del triángulo rectángulo **abd**, m;

ξ_r - ángulo de la rampa de alimentación con respecto a la horizontal **bd**, rad.

Sustituyendo y simultaneando las ecuaciones 1, 2, 3, 4 y 5 se obtiene el ángulo formado por los tallos (Φ_t) con respecto a \overline{bc} :

$$\Phi_t = \text{sen}^{-1} \left[\frac{\left[-\frac{L_f}{L} \cot \xi_r + \sqrt{(\text{csc} \xi_r)^2 - \left(\frac{L_f}{L}\right)^2} \right]}{(\text{csc} \xi_r)^2} \right] \tag{6}$$

De la expresión 6, se obtiene el ángulo que van tomando los tallos con respecto a la horizontal (Φ_t), en función del ángulo de la rampa de alimentación (ξ_r), de la longitud de la sufridera (L_f) y de la longitud de los tallos alimentados (L). Esta expresión resulta válida solamente cuando $L > L_f$ ya que en el segmento dc (Figura 1), los tallos ocupan una posición horizontal, es decir $L = L_f$ para la cual Φ_t se hace cero, ya que valores negativos pierden sentido físico (Figura 2), por lo que para este caso particular, atendiendo a la expresión (1): $\alpha_o = \alpha_p$ siendo en dicha posición donde se obtiene el mínimo valor posible de la componente horizontal de la fuerza de corte-succión (P_{cor}) en la dirección de alimentación, permaneciendo constante a lo largo de dicho segmento dc , provocando a su vez la menor succión posible de los tallos alimentados.

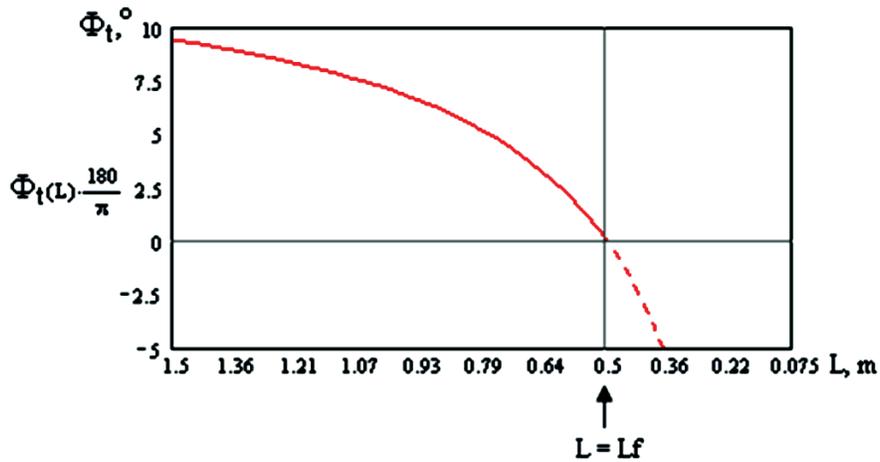


FIGURA 2. Variación del ángulo de los tallos alimentados (Φ_t) para una longitud de sufridera $L_f = 0,5$ m.

Procedimiento experimental

Para determinar la influencia del ángulo de alimentación variable sobre la calidad del trabajo se tomó como máquina experimental la picadora de forraje MF IIMA modelo EM-01, con una productividad nominal de 0,55 kg/s y con un motor eléctrico como fuente energética, con alimentación manual y órgano de trabajo de tambor (Figura 3).

Para la realización de los experimentos se realizan dos tratamientos con varias corridas experimentales, tomando para el ángulo de la rampa de alimentación (ξ_r): 25°, la longitud de la sufridera (L_f): 0 y 0,48 m y para el momento de inercia del tambor (I): 1,117 kg·m² correspondiente a la picadora con momento de inercia modificado (Valdés, et al, 2010). Los ensayos se realizan con grupos de 3 tallos de caña alimentados (C) simultáneamente a la picadora.

Determinación del calibre de las partículas (L, mm). El procedimiento general fue elaborado acorde a la norma CEN/TC 335 N55, 2003, aplicando el método oscilante de cribado.

Determinación de la influencia del ángulo de alimentación variable sobre el calibre de las partículas del órgano picador. Para este caso se diseñó y construyó una rampa de alimentación con posibilidad de hacer variar el ángulo de inclinación de la rampa ($\xi_r = 25^\circ$) y la longitud de la sufridera ($L_f = 0$ y 0,48 m) (Figura 4).



FIGURA 3. Vista general de la picadora original.



a



b

FIGURA 4. a) Rampa de alimentación diseñada, b) Acoplada a la picadora.

Procedimiento estadístico

El número de muestras para la realización de los diferentes ensayos experimentales, se determina a partir de un pre-experimento según Luyarati (1997), tomando un nivel de confianza del 90% y un error máximo permisible de la media del 10% para todos los casos.

Se realiza un análisis descriptivo de los datos experimentales, determinando la media aritmética (\bar{X}) de cada parámetro medido. Para el procesamiento de dichos datos se emplean los programas Mathcad 2000 professional, Statgraphic plus, versión 5.1 y la hoja de cálculo Excel 2003.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Influencia del ángulo de alimentación variable sobre la calidad del trabajo

Con vistas a definir dicha influencia, se efectuó la evaluación del modelo teórico que determina el calibre de las

partículas (ΔL), utilizando el software propuesto por Valdés y Martínez (2011), para diferentes longitudes de la sufridera (L_f), de manera de lograr una disminución del ángulo de alimentación a medida que el tallo procesado va perdiendo masa y longitud.

Los resultados de esta evaluación se presentan en las Figuras 5 y 6, donde puede apreciarse el calibre de las partículas (ΔL) en función de la longitud de los tallos (L) en el momento del corte para los ángulos de la rampa de alimentación $\xi_r = 6^\circ$ y 25° respectivamente.

La evaluación del modelo para diferentes longitudes de la sufridera (L_f), da como resultado una familia de curvas y una curva común que es la correspondiente a un ángulo de la rampa $\xi_r = 0^\circ$ y que resulta válida, en cada caso, a partir de que la longitud del tallo coincida con la longitud de la sufridera ($L = L_f$), o sea, cuando el tallo pierde el contacto con la rampa de alimentación y asume una posición horizontal (Figura 1, segmento dc). Del análisis de ambas figuras se aprecia que el valor medio del calibre (ΔL) de las partículas disminuye a medida que aumenta la longitud de la sufridera (L_f).

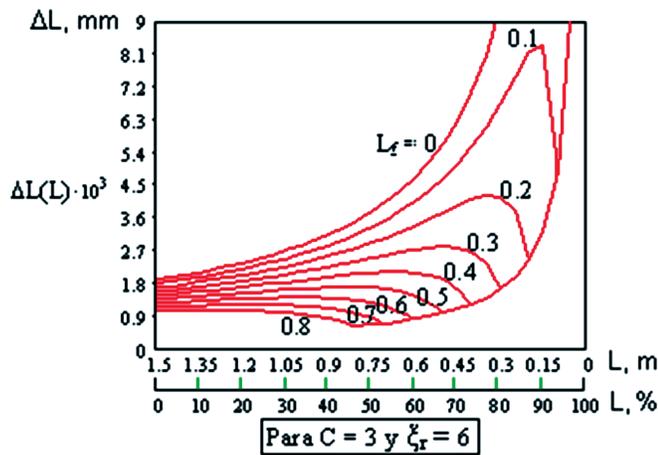


FIGURA 5. Evaluación del modelo del calibre de las partículas en función de la longitud de los tallos, para C = 3 tallos, $\xi_r = 6^\circ$ y $L_f = 0 \dots 0,8$ m.

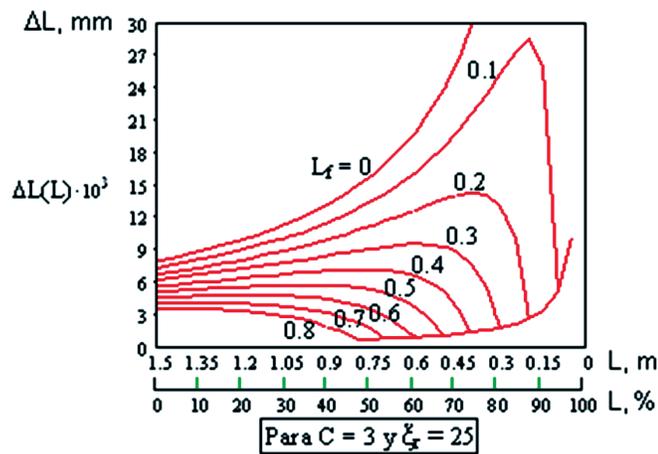


FIGURA 6. Evaluación del modelo del calibre de las partículas en función de la longitud de los tallos, para C = 3 tallos, $\xi_r = 25^\circ$ y $L_f = 0 \dots 0,8$ m.

A partir de las familias de curvas obtenidas, resulta posible determinar no solo el valor medio del calibre de las partículas repicadas, sino también la uniformidad de dicho repique. En la Figura 7, se muestran los resultados del cálculo del porcentaje de partículas cuyo calibre corresponde a una clase determinada, evaluando el modelo teórico para C = 3 tallos y $\xi_r = 25$ grados, con longitudes de la sufridera $L_f = 0,1$ y $0,5$ m.

Del análisis de la figura se evidencia una marcada superioridad en el pronóstico de la calidad del desmenuzado en el caso de $L_f = 0,5$ m, caracterizado tanto por un mayor porcentaje de partículas con menor calibre, como por su menor dispersión. En el caso de una longitud de la sufridera $L_f = 0,1$ m, se aprecia un menor porcentaje de partículas con calibres pequeños, así como una mayor dispersión de dichos calibres.

En la Tabla y la Figura 8, se presentan los resultados experimentales del porcentaje de las partículas cuyo calibre corresponde a una clase determinada, obtenidos para $L_f = 0$ y $0,48$ m, para C = 3 tallos y $\xi_r = 25^\circ$, atendiendo a los tratamientos realizados.

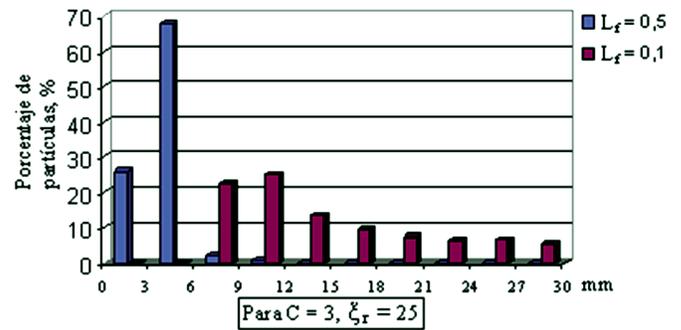


FIGURA 7. Porcentaje del calibre de las partículas evaluando el modelo teórico para C = 3 tallos, $\xi_r = 25^\circ$ y $L_f = 0,1$ y $0,5$ m.

Del análisis de estos resultados se comprueba experimentalmente que mediante una variación del ángulo de alimentación, lo cual se logra variando la longitud de la sufridera (Figura 1 segmento dc), es posible mejorar la calidad del material procesado, apreciándose una ligera tendencia al incremento de la uniformidad del calibre de las partículas (ΔL) para $L_f = 0,48$ m, ya que en este caso se obtiene más acercamiento del mayor porcentaje hacia los valores mínimos del calibre de las partículas, por debajo de 20 mm. Del análisis de la figura 8 se corrobora experimentalmente, para el tratamiento realizado, que existe una tendencia similar a la predicción realizada por el modelo teórico. No obstante este análisis queda abierto a un estudio que abarque otras variantes.

TABLA. Porcentaje del calibre de las partículas para $L_f = 0$ y $0,48$ m, con C = 3 tallos y $\xi_r = 25^\circ$

Clases, mm	Porcentaje de partículas, %	
	$L_f = 0$	$L_f = 0,48$
≤ 5	26,917	31,746
5-20	36,869	39,525
20-40	21,488	13,803
40-100	13,142	12,076
100-150	1,357	1,831
> 150	0,226	1,0175

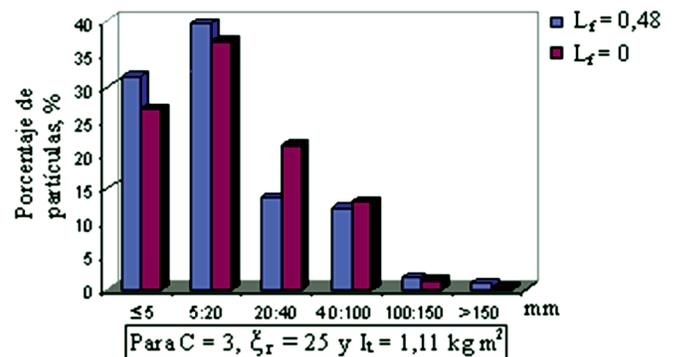


FIGURA 8. Comparación del porcentaje del calibre de las partículas entre $L_f = 0$ y $0,48$ m, obtenido por vía experimental.

Influencia del ángulo de alimentación variable sobre la productividad, la componente de la fuerza de corte-succión en la dirección de la alimentación y la demanda energética

En las Figuras 9, 10 y 11 se muestran los resultados de la evaluación de los modelos teóricos para el caso de la productividad (q), la componente de la fuerza en la dirección de la alimentación ($P_{\text{cor DA}}$) y la potencia total (N), en función de la longitud de los tallos (L) en el momento del corte, para los ángulos de la rampa de alimentación $\xi_r = 6$ y 25° respectivamente, utilizando el software propuesto por Valdés y Martínez (2011).

La evaluación de los modelos para diferentes longitudes de la sufridera (L_f), da un resultado similar al calibre de las partículas (ΔL), una familia de curvas y una curva común que es la correspondiente a un ángulo de la rampa $\xi_r = 0$ y que resulta válida, en cada caso, a partir de que la longitud del tallo coincida con la longitud de la sufridera ($L = L_f$), o sea, cuando el tallo pierde el contacto con la rampa de alimentación y asume una posición horizontal (Figura 1, segmento dc). Del análisis de las figuras se aprecia que los valores medios de la productividad (q), de la componente de la fuerza en la dirección de la alimentación ($P_{\text{cor DA}}$) y de la potencia total (N) disminuyen a medida que aumenta la longitud de la sufridera (L_f).

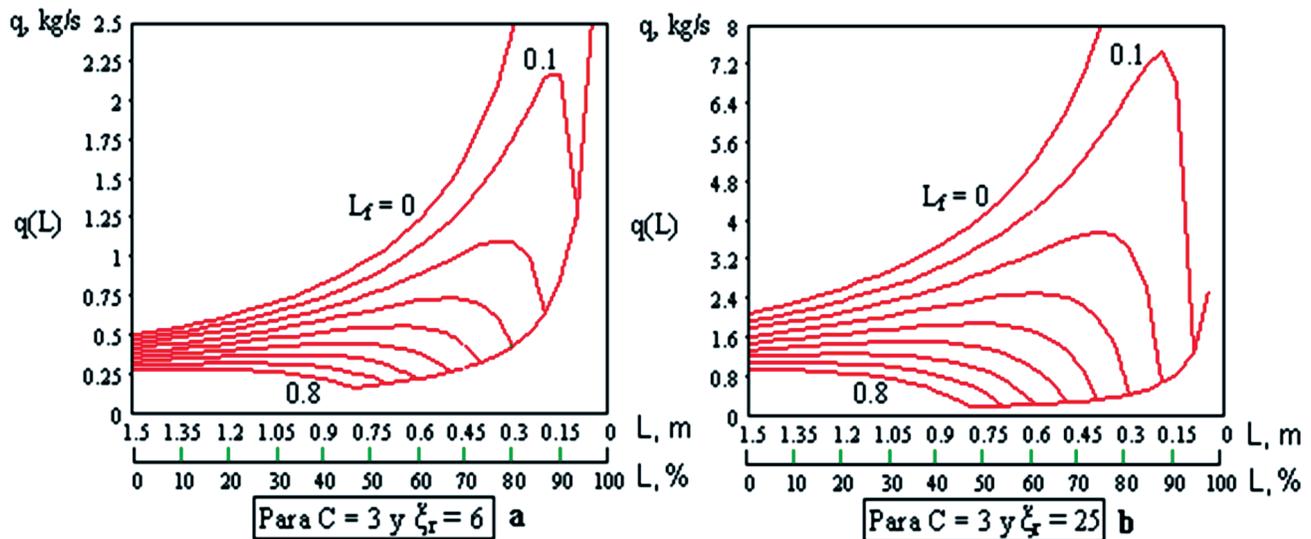


FIGURA 9. Evaluación del modelo del flujo en función de la longitud de los tallos, para $C = 3$ tallos y $L_f = 0 \dots 0,8$ m. a) $\xi_r = 6^\circ$ y b) $\xi_r = 25^\circ$.

Al igual que para el caso del calibre de las partículas, a partir de familias de curvas como las obtenidas en dichas figuras, resulta posible seleccionar los parámetros (ξ_r, L_f, C) de manera que puedan racionalizarse, no solo los valores medios de la productividad (q), la componente de la fuerza en la dirección de la alimentación ($P_{\text{cor DA}}$) y la potencia total (N), sino también lograr una mejor uniformidad de dichos valores.

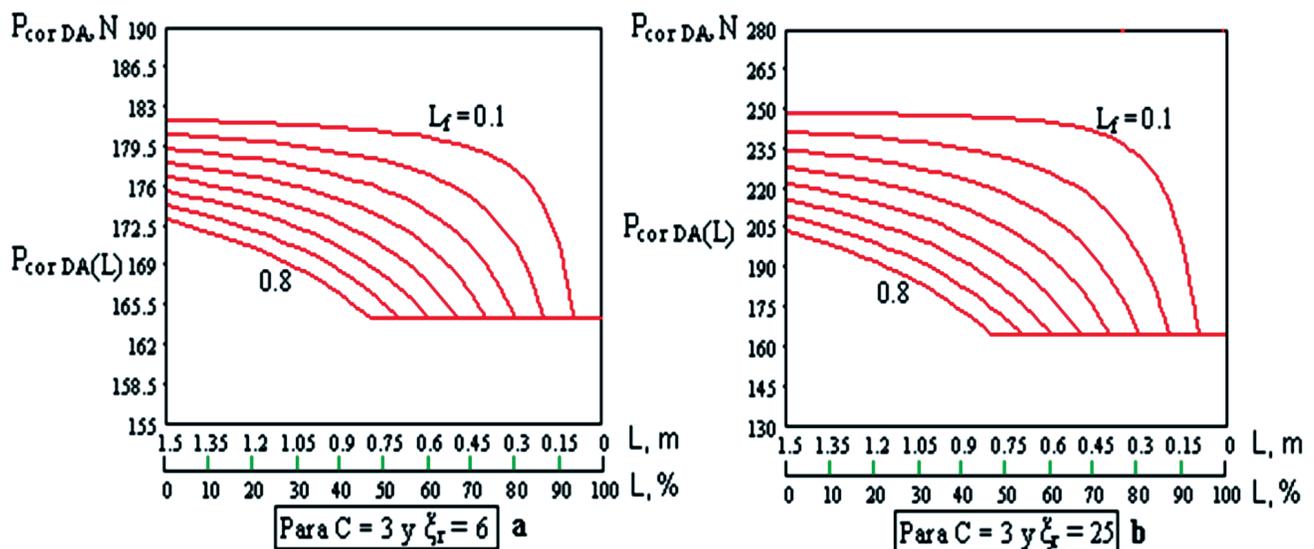


FIGURA 10. Evaluación del modelo de la componente de la fuerza de corte-succión en la dirección de alimentación en función de la longitud de los tallos, para $C = 3$ tallos y $L_f = 0,1 \dots 0,8$ m. a) $\xi_r = 6^\circ$ y b) $\xi_r = 25^\circ$.

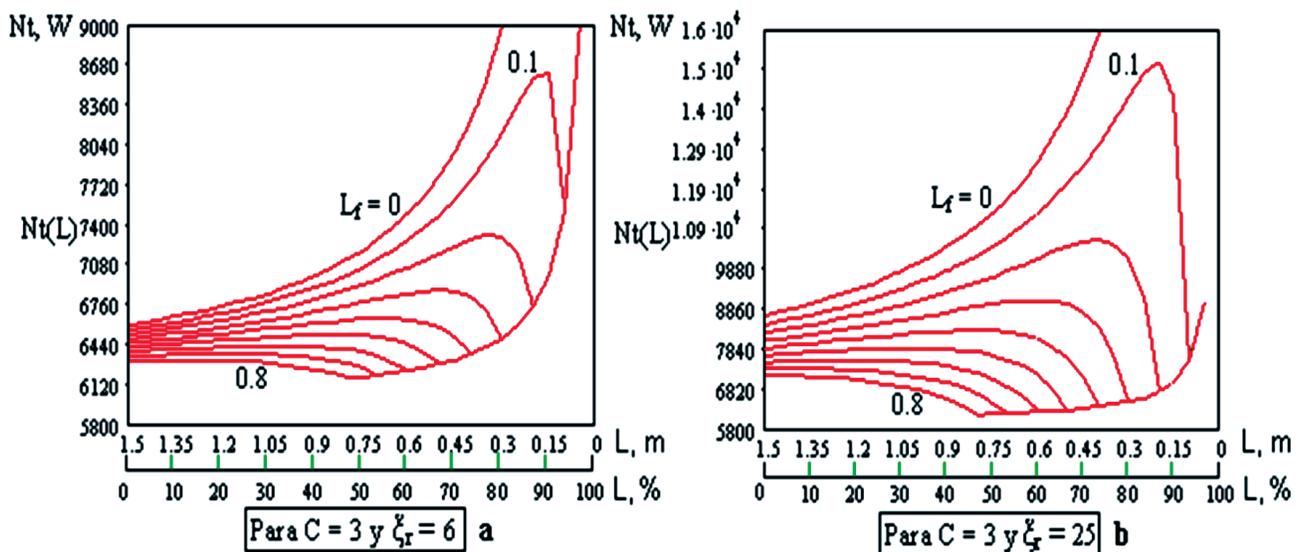


FIGURA 11. Evaluación del modelo de la potencia total en función de la longitud de los tallos, para $C = 3$ tallos y $L_f = 0 \dots 0,8$ m. a) $\xi_r = 6^\circ$ y b) $\xi_r = 25^\circ$.

CONCLUSIONES

- A partir de la introducción del concepto de ángulo de alimentación (α) variable se determina que es posible lograr, para el mismo flujo medio, un incremento adicional de la calidad del material desmenuzado a expensas del logro de una mayor uniformidad del calibre de las partículas en la medida que aumenta la longitud de la sufridera, apreciándose una tendencia similar durante los experimentos realizados. Dicho ángulo constituye un concepto novedoso y decisivo en el proceso de diseño de los equipos picadores de forraje objeto de estudio;
- De los resultados obtenidos se aprecia, además, que los valores medios de la productividad (q), de la componente de la fuerza en la dirección de la alimentación ($P_{\text{cor DA}}$) y de la potencia total (N_t) disminuyen a medida que aumenta la

longitud de la sufridera (L_f) y resulta posible seleccionar los parámetros (ξ_r, L_f, C) de manera que puedan racionalizarse, no solo dichos valores medios, sino también lograr una mejor uniformidad de dichos valores.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Centro de Mecanización Agropecuaria (CEMA) por haberme acogido como un investigador más, del cual emerge la presente investigación, así como a todos los investigadores y técnicos que de una forma u otra me apoyaron para llegar a concretar los resultados que se exponen. A la Facultad de Ciencias Técnicas de la Universidad Agraria de La Habana y a todos los estudiantes que colaboraron con la realización de sus trabajos de diplomas. Asimismo al Instituto de Ingeniería Agrícola (IAgric).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BEER, F. P.; E. RUSSELL y E. R. EISENBERG: *Mecánica Vectorial para Ingenieros*, 8va edición en español. McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V. Inc., México, 2007.
- CEN/TC 335 N55: *Solid Biofuels-Methods for the determination of particle size distribution, Template for the preparation of CEN standards*, Fig. Julio 2003.
- GORIACHKIN, V.P.: *Obras Completas*, Tomo IV. Editorial MIR, Moscú, (en ruso), 1940.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE MECANIZACIÓN AGROPECUARIA: *Informe de prueba del Molino Forrajero MF IIMA modelo EM-01. (s.c.)*, Ed. IIMA, La Habana, Cuba, 2000.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE MECANIZACIÓN AGROPECUARIA: *Informe de prueba del Molino Forrajero MF IIMA modelo EM-01. (s.c.)*, Ed. IIMA, La Habana, Cuba, 2002.
- LUYARATI, D.N.: *Econometría*, Ediciones ENPES, 2da edición, La Habana, Cuba, 1997.
- MARTÍNEZ, A.; J. NUÑEZ; VALDÉS, P.A.: "Modelos para el cálculo de molinos desmenuzadores de tallos gruesos de tipo disco", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 7 (1): 1-7, 1998.
- MARTÍNEZ, A.; P. A. VALDÉS; J. DÍAZ; Y. MATURELL y D. VEGA: "Modelo matemático racional para el cálculo de la potencia consumida en molinos forrajeros de tambor", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 13 (4): 9-14, 2004.
- MARTÍN, P. C.: *La alimentación del ganado con caña de azúcar y sus subproductos*, Editorial del Instituto de Ciencia Animal, EDICA, La Habana, 2004.
- MARTÍN, P. C. "El uso de la caña de azúcar para la producción de carne y leche", *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*, 39 (Esp): 427-437, 2005.
- RIEZNİK, N. E.: *Combinadas Silo cosechadoras, Teoría y Cálculo*, Editorial MIR, Moscú, (en ruso), 1964.
- VALDÉS, P. A.; D. GONZÁLES y A. MARTÍNEZ: "Determinación experimental de propiedades físico-mecánicas de la caña de azúcar para

- su procesamiento en picadoras de forrajes”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 17 (2): 1-6, 2008.
- VALDÉS, P. A.; A. MARTÍNEZ; Y. VALENCIA y E. BRITO: “Influencia del momento de inercia y de diferentes ángulos de alimentación constante sobre el calibre de las partículas de las picadoras de forraje del tipo de tambor con alimentación manual”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19 (3): 69-77, 2010.
- VALDÉS, P. A y A. MARTÍNEZ: “Software para la determinación racional de los parámetros de trabajo de las picadoras de forraje del tipo tambor con alimentación manual”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20 (2): 80-85, 2011.
- VALDÉS, P. A.; A. MARTÍNEZ; Y. VALENCIA y E. BRITO: “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): 5-10, 2012a.
- VALDÉS, P. A.; A. MARTÍNEZ y Y. VALENCIA: “Validación experimental del modelo de cálculo de la productividad de las picadoras de forraje del tipo de tambor con alimentación manual”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21 (4): 12-18, 2012b.
- VALDÉS, P. A.; A. MARTÍNEZ y J. PÉREZ: “Análisis de la caña de azúcar como alimento para el ganado”, *Revista Pre-Til de la Universidad Piloto de Colombia*, 10 (26): 59-74, 2012.
- VALDÉS, P. A y A. MARTÍNEZ.: “Problemática de las tecnologías mecanizadas para el corte y desmenuzado de forrajes (caña de azúcar) u otros materiales semejantes para la producción de alimentos en la ganadería cubana”, *Revista Electrónica Anuario UNAH*, 46pp. Monografía, 2012.

Recibido: 3 de septiembre de 2013.

Aprobado: 20 de marzo de 2014

Pedro A. Valdés Hernández, Profesor Titular, Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Facultad de Ciencias Técnicas, Autopista Nacional km 23½, Carretera de Tapaste, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, Teléfono: (53-47) 860306, Correo electrónico: pvaldes@unah.edu.cu.

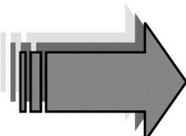
Nota: La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.



CENTRO DE MECANIZACIÓN AGROPECUARIA

LABORATORIO DE OLEOHIDRÁULICA

SERVICIOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS

- 
- Descontaminación de aceites oleohidráulicos
 - Fabricación de equipos portátiles de filtraje de aceites
 - Recuperación (emboquillado) y fabricación de mangueras
 - Diagnóstico y evaluación de circuitos oleohidráulicos y sus componentes
 - Cursos y entrenamientos de posgrado

Solicitudes de ofertas a:
Dr. C. Roberto Albóniga Gil
Centro de Mecanización Agropecuaria
Autopista Nacional y Carretera de Tapaste, km 23, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. Apdo. 18-19
Tel.: (53)(47) 864346
E_mail: ralboniga@unah.edu.cu