

Propuesta de equipos para la mecanización sostenible del cultivo caña de azúcar bajo principios agroecológicos

Proposal of equipment for the sustainable mechanization of sugarcane cultivation under agroecological principles

José Antonio González Marrero¹(dpagro@ult.edu.cu) (<https://orcid.org/0000-0002-1427-4059>)

Resumen

En el trabajo se expone un sistema de equipos para la mecanización del cultivo de la caña de azúcar con un enfoque agroecológico con el objetivo de preservar y mejorar los suelos de los efectos negativos que produce el uso de la maquinaria como la compactación, erosión, salinización y conservación de la humedad y la micro flora de los suelos. Se fundamenta el empleo de las máquinas e implementos que se proponen para la mecanización de los principales procesos tecnológicos que incluye el cultivo, así como aspectos agrotécnicos y tecnológicos que se deben cumplir para minimizar o prevenir las afectaciones al suelo y al cultivo y lograr la máxima eficiencia económica y energética del proceso mecanizado.

Palabras claves: mecanización, agroecología, sostenibilidad, caña de azúcar, medio ambiente, energía.

Abstract

This work presents a system of equipment for the mechanization of sugarcane cultivation with an agroecological approach with the objective of preserving and improving soils from the negative effects produced by the use of machinery, such as compaction, erosion, salinization and conservation of moisture and soil microflora. The use of machines and implements proposed for the mechanization of the main technological processes included in the crop, as well as agrotechnical and technological aspects that must be complied with to minimize or prevent soil and crop damage and achieve maximum economic and energy efficiency of the mechanized process.

Key words: mechanization, agroecology, sustainability, sugarcane, environment, energy.

Generalidades sobre las afectaciones medioambientales de la mecanización de la caña de azúcar

La mecanización del cultivo de la caña de azúcar garantiza la sustitución de gran cantidad de mano de obra y cumplir en tiempo y calidad con las operaciones contenidas en la carta tecnológica del cultivo. No obstante, la mecanización del cultivo tiene efectos negativos en las propiedades físico y químicas del suelo lo cual tiene incidencia en el rendimiento cañero. La compactación, la afectación estructural y la erosión de los suelos debido al tránsito de los tractores y acción de los implementos y máquinas,

¹ Doctor en Ciencias Agrícolas. Profesor Titular. Universidad de Las Tunas. Cuba.

inciden en la reducción de la productividad de los suelos y del cultivo de la caña de azúcar corroborado por autores como Nacci, Ramos y Pla (2002), Pla y Nacci (2001).

Según González, Iglesias y Herrera (2009) la principal causa de degradación física del suelo es la compactación provocada por: presión sobre el suelo, peso sobre los sistemas de rodaje, número de pases, velocidad de desplazamiento, patinaje y realización de labores en condiciones inadecuadas de humedad y que la principal causa de compactación del suelo es el tránsito durante el tiempo que este permanece a una humedad cercana a la humedad crítica de compactación.

En este sentido, el presente artículo tiene como propósito exponer un complejo tecnológico de equipos para la mecanización del cultivo de la caña de azúcar con un enfoque agroecológico con el objetivo de preservar y mejorar los suelos de los efectos negativos que produce el uso de la maquinaria, tales como: la compactación, erosión, salinización y conservación de la humedad y la micro flora de los suelos.

Propuesta de un complejo tecnológico de máquinas e implementos para el cultivo caña de azúcar con un enfoque agroecológico

Tecnologías de labranza conservacionistas

A nivel internacional las tendencias en el diseño y construcción de aperos de labranza se enfocan al desarrollo de implementos de corte vertical y horizontal sin inversión del prisma del suelo.

Los órganos de trabajo del tipo escarificadores posibilitan el corte vertical y horizontal del suelo, y pueden o no estar dotados de saetas laterales (Deere, 2020 y New Holland, 2020).

Estos órganos escarificadores se soportan por brazos rectos, curvos, e inclinados indistintamente. Su geometría está en dependencia de concepciones del diseño del fabricante, del tipo de labor a realizar y de las condiciones del suelo a laborar, aunque se conoce que los órganos que poseen brazos curvos consumen menos energía que los que poseen brazos rectos (Cruz, 2014).

En países de Europa y Brasil se fabrican implementos de labranza y cultivo que están dotados de saetas laterales ya que garantizan el corte horizontal del suelo y de esta manera, que se destruya lo menos posible la estructura del mismo, así como se obtenga una mayor calidad en la preparación del lecho de siembra y se prevenga el riesgo de que se forme un piso de aradura. El diseño y disposición de las saetas responden a la labor a realizar, el cultivo y el tipo y condiciones del suelo a labrar.

En el Reino Unido se desarrolló el Paraplow (dotado de brazos inclinados) para dar respuesta a la compactación del suelo que con el tiempo provocaba la siembra directa. A ello le ha seguido la introducción de los denominados Paratill, Ecoltier o Cultivie que han recibido la denominación según el país de origen y por el diseño de la estructura o bastidor que soportan los órganos de trabajo. Los dos últimos tienen sus órganos curvos pues según las investigaciones realizadas, esta forma garantiza mayor calidad del trabajo y menor resistencia a la tracción.

Los aperos anteriores garantizan el corte del suelo de una forma natural y sin la inversión del prisma. Estos combinan las cualidades más deseadas de los arados de vertederas en cuanto a la mullición del suelo, con las ventajas que poseen los órganos escarificadores de no inversión del prisma.

Dentro de las ventajas de este apero se debe señalar que los mismos son capaces de descompactar el suelo sin destruir su estructura, levantar y fracturar el suelo a lo largo de sus planos naturales de falla, evitan las mezclas de la capa superficial con el subsuelo, reduce el número de terrones, entierran los residuos de cosechas anteriores lo cual es de gran importancia para la labranza conservacionista del suelo (Bigam y Brothers Co, 2021). Contribuyen, además, a la infiltración y absorción del agua en el suelo, estimula el desarrollo de las raíces y permite la colocación de fertilizantes en zonas más profundas (Cruz, 2014; González, 2021).

Otra tecnología conservacionista es la desarrollada por el INICA que según Cruz (2014) se fundamenta en la utilización de los escarificadores C-101, C-102, C-304 accionados por tractores de la clase traccional 30 kN. Estos implementos realizan de forma combinada las labores del descepe, mullido, descompactación y surque en un solo pase, reduciendo así el número de pases de la maquinaria por el suelo.

La anterior tecnología en cada pasada prepara una hilera dejando conformado un surco con las condiciones óptimas para el desarrollo de la caña de azúcar (Betancourt, Rodríguez, Gutiérrez, Velarde y García, 2007; Betancourt, Iglesias, Rodríguez y Martínez, 2011; Betancourt, Iglesias, Rodríguez, Gutiérrez y Martínez, 2012; Betancourt, Iglesias, Rodríguez, Gutiérrez y García, 2013).

Un implemento denominado Multilabrador, fue diseñado por Leyva (2009), que es capaz de realizar en una sola operación de manera simultánea el descepe, mullido, descompactación y surque. Esta máquina es accionada por un tractor de 30 KN. En cada pasada se preparan dos hileras, dejando conformados dos surcos, listos para recibir la semilla.

Dentro de los principales resultados alcanzados por los autores (Betancourt y otros, 2013; Leyva, 2009 citado por Cruz, 2014), se desprende que las tecnologías sin inversión del prisma del suelo permiten aumentar la productividad en las labores de descepado, cruce, surcado y cultivo, reduciendo los costos de producción, además se disminuyen el tiempo total de preparación del suelo de 15 a 20 días, plazo más breve que con el laboreo tradicional (de 45 a 60 días) permitiendo un mejor aprovechamiento de la fertilidad del suelo, ya que son prácticas conservacionistas que protegen el suelo de los agentes degradantes.

El efecto de descompactación se puede lograr con herramientas de labranza vertical cuyos órganos activos pueden ser curvos o rectos, vibratorios o rígidos. Los órganos activos rectos y rígidos permiten una menor remoción del rastrojo superficial al tener un menor ancho de ataque del suelo (Cruz, 2014).

Según Leyva (2009, citado por Cruz, 2014), aproximadamente el 50% del costo de producción agrícola y el 60% del gasto total de energía, corresponden a las labores de

preparación o labranza, demandándose máquinas que lo simplifiquen y eleven la productividad (Leyva, 2009).

Por lo anterior, para una labranza ecocompatible se propone un complejo tecnológico de aperos con las siguientes características:

- Implementos de labranza vertical sin inversión del prisma.
- Equipos con distintos órganos que realicen labores combinadas.
- Aperos de laboreo localizado o en franjas.

Para la labranza primaria se proponen implementos conservacionistas como:

- Tiller con órganos rígidos o flexibles.
- Multiarados.
- Subsoladores.
- Paraplow, Paratill y Cultivie o Ecoltier.

Para la labranza complementaria implementos como:

- Cultivadores de cincel o púas con órganos rígidos o flexibles.
- Tiller con órganos rígidos o flexibles.

A continuación, se relacionan modelos de implementos de tecnología conservacionista actualmente en uso:

- Equipos de labranza de Conservación SLC-T-3220, SDC-1703, SLC-3220.
- MF-SD03, MF-RCL20 y MF-RCT20.
- Paratill Tye 4T; *PARAPLOW* PW3100 Kongskilde; *PARAPLOW* M-0963227; Paratill Super Bong; *PARAPLOW* Howard PW 2100, PW 3106, PW 3108; Paratill Dolby; *Ecoltier* Distrimaq; Paratill Paraplow Apache 5400; Subsolador discompact Jympa DB-S; Jympa 2F; paraplow Budassi entre otros.
- Multiarados M-140, M-160, M-250, M-580 de Agric y C-101, C-102, C-304 Tecnología INICA.
- Multilabradora UDG-3.2 (Tecnología desarrollada por la Universidad de Granma).
- Chiseles AGROMET, John Deere, Kuhn, Galucho; Escarificadores CASE y New Holland.

1. Labores de plantación mecanizada.
2. Labores de plantación mecanizada ecocompatibles.

Para la plantación mecanizada con enfoque agroecológico se propone ejecutarla con plantadoras semiautomáticas o automáticas con neumáticos de alta flotación y que

ejecuten las operaciones de fertilización y aplicación de productos químicos o bioproductos y que tengan órganos descompactadores detrás de las ruedas. Además, que las mismas ejecuten a la vez: la apertura de los surcos con órganos con puntas descompactadoras, la distribución de la semilla, la aplicación de los fertilizantes y productos sanitarios, el tapado de los surcos y acabado del suelo.

Algunos modelos de plantadoras de caña con enfoque agroecológico en explotación actual son las siguientes:

1. Plantadora de caña picada automática ECOAGRÍCOLA MODULLUS P.
2. Plantadora de caña PC 1102.
3. Plantadora de caña troceada PCP 6000.
4. NQAS Excelsa.
5. Plantadora de caña Doble TT Neozaf 8022 y Doble TT Neozaf 6000.
6. Plantadora de Cana Picada - PCP 6000 Automatizada DMB.
7. Plantadora PCI-4000 Generación III.
8. Plantadora automática de caña picada CIVEMASA- PACC- 2L.
9. Plantadora de caña BRN PC 7500.
10. Aperos para las labores fitotécnicas con enfoque agroecológico.

Para a agricultura cañera se han diseñado y fabricado implementos y máquinas para las labores fitotécnicas que priorizan la descompactación de los suelos, la ejecución de labores simultáneas y el cumplimiento de los principios de la agro ecología enfocadas a mejorar y preservar las propiedades físicas y químicas de los suelos.

Las operaciones que comprenden estas labores son:

- Descompactación
- Deshierbe.
- Aporque y desaporque.
- Control de malezas y plagas con químicos y bioproductos.
- Limpia de guardarrayas.
- Fertilización mineral y orgánica.

Los tractores utilizados para estas labores deben poseer: sistemas de rodaje de alta flotación y adherencia, tracción delantera y trasera, sistema automático de bloqueo del diferencial, conexión o desconexión de forma automática de la transmisión delantera, sistema de enganche y ATF delantero y trasero, consumo específico de combustible bajo del motor, motores equipados con la tecnología de reducción catalítica selectiva (SCR) y el ADBLUE y otras características, así como realizar el trabajo con

determinados requisitos agrotécnicos y tecnológicos que eviten o prevengan las afectaciones al suelo (González y García, 2016).

Los equipos fabricados en distintos países, sobre todo en Brasil y Sudáfrica, subsolan, fertilizan, deshieran, desterronan, procesan los rastrojos, surcan y otras labores de acondicionamiento de forma simultánea. Se caracterizan por economizar el costo operativo del cultivo de la caña, utilizar cuchillas delanteras corta rastrojos, versátiles con ajuste de espaciamiento y materiales anticorrosivos en su construcción.

Algunos modelos actualmente en uso en la agricultura cañera de probada son:

- Cultivador Abonador para Caña JM3720SH JUMIL.
- Subsolador Abonador Cultivador Múltiple Ligero. SACM/LT TATU MARCHESAN.
- Surcador abonador ligero SAL. TATU MARCHESAN.
- Subsolador Abono Cultivador Múltiple SACMT. TATU MARCHESAN.
- Cultivador-fertilizador CIVEMASA.
- Cultivador-fertilizador doble TT.
- Sulcador pantográfico DMT.
- Cultivador triple operación DMT.
- Cultivador Nuevo San Francisco DMT.
- Cultivador fertilizador CIMA F-350.
- Abonadora CC 300, 150 AGRODYNE.
- Surcador-cultivador-fertilizador IIMA-Baldan.
- Cultivador-fertilizador Gaspardo HL-4.
- Cultivador-fertilizador Baldan CVAC-COP.
- Máquinas distribuidoras de materia orgánica con rodaje de alta flotación.
- Máquinas para la protección fitosanitaria con los enfoques de ecocompatibilidad y sostenibilidad.

2. Medios utilizados para la cosecha y transporte eco compatibles.

Las máquinas y medios de transporte utilizados para la cosecha y transporte se deben caracterizar por poseer neumáticos de alta flotación, presión de inflado regulable y características técnico explotativas acordes con estas operaciones. Además, se deben tomar todas las medidas organizativas y tecnológicas necesarias para disminuir el tránsito de los equipos sobre el campo durante la cosecha.

Se debe tener un preciso control de la humedad del suelo y rastrojo, el inflado de los neumáticos y el lastrado de las máquinas, para evitar el patinaje y afectaciones severas

a la estructura del suelo. Cuando los campos tienen un alto grado de humedad y mal drenaje, se deben utilizar combinadas con tren de rodaje de semiesteras.

Algunas combinadas cañeras usadas con este enfoque que se proponen son:

- KTP-3000S.
- CASE IH serie AUSTOFT A-7700, A-8000 y la A - 8800.
- CASE IH A-7000.
- Massey–Fergusson MF201CANE COMMANDER.
- TOFT 6000.
- CLAAS-2000.
- CAMECO 2500 de esteras y 3510 de gomas o esteras.

Transportación de la caña de azúcar

Los medios de transporte utilizados en la agricultura cañera son los camiones, los tractores y el ferrocarril. En los camiones y tractores se debe garantizar el uso de neumáticos de alta flotación, un adecuado inflado de los mismos y el cumplimiento estricto de las medidas técnicas organizativas y explotativas durante el trabajo, para las menores afectaciones posibles al suelo y al cultivo.

Los modelos de camiones más utilizados en la actualidad y propuestos por sus características técnicas explotativas para el transporte de la caña de azúcar son:

- Sinotruk,
- Kamaz,
- ZIL,
- HINO,
- Mercedes-Benz Actros y Unimog,
- Camiones Volvo VM,
- Scania,
- Ford.

Precisiones finales

Los implementos de labranza conservacionista de corte vertical y horizontal sin inversión del prisma, utilizados en el cultivo de la caña de azúcar, permiten aminorar o prevenir el deterioro, conservar o mejorar las propiedades físico químicas, agro biológicas y estructurales del suelo, aumentar la eficacia del empleo del agua, disminuir el consumo de combustibles y lubricantes y el costo de operaciones en general.

Las plantadoras que se utilicen en la plantación de la caña de azúcar, para responder al enfoque agroecológico, deben garantizar ejecutar de forma simultánea, todas las operaciones que comprende esta labor y también que posean sistemas de rodaje de alta flotación para disminuir la compactación del suelo.

Los aperos utilizados en las labores fitotécnicas o culturales, deben evitar o atenuar la compactación y erosión de los suelos y garantizar la descompactación y la mejora de las propiedades agro biológicas de los mismos, así como ejecutar de forma simultánea, todas las operaciones que comprende esta labor.

La eficacia ecológica, económica y tecnológica de la labranza conservacionista y de las labores culturales, está estrechamente relacionada con el empleo adecuado y racional de los tractores utilizados, así como con las características constructivas y técnicas de estos.

Las cosechadoras y medios de transporte utilizados en la agricultura cañera deben tener características técnico y tecnológicas explotativas, acordes con estas operaciones. Además, se deben tomar todas las medidas organizativas y tecnológicas para disminuir el tránsito sobre los campos. Los sistemas de rodaje de los equipos de cosecha y transporte deben ser de alta flotación y se debe tener un estricto control de la humedad del suelo – rastrojo, el inflado de los neumáticos y el lastrado.

Referencias

- Betancourt, Y., Iglesias, C. E., Rodríguez, M. y Martínez, E. (2011). Caracterización de la superficie acanterada para el diseño de implementos que participen en la preparación localizada de suelo en caña de azúcar, *Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20(3), 46-48.
- Betancourt, Y., Iglesias, C. E., Rodríguez, M., Gutiérrez, A. y García, I. (2013). Nuevos parámetros de diseño del escarificador C-101 para la labranza primaria de superficies acanterada. *Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(2), 68-73.
- Betancourt, Y., Iglesias, C. E., Rodríguez, M., Gutiérrez, A. y Martínez, E. (2012). Modificación del escarificador C 101 para la labranza primaria localizada de los suelos arcillosos pesados en caña de azúcar. *Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(1), 31-33.
- Betancourt, Y., Rodríguez, M., Gutiérrez, A., Velarde, E. y García, I. (2007). Evaluación del mullido y el perfil descompactado de diferentes tecnologías de laboreo mínimo en suelos arcillosos pesados del norte de Villa Clara. *Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 16, 70-73.
- Bigham y Brothers CO. (2021). *Why use conservation tillage Bigham Brothers*. Recuperado de <http://www.bighambrothers.com/whycon.htm>
- Cruz, M. (2014). *Diseño de un nuevo apero para la labranza conservacionista en caña de azúcar* (tesis de maestría inédita). Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, UCLV.

- Deere, J. (2020). *Implementos de preparación de suelos*. Recuperado de <https://www.caseih.com/latam/es-latam/News/Pages/El-nuevo-sitio-web-de-Case-IH.aspx>
- González, O., Iglesias, C. y Herrera, M. (2009). Análisis de los factores que provocan compactación del suelo agrícola. *Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(2), 57-63.
- González, J. A. y García, Y. (2016). Los tractores en una agricultura agroecológica y sostenible. *Ojeando la Agenda*, 41, 41-50.
- González, J. A. (2021). Propuesta de equipos de preparación de suelos para una labranza agroecológica, suelos compactados, erosionados y condiciones de sequía. *Opuntia Brava*, 13(3), 64-73. Recuperado a partir de <https://opuntiabrava.ult.edu.cu/index.php/opuntiabrava/article/view/1399>
- Leyva, O. (2009). *Fundamentación de una tecnología para laboreo mínimo de suelos vertisoles basada en la aplicación de una máquina compleja en caña de azúcar* (tesis doctoral inédita). Centro de Mecanización Agropecuaria (CEMA), Universidad Agraria de La Habana, Habana, Cuba.
- Nacci, S., Ramos, C. y Pla, I. (2002). Dynamics of the soil physical properties in vineyards highly mechanized of the Anoia-Alt Penedes. Region. (Catalunya, Spain). En J. L. Rubio y otros (eds.). *Man and Soil at the Third Millenium*. Logroño, España: Geoforma.
- New Holland (2020). *Implemento y equipos para la labranza*. Recuperado de <https://agriculture.newholland.com/eu/es-es>
- Pla, I. y S. Nacci. (2001). Impacts of mechanization on surface erosion on mass movements in vineyards of the Anoia-Alt Penedés Area (Catalonia, Spain). En Scott et al. (eds.). *Sustaining the Global Farm*. Purdue Univ. West Lafayette, pp. 812-816.