



Calidad de la labor de tres aperos de labranza primaria en suelos arcillosos pesados con superficies acanteradas y cobertura de residuos vegetales

Labor quality of three primary farming implements in heavy clayey soils with vegetables residues covering and surfaces with mounds

Dr.C. Yoel Betancourt Rodríguez¹, Dr.C.Miguel Rodríguez Orozco^{II}, Dr.C. Ciro Iglesias Coronel^{III},
M.Sc. José R. Gómez Pérez¹, M.Sc. Inoel García Ruiz¹, M.Sc. Everaldo Becerra de Armas¹

¹ Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Villa Clara-Cienfuegos (ETICA Villa Clara–Cienfuegos), Cuba.

^{II} Universidad Central de las Villas, Facultad de Ciencias Agropecuaria, Villa Clara, Cuba.

^{III} Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Centro de Mecanización Agropecuaria, Mayabeque, Cuba.

RESUMEN. La modificación del escarificador combinado C 101 abrió paso a un nuevo enfoque en la preparación de suelos arcillosos pesados del norte de Villa Clara. Con el objetivo de evaluar algunos índices de calidad de la labor de tres aperos de labranza primaria (C 101M, AT-90 y M 250) se realizó una investigación en la rotura de superficies acanteradas con cobertura de residuos vegetales. Los resultados indicaron que el empleo de la labranza primaria localizada con el C 101M en esas condiciones, mostró mejores índices de calidad de la labor respecto a la total con el multiarado M 250 y el arado de discos AT-90, debido a la mayor estabilidad en la profundidad de trabajo y fragmentación del suelo, en este último y para la variante con C 101M, los terrones entre 50 y 100 mm predominan con el 21%. Atendiendo a los parámetros evaluados de calidad de la labor se recomienda el empleo de la labranza primaria localizada con el C 101M en las condiciones antes mencionadas.

Palabras clave: escarificador, estabilidad, desterronamiento.

ABSTRACT. The modification of the combined scarifier C 101 resulted in a new approach in the heavy clayey soils' preparation in the north of Villa Clara. A research was carried out in the primary labor, also called soil breaking, with the objective of evaluating some parameters of labor quality of three plows (C 101M, AT-90 and M 250) in surfaces with mounds and vegetables residues covering. The results suggested that the employment of the located primary tillage with the C 101M under those conditions showed better indexes of labor quality as regards the total one with the Multi-plow M 250 and the Disks-plow AT-90, due to the greater stability in the work depth and soil fragmentation. As to this factor, in the case of the C 101M, clods between 50 and 100 mm prevailed with 21%. According to the studied parameters about labor quality, the use of the located primary tillage with the C 101M in the conditions aforementioned is recommended.

Keywords: scarifier, stability, clod breaking.

INTRODUCCIÓN

El antiguo Ministerio del Azúcar (MINAZ) trazó una estrategia para la producción de caña en el quinquenio 2009-2013. Dentro de las medidas establecidas estaba: [...] preparar las tierras a tiempo y con el menor consumo energético utilizando para ello el escarificador C 101 y sus tecnologías, los nuevos

arados de rejas y gradas de pincho donde sea factible e introducir y consolidar las tecnologías de preparación y surque en función de las condiciones de los suelos [...]. Además, “aplicar las medidas de conservación y mejoramiento de los suelos en todas las áreas con limitaciones” (MINAZ, 2008).

En los suelos arcillosos pesados del norte de Villa Clara, el alto volumen de residuos presentes en las áreas

cañeras en demolición y la no existencia de medios de labranza adecuados, principalmente en la labor primaria, para la roturación del suelo con residuos vegetales en la superficie ha obligado a la práctica de la quema durante décadas. Por lo que siguiendo la estrategia trazada por el MINAZ urge la necesidad de realizar investigaciones en aras de perfeccionar las tecnologías de preparación de suelo en tales condiciones.

De los medios utilizados en la labranza primaria, los escarificadores con saetas dispuestos en tándem y escalón precedidos por un disco “pica paja”, como el C 101 y el C 104, resultan muy ventajosos desde el punto de vista de la combinación y reducción de labores, la mullición del suelo y el trabajo con presencia de cobertura de residuos sin afectaciones en el proceso tecnológico (Gómez *et al.*, 1997; EIA, 1999; Santana *et al.*, 1999; Cuellar *et al.*, 2002 y 2003; INICA, 2007).

La utilización del C 101 para la preparación localizada de superficies acanteradas demandó la modificación de sus órganos de trabajo al no cumplir con los índices de calidad de la labor. Los resultados de las investigaciones demostraron que la composición adecuada para dichas condiciones está dada por tres brazos escarificadores, con saetas descepadoras, intermedias y escarificadoras con ancho de trabajo de 700, 800 y 900 mm, respectivamente. (Betancourt *et al.*, 2012).

Dado que en una campaña de preparación de suelo se pueden preparar entre 1000 y 1500 ha sobre superficie acanterada es factible emplear este apero en sustitución de los medios actuales de labranza primaria, los arados de discos y el M 250, partiendo de la hipótesis que su utilización garantizará adecuados parámetros de calidad de la labor sin demandar la quema de los residuos vegetales.

Considerando lo antes expuesto, el objetivo del trabajo es determinar algunos índices de calidad de la labor de tres aperos de labranza primaria de superficies acanteradas con cobertura de residuos vegetales.

MÉTODOS

La investigación se realizó en áreas de la Unidad de Producción Cañera (UPC) “Tito González” perteneciente a la Unidad Empresarial de Base (UEB) “Héctor Rodríguez”, ubicados ambos en el norte de la provincia de Villa Clara en un suelo Gley Vértico típico, según la nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 1999).

La caracterización de las condiciones naturales se realizó mediante la aplicación de la Norma Cubana NC 34-47: 2003,

evaluándose los siguientes indicadores:

- Masa de los residuos vegetales existentes en 1 m² en la hilera (narigón) y los espacios entre estas (camellón) (kg), con un marco de 0,8x1,25 m, colocándolo con el lado más largo paralelo a la hilera de caña, en dirección de las dos diagonales, con 10 repeticiones por cada una de ellas y balanza de precisión 0,1 g.
- Humedad de los residuos vegetales y la vegetación (%). En cada punto donde se realizó el muestreo de masa de los residuos, se tomaron muestras de los restos fraccionándolos en partículas de 3 a 10 mm. Estas se depositaron en recipientes con capacidad de 300 cm³, determinándose su masa húmeda con balanza de precisión 0,1 g.
- Dureza del suelo (kPa): mediante el empleo de un Penetrógrafo con punta normalizada (ASAE S313,3 FEB04), precisión de 1 kg, diámetro de la base del cono de 12,83 mm y punta cónica de 30 grados. Se tomaron 10 muestras en la diagonal, con tres réplicas, cada 0,1 m y hasta los 0,4 m de profundidad (0 a 0,1; 0,1 a 0,2; 0,2 a 0,3 y 0,3 a 0,4 m). Los datos obtenidos en kgcm⁻² se transformaron a kPa considerando que 1 kg·cm⁻² = 98,07 kPa.
- Humedad en base al suelo seco (hbss) (%), se determinó por el método Gravimétrico, tomándose las muestras en los mismos puntos, repeticiones y profundidad que se realizó en la dureza.
- Densidad aparente (g/cm³). Se determinó por el Método del Cilindro, utilizando cilindros de 50 cm³. Se tomaron muestras de suelo cada 0,1 m y hasta los 0,4 m de profundidad en la diagonal del campo, con tres réplicas por punto de muestreo. La masa húmeda y seca de las muestras se determinó en el laboratorio con balanza de precisión 0,01 g.
- La altura y ancho de la base (m) de los canteros se determinó mediante el empleo del nivel de burbuja y el perfilómetro con divisiones en el plano horizontal cada 5 cm y precisión en la medición en el plano vertical de 1 mm, realizando 20 mediciones en cada diagonal.
- Las características restantes del área como rendimiento, población, pérdidas en cosecha, longitud de los surcos, entre otros se tomaron de la documentación correspondiente en la Unidad Productora.
- El plan experimental y los índices de calidad de la labor determinados en la evaluación de tres aperos de labranza primaria en superficies acanteradas, con manejo de residuos vegetales se presentan en la Tabla 1; además, en la Tabla 2 los principales parámetros de los órganos de trabajo de los implementos C 101M, M 250 y AT-90.

TABLA 1. Plan experimental para la investigación de la calidad de la labor de tres aperos de labranza primaria

Comparación de tres aperos de labranza primaria de superficie acanterada con manejo de residuos	
Tratamientos:	Característica de la parcela:
Labranza primaria con C 101M	Longitud: 530 m
Labranza primaria con M 250	Ancho franja de virajes: 12 m
Labranza primaria con AT-90	Ancho entre hileras: 1,6 m
Fuente energética utilizada: T-150K	Nro de pruebas por tratamiento: tres

Variables estudiadas: fragmentación del suelo y estabilidad en la profundidad de trabajo.

Las fuentes energéticas, el C 101M objeto de investigación y otros implementos utilizados integran el parque de equipos del Bloque Experimental, y de la antigua Brigada 1 de Preparación de Suelo de la Empresa de Servicios Técnicos de Villa Clara.

Los parámetros geométricos de los órganos de trabajo de los aperos se determinaron con ayuda del pie de rey, transportador de ángulos y regla milimetrada, con 0,1 mm, 0,5' y 0,5 mm de

precisión, respectivamente.

La determinación de la fragmentación del suelo después de la labranza primaria se realizó mediante el método de tamizado y pesaje, con balanza digital de precisión 0,1 kg, según el método descrito por González (1993). Se separaron las fracciones de partículas contenidas en 1 m² de 0 a 10, 10 a 25, 25 a 50, 50 a 100, 100 a 150, 150 a 250 y mayores de 250 mm (Figura 1). Las muestras se tomaron en la zona del cantero.

TABLA 2. Principales parámetros de los órganos de trabajo del escarificador C 101M, del multiarado M 250 y el arado de discos AT-90

Principales parámetros de los órganos de trabajo del escarificador C 101M y el multiarado M 250.			
Parámetros	U.M.	C 101M	M 250
Ángulo de salida de las rejas	grado	10	15
Ángulo de filo de las rejas	grado	15	30
Ángulo de ataque de las rejas	grado	25	45
Ángulo de salida de las saetas	grado	10	12
Ángulo de filo de las saetas	grado	15	20
Ángulo de ataque de las saetas	grado	25	32
Ancho de trabajo de las saetas desceparadoras	m	0,7	0,4
Ancho de trabajo de las saetas intermedias	m	0,8	-
Ancho de trabajo de las saetas traseras (o de las laterales para el M 250)	m	0,9	0,7
Principales parámetros de los órgano de trabajo del arado de discos AT-90			
Parámetros	U.M.	Valores	
Diámetro del disco	m	0,71	
Concavidad	m	0,11	
Ángulo de inclinación respecto al plano vertical	grado	15	
Ángulo de inclinación respecto a la dirección de movimiento	gradov	43	
Ángulo de filo del disco	grado	20	

La determinación de la estabilidad en la profundidad de trabajo se realizó empleando el método del eje de coordenadas, utilizando para ello el nivel de burbuja y el perfilómetro con divisiones en el plano horizontal cada 5 cm y precisión en la medición en el plano vertical de 1 mm. El suelo roturado fue removido manualmente en 5 m lineales, longitudinal a la dirección de movimiento y siguiendo la huella del órgano de trabajo se determinó el microrrelieve en el fondo del surco.



FIGURA 1. Determinación de la fragmentación del suelo. a). Separación de las partículas, b). Peso del suelo separado; c) Balanza digital empleada.

Los datos obtenidos en las diferentes investigaciones se procesaron automatizadamente empleando el paquete estadístico STATGRAPHICS Plus 5.1, determinándose las medias, desviación estándar y coeficiente de variación según se requiera.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La caracterización de las condiciones de investigación se presenta en la Tabla 3. Los valores encontrados en las

propiedades físico-mecánicas (humedad, densidad y dureza) coinciden con lo reportado por otros investigadores para esos suelos (Garrido *et al.*, 1988; Rodríguez, 1999, Betancourt *et al.*, 2009). Se debe destacar que el porcentaje de residuos en los espacios entre hileras es alrededor de 2,4 veces más que en la hilera de caña.

La velocidad de traslación del multiarado M 250, el arado de discos AT-90 y el escarificador C 101M fue de 5,29; 5,23 y 5,98 km·h⁻¹.

Con el C 101M se logró mayor fragmentación del suelo, donde los terrones mayores de 250 mm de diámetro solo ocupan el 10%, predominando aquellos entre 50 y 100 mm con el 21% (Figura 2).

TABLA 3. Caracterización de las condiciones de investigación del desempeño de tres implementos en la labranza primaria

Características	Valores (Desv. estándar)	Características	Valores (Desv. estándar)
Rendimiento, t·ha ⁻¹	18,00	Humedad del suelo, %hbss	
Población, %	77,00	0 a 0,10 m	35,25 (± 1,98)
Distancia de siembra, m	1,60	0,10 a 0,20 m	38,13 (± 1,62)
Largo de los surcos, m	530	0,20 a 0,30 m	43,60 (± 1,36)
		0,30 a 0,40 m	48,30 (± 0,99)
Residuos vegetales		Densidad aparente, gcm ⁻³	
<i>Masa</i> , kg·m ⁻²	0,54 (± 0,05)	0 a 0,10 m	1,08 (± 0,02)
Hilera	1,28 (± 0,16)	0,10 a 0,20 m	1,10 (± 0,02)
Espacio entre hilera	13,90 (± 1,99)	0,20 a 0,30 m	1,13 (± 0,01)
<i>Humedad</i> , %	9,00	0,30 a 0,40 m	1,12 (± 0,01)
<i>Pérdida en cosecha</i> , %			
Dimensiones del cantero		Dureza, kPa	
Altura, m	0,18 (± 0,02)	0 a 0,10 m	1916,87 (± 41,76)
Ancho de la base, m	0,90 (± 0,10)	0,10 a 0,20 m	1395,96 (± 37,76)
		0,20 a 0,30 m	853,47 (± 31,47)
		0,30 a 0,40 m	412,02 (± 15,09)

Otros aspectos vinculados con el área: relieve llano, uso actual caña, tipo de cosecha mecanizada, marca de la cosechadora empleada en la última cosecha KTP 2M.

Resultados intermedios en este indicador se observaron en el M 250, al sobresalir los de diámetros entre 100 y 150 mm (24%), a diferencia del AT-90 con el 29% de terrones entre 150 y 250 mm y el 23% mayor de 250 mm.

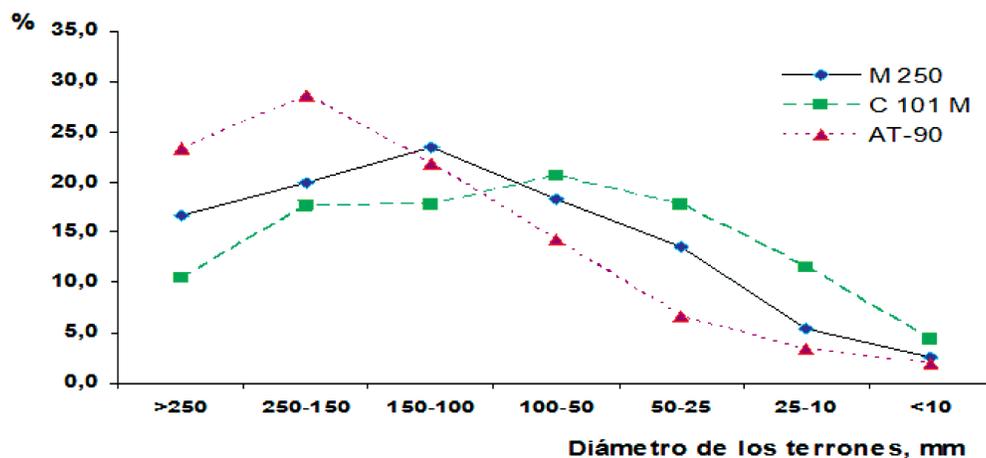


FIGURA 2. Fragmentación del suelo en los tres implementos evaluados.

Dos aspectos importantes que influyen sobre la fragmentación del suelo en la labranza primaria lo constituyen las raíces de la caña de azúcar y las propiedades físico-mecánicas del suelo. Las condiciones de investigación poseen propiedades tecnológicas extremas entre las que se destacan la alta cohesión, plasticidad y adherencia (Silveira, 1980; Santana *et al.*, 1999; Herrera *et al.*, 2001 a y b). De igual manera en el centro de la hilera es donde se desarrolla el mayor volumen de raíces, cerca del 90% según Gutiérrez *et al.* (1984), lo que favorece el efecto de agregación del suelo. Ambos factores reducen considerablemente la ruptura de la capa laborada, coincidiendo con lo planteado por Leyva (2009), en suelos similares de otra región del país.

La mayor fragmentación del suelo con el C 101M se debe al número e interdisposición de sus órganos de trabajo, los

cuales al laborar en tándem y escalonadamente a 10 cm de profundidad en el centro del cantero reducen la formación de terrones de gran tamaño.

La fragmentación del suelo por los equipos que participan en el laboreo primario juega un papel importante en la preparación de suelo para cualquier condición, ya que reduce, entre otros aspectos, el plazo entre labores y por consiguiente el tiempo total de ese proceso. Esto cobra mayor importancia en los suelos arcillosos pesados como los del norte de la provincia de Villa Clara, por sus propiedades físicas, físico-mecánicas y el tiempo reducido, alrededor de cuatro meses, para realizar dicha labor fitotécnica. En la Figura 3 se muestra la fragmentación lograda con el C 101M en la labranza primaria de superficies acanteradas con cobertura de residuos vegetales.

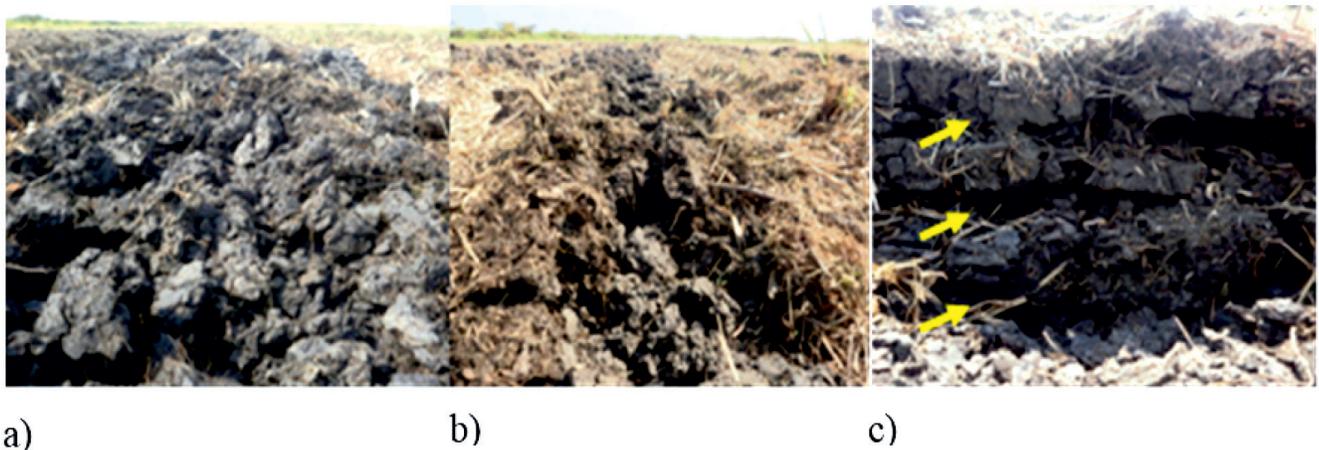


FIGURA 3. Fragmentación del suelo por el C 101M. a) Sin presencia de cepa sobre el cantero; b) Con cepas de caña; c) Vista lateral del plano de corte en tres secciones, obsérvese el grado de ruptura logrado por encima de las saetas.

La cobertura de residuos vegetales en la superficie causó mayor variación en la profundidad de trabajo del M 250, con desviación estándar (DE) de $\pm 0,03$ m y coeficiente de variación (CV) del 45%, lo cual se originó como consecuencia de la acumulación de residuos vegetales delante de los brazos escarificadores, que al cubrir el espacio entre la superficie del suelo y el bastidor ejercen presión sobre este último disminuyendo la profundidad de trabajo hasta cero, como se muestra a los 3 metros (Figura 4).

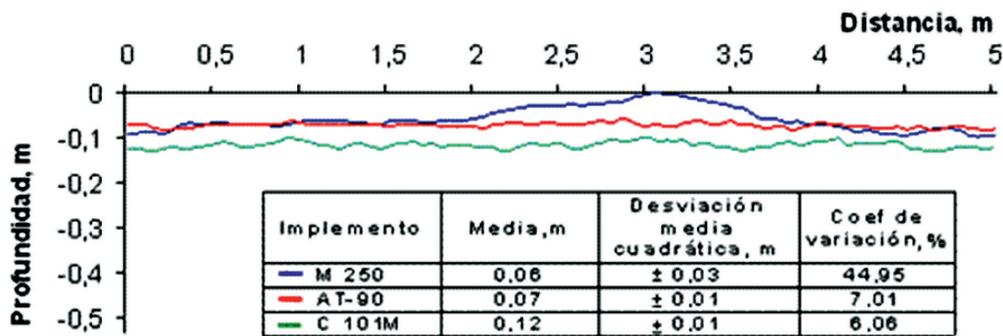


FIGURA 4. Variación de la profundidad de trabajo en el plano longitudinal.

La mayor estabilidad se encontró con la utilización del escarificador combinado C 101M y el arado de discos AT-90, ambos mostraron resultados similares con DE de $\pm 0,01$ m y CV entre 6 y 7%, encontrándose dentro del rango establecido para la labor de aradura, de 5 a 7% según González (1993).

Uno de los requisitos de gran importancia a cumplir en la maquinaria agrícola es realizar con calidad la labor para la cual fue diseñada, a partir de ese precepto se invalida el empleo del M 250 en la labranza primaria de superficies acanteradas con cobertura de residuos vegetales, por la alta inestabilidad de la profundidad de trabajo (45%), como consecuencia de los continuos atoros por su baja capacidad de paso en las condiciones de investigación.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten arribar a las siguientes conclusiones:

- La labranza primaria localizada de superficies acanteradas, con cobertura de residuos en la superficie, mediante el escarificador C 101M, mostró mejores índices de calidad de la labor respecto a la total con el multiarado M 250 y el arado de discos AT-90 por fragmentar más el suelo, predominando los terrones entre 50 y 100 mm con el 21%, y lograr una estabilidad de la profundidad de trabajo dentro de los parámetros recomendados para esta labor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BETANCOURT, Y., A. E. GARCÍA DE LA FIGAL; M. RODRÍGUEZ y J. R. GÓMEZ: "Empleo del arropador de disco para el manejo de residuos en los suelos arcillosos pesados del norte de Villa Clara", Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 18(2):12-15, 2009.
2. BETANCOURT, Y.; C. IGLESIAS; M. RODRÍGUEZ; A. GUTIÉRREZ y E. MARTÍNEZ: Modificación del escarificador C 101 para la labranza primaria localizada de los suelos arcillosos pesados en caña de azúcar, En: Memorias de Agrocentro 2012, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, Villa Clara, Cuba, 2012.

3. CUELLAR I. A., M. E. DE LEÓN; A. GÓMEZ; D. PIÑÓN; R. VILLEGAS y I. SANTANA: Caña de Azúcar. Paradigma de Sostenibilidad, 175pp., INICA, 2003.
4. CUELLAR, I.; R. VILLEGAS y M. E. DE LEÓN: Álvaro Reynoso: 140 años después, pp. 23-27, Unid. de Impres. Gráficas, MINREX. La Habana, 2002.
5. EIA: Labranza Conservacionista, 22pp., La Habana, 1999.
6. GARRIDO, J., X. VALLE y P. CAIRO: Evaluación técnico económica de la preparación del suelo por el método del laboreo mínimo en suelos oscuros plásticos gleysosos de la provincia de Villa Clara, 10pp., Facultad de Ciencia Agrícolas, Departamento de Mecanización, UCLV, Santa Clara, Cuba, 1988.
7. GÓMEZ, A.; E. VELARDE y R. CÓRDOBA: “Nuevas soluciones para la preparación de suelos en Cuba”, Revista Cuba & caña, 2(3): 31-36, 1997.
8. GONZÁLEZ, R.: Explotación del parque de maquinaria, 318pp., Ed. Félix Varela, La Habana, 1993.
9. GUTIÉRREZ, A.; L. VIDAL; N. ALONSO y J. PACHECO: Estudio Cuantitativo del sistema radicular de la caña de azúcar plantada en canteros y de su distribución lateral y vertical. Relación con otros parámetros, En: Memorias del 41 Congreso de la ATAC, pp. 370-380, La Habana, Cuba, 1984.
10. HERNÁNDEZ, A.; M. O. ASCANIO; A. CABRERA; M. MORALES; N. MEDINA y L. B. RIVERO: Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba, 64pp., Instituto de Suelo, Editora AGRINFOR, La Habana, 1999.
11. HERRERA, M.; C. IGLESIAS; M. RODRÍGUEZ; A. GARCÍA DE LA FIGAL; R. PÉREZ y M. FERNÁNDEZ: “Propiedades dinámicas de los vertisuelos que intervienen en el diseño de órganos escarificadores. Parte 1”, Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 10(3): 21-28, 2001a.
12. HERRERA, M.; C. IGLESIAS; M. RODRÍGUEZ; A. GARCÍA DE LA FIGAL; R. PÉREZ y M. FERNÁNDEZ: “Propiedades dinámicas de los vertisuelos que intervienen en el diseño de órganos escarificadores. Parte 2”, Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 10(3): 29-36, 2001b.
13. INICA: Instructivo Técnico para la Producción y Cultivo de la Caña de Azúcar, 166pp., Ed. Publinica. INICA. Primera Edición, La Habana, Cuba, 2007.
14. LEYVA, O.: Fundamentación de una tecnología para laboreo mínimo de suelos vertisoles basada en la aplicación de una máquina compleja en caña de azúcar, 145pp., Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas), Universidad Agraria de La Habana, La Habana, Cuba, 2009.
15. MINAZ: Estrategia para la producción de caña 2009-2013, 61pp., Ed. MINAZ, La Habana, 2008.
16. NC 34-47: 2003: Máquinas agrícolas y forestales. Metodología para la determinación de las condiciones de ensayo. Vig. octubre 2003.
17. RODRÍGUEZ, M.: Fundamentación del uso de rodajes por semiesteras en las cosechadoras cubanas de caña de azúcar para trabajar en suelos de mal drenaje con condiciones de alta humedad, 135pp., Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas Agropecuarias), La Habana, Cuba, 1999.
18. SANTANA, M.; J. B. FUENTES; L. BENÍTEZ; J. COCA; R. CÓRDOBA; S. HERNÁNDEZ; J. ARCIA; J. HERNÁNDEZ; I. HERNÁNDEZ y D. SOCARRÁS: Principios Básicos para la aplicación de tecnologías de preparación de suelos en el marco de una agricultura conservacionista y sostenible, 77pp., Ed. INICA- MINAZ- IIMA- CNCA, La Habana, Cuba, 1999.
19. SILVEIRA, J. A.: Máquinas agrícolas, 568pp., Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1990.

Recibido: 1 de septiembre de 2012.

Aprobado: 5 de septiembre de 2013.

Yoel Betancourt Rodríguez, Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Villa Clara-Cienfuegos (ETICA Villa Clara-Cienfuegos), Autopista Nacional km 246. Apartado 20, Ranchuelo, Villa Clara, Cuba. Fax: 451 520, Correo electrónico: bejmenendez@vc.azcuba.cu y secretaria@epica.vc.azcuba.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.