

Propuesta de equipos de preparación de suelos para una labranza agroecológica, suelos compactados, erosionados y condiciones de sequía

Proposal of soil preparation equipment for agroecological tillage, compacted, eroded soils and drought conditions

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

Resumen

La restauración y preservación del suelo se encuentra dentro de los 17 objetivos del desarrollo sostenible (ODS) establecidos en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de la ONU. Mantener la cobertura y disturbar lo menos posible, es necesario para evitar la degradación del suelo, uno de los problemas ambientales que provoca la disminución de la producción de alimentos, la contaminación de los suelos y el agua, la pobreza, entre otros. Este artículo tiene como objetivo exponer los principales aperos utilizados en la preparación de suelos para una labranza agroecológica y suelos afectados que garantizan un desarrollo local sostenible sobre la base del cuidado al medio ambiente y la eficiencia económica, así como algunos resultados de pruebas e investigaciones, características de trabajo y determinados elementos para el uso y manejo adecuado de estos. Se describen algunas características técnicas y de trabajo de tipos y marcas de implementos utilizados en este tipo de labranza. Para desarrollar este trabajo se emplearon métodos y técnicas de nivel teórico y empírico, para la obtención de información.

Palabras claves: labranza, arados, agroecología.

Abstract

Soil restoration and preservation is among the 17 Sustainable Development Goals (SDGs) set out in the UN's 2030 Agenda for Sustainable Development. Maintaining cover and disturbing as little as possible is necessary to avoid soil degradation, one of the environmental problems that causes a decrease in food production, soil and water pollution, poverty, among others. The objective of this article is to present the main implements used in soil preparation for agroecological tillage and affected soils that guarantee a sustainable local development based on environmental care and economic efficiency, as well as some results of tests and research, working characteristics and certain elements for the proper use and management of these implements. Some technical and working characteristics of types and brands of implements used in this type of tillage are described. In order to develop this work, theoretical and empirical methods and techniques were used to obtain information.

Key words: tillage, plows, agroecology.

¹ Doctor en Ciencias Técnicas Agrícolas. Ingeniero en Mecanización agropecuaria. Profesor Titular. Jefe Grupo de CTI. Profesor de Mecanización Agrícola de la carrera Agronomía. Universidad de Las Tunas. Cuba.

Labranza conservacionista. Reflexiones actuales

La FAO precisa como su primer objetivo estratégico la Intensificación Sostenible de la Producción Agrícola (ISPA), que se ha definido como el incremento de la producción a partir de la misma área de tierra al tiempo que se reducen los efectos negativos para el medio ambiente y se aumenta la contribución al capital natural y el flujo de servicios ambientales. Para alcanzar dicho objetivo, aprobó el empleo del “enfoque ecosistémico” en la gestión agrícola.

Un punto de partida importante para la intensificación sostenible de la producción -y un pilar de la ISPA -es la conservación de la estructura del suelo y de su contenido de materia orgánica, mediante la limitación de la alteración mecánica del suelo en el proceso de arraigo del cultivo y de su posterior gestión (Pandey, 2012 citado por Shkiliova y Fundora, 2014).

La aplicación de las técnicas de la agricultura de conservación contribuye a la intensificación sostenible de la producción, mediante la reducción al mínimo de la alteración del suelo y la retención de los residuos de los cultivos en la superficie. La mecanización se debe desarrollar mediante un proceso de apropiación y adaptación a las condiciones donde se utilizará la maquinaria, teniendo en cuenta los enfoques tecnológicos en la agricultura, la correcta selección y uso de los equipos para evitar efectos degradantes en el medio ambiente, especialmente en el suelo, sin olvidar aspectos como la educación y la extensión (Shkiliova y Fundora, 2014).

La preparación o labranza de suelos, es un conjunto de operaciones que se realizan con equipos mecánicos, con el fin de darle al suelo las condiciones óptimas para que puedan germinar las semillas y propiciar el posterior desarrollo de las plantas, al mismo tiempo se le restablecen las apropiadas condiciones físicas, biológicas, químicas, hidrofísicas y físico-mecánicas, y se logra un mejor desarrollo de las semillas y de las plantas cultivadas. Aproximadamente el 50% del costo de producción agrícola y el 60% del gasto total de energía, corresponden a las labores de preparación o labranza, lo que demanda máquinas que lo simplifiquen y eleven la productividad (Friedrich, 2013).

Actualmente, en el ámbito internacional se emplean varias tecnologías de preparación de suelos que van desde el laboreo total hasta la labranza cero. La tendencia fundamental se dirige hacia la labranza conservacionista, con el fin de garantizar la no inversión del prisma, la cobertura de paja y la remoción de la menor área de suelo posible (Cruz, 2014).

De forma general, aunque existen variaciones en función del tipo de suelo y las condiciones locales, las técnicas de labranza de conservación disminuyen de forma drástica la erosión. En diversos estudios citados por AEC/SV (2008), se demuestra cómo a partir de un 30% de cobertura de suelo la erosión disminuye, y cómo con un 60% prácticamente desaparece (Mejías y otros, 2013).

La evolución de la labranza de conservación o siembra directa en los diferentes países ha sido diferente, en dependencia de las condiciones y de los incentivos y programas

de los gobiernos locales. La labranza cero con bases científicas, como alternativa a la labranza convencional, nació en la década de los 40's con el descubrimiento del 2,4-D y otros herbicidas hormonales, que permitieron a los agricultores controlar las malezas de hoja ancha sin recurrir a cultivadoras o al azadón. El descubrimiento de la atrazina a fines de la década de los 50's y de los herbicidas de contacto en la década de los 60's ampliaron la base química de la agricultura de la labranza de conservación y produjeron oportunidades de estudio y desarrollo únicos en la historia de la labranza (OEIDRUS, 2011).

La compactación de suelos es uno de los factores de mayor incidencia en la degradación de suelos agrícolas, caracterizada por la reducción del tamaño, continuidad y cantidad de poros del suelo. Este tipo de degradación física puede originarse por dos vías: en forma natural debido a ciclos de humedecimiento y secado del suelo o artificialmente mediante la aplicación de cargas pesadas. Esta última fuente es la de mayor contribución a los procesos de compactación en los suelos altamente productivos y mecanizados, a consecuencia del tránsito de maquinaria, equipos e implementos agrícolas sobre la superficie del suelo (Pla y Nacci, 2001).

La aplicación continua de cargas provenientes del peso de la maquinaria agrícola sobre el suelo origina gradualmente un deterioro estructural. Esto se manifiesta principalmente en menor disponibilidad de aire y agua para las plantas, menor penetración radical, menor acceso a los nutrientes, menor infiltración, mayores riesgos de erosión hídrica y en algunos casos en reducción de la productividad de suelos y cultivos (Nacci, Ramos y Pla, 2002).

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 una agricultura sostenible, la labranza de conservación garantiza atenuar o prevenir el daño, conservar o mejorar las propiedades físico químicas del suelo, así como aumentar la eficacia del empleo del agua. Esto redundará en el aumento de los rendimientos con respecto a la labranza convencional.

Las tecnologías de labranza que se pueden definir como conservacionistas son: labranza reducida, labranza mínima, labranza cero o siembra directa (Cruz, 2014).

- La labranza reducida, consiste en la reducción del número de operaciones durante el laboreo, con respecto a la labranza convencional. De esta manera se propicia que quede una determinada cantidad de rastrojo o restos de cosecha sobre la superficie, siempre y cuando no se invierta el prisma del suelo de modo tal que se entierren o mezclen los residuos con la masa de suelo (Olivet, 2010).

- La labranza mínima, en su concepción general se basa en la reducción del número de labores, lo cual posibilita que se acorten los plazos de ejecución de cada labor y se incida menos sobre el suelo. Esta tecnología está respaldada por el empleo de aperos capaces de realizar más de una labor al unísono, eliminando la inversión del prisma del suelo. Las labores se pueden combinar con el uso previo de herbicidas para la eliminación y secado de cultivos precedentes o restos de cosecha. Propicia además la aireación del suelo, con un menor mezclado de los restos de cosecha con el suelo. Actualmente es muy utilizada debido a que, al introducir el menor número de equipos durante el laboreo, propicia una menor alteración de las propiedades hidrofísicas, químicas y biológicas del suelo. En sentido general, quedan más residuos vegetales en la superficie del suelo, por tanto, el riesgo de erosión es menor (Alt, 2005).
- La labranza cero o siembra directa, como tecnología se fundamenta en la no labranza de la superficie del suelo, ya que se siembra directamente depositando la semilla tras un corte del suelo a las profundidades requeridas por el cultivo. Por lo general, se emplean máquinas equipadas con una cuchilla que puede ser un disco circular o zapata de corte. Estos discos también tienen como función el corte de los restos de cosecha, de forma tal que no penetren en la hendidura o cavidad donde se va a colocar la semilla (Friedrich, 2013). Posteriormente se tapa la semilla y una rueda compacta el lecho de siembra para permitir su contacto con el suelo húmedo. Esta tecnología exige conservar la cobertura vegetal del suelo, la cual en mucho de los casos se controla con herbicidas antes de la siembra, o mediante el pase de un rodillo que compacta los restos de cosecha para acelerar su secado (Derpsch y otros, 2000). De igual forma se requiere fertilizar debido a que la mineralización natural de los nutrientes del suelo se torna muy lenta.

Las nuevas tendencias en las tecnologías de preparación de suelos se sustentan en la mayoría de los casos en el empleo de órganos de corte vertical y horizontal tipo escarificadores, que pueden poseer o no saetas laterales (Case, 2013). Estos órganos escarificadores se soportan por brazos que pueden ser rectos, curvos, e inclinados (Paratill, Paraplow, Ecoltier, Cultivie) 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).

El artículo tiene como objetivo exponer los principales aperos utilizados en la preparación de suelos para una labranza agroecológica y suelos afectados que garantizan un desarrollo local sostenible sobre la base del cuidado al medio ambiente y la eficiencia económica, así como algunos resultados de pruebas e investigaciones, características de trabajo y determinados elementos para el uso y manejo adecuado de

estos. Se describen algunas características técnicas y de trabajo de tipos y marcas de implementos utilizados en este tipo de labranza.

Aperos utilizados en la preparación de suelos para una labranza agroecológica

El 28% del territorio de la provincia de Las Tunas está afectado por la desertificación, un problema medioambiental que tiene como causas fundamentales los cambios en los patrones lluviosos y el manejo inadecuado de los suelos. En Las Tunas cerca del 80% de los suelos se encuentran degradados, lo cual ha provocado factores limitantes, entre ellos poca profundidad efectiva, erosión, mal drenaje, salinización y compactación (AIN, 2015).

Por ello se hace necesario adoptar medios técnicos y tecnologías para el laboreo primario (aradura) de labranza vertical, como los que se proponen a continuación (Cruz, 2014).

- Subsoladores.
- Cincel.
- Escarificadores.
- Paraplow.
- Paratill.
- Cultivie.
- Ecoltier.

Y para el laboreo secundario:

- Cultivadores.
- Vibrocultivadores.
- Cinceles vibratorios.
- Rastras o gradas de púas.

Los aperos de laboreo de labranza vertical se pueden clasificar como a continuación (Cruz, 2014):

Arcos o montantes (soporte, brazos o timón) Flexibles

- Cinceles, vibrocultivadores, cultivadores

Arcos o montantes Rígidos

- Montante recto (subsoladores, escarificadores)
- Montante inclinado

Angulado

- Paratill, Paraplow

Curvo

- Cultivie, Ecoltier.

Algunas marcas o modelos de los aperos anteriores, de probada eficacia, son los siguientes (Cruz, 2014):

De labranza reducida

- Descompactador (paraplow) diseñado por las firmas Howard Rotavator Company y la División de Protección de Plantas del I.C.I. Este apero descompacta la tierra la levanta ligeramente, lo que provoca su fisuración natural. En el subsuelo rompe las capas compactas, restaura su natural estado con sus grietas y poros. El elemento de trabajo es un brazo inclinado, 45° sobre el nivel del suelo, que acaba en una reja o formón. Asimismo, delante de cada brazo se encuentra un disco ondulado que corta la vegetación y los residuos a fin de que no se embocen los brazos.

En la parte posterior de cada uno de ellos se halla una placa, cuya inclinación, respecto del plano medio definido por cada brazo, permite ahuecar más o menos el suelo, según sus características y contenido de humedad. Los brazos se montan sobre un bastidor triangular de manera similar a los cuerpos de un arado. Cada elemento requiere una potencia del tractor de 30 CV, para una profundidad máxima de 35 cm. La anchura de trabajo es de 0,5 m por brazo, y se pueden montar entre 3 y 8. La labor realizada deja cubierto el terreno por los residuos existentes inicialmente. Puede, por lo tanto, efectuarse la siembra previa eliminación química de las malas hierbas.

- Otros como: Paraplow PW3100 Kongskilde; Paraplow M-0963227; Paraplow Durou; Paraplow Howard PW 2100, PW 3106, PW 3108; Paraplow Budassi; Paratill Paraplow Apache 5400; Paratill de arrastre Dolbi modelo PD 800 de ocho timones; Paratill Tye curved leg subsoiler; Paratill Tye 4T; Paratill Super Bong; Paratill Dolby; Gebraucht-Durou-Cultivie-850; Ecoltier Distrimaq; Subsolador discompact Jympa DB-S, Jympa 2F, Durou cultivie 850 gebraucht, Cultivie Guilbart, Agram, Doble TT, Descompactador Segués DV/DR, Gascon IRIS y AKER, Agrome de V, Paratill Kongskilde paragrubber ECO, Gascon CH-2F, Gascon DSB y DSF, SP Civemasa; Descompactador Bellota, Distrimag Ecoltier, Ecoltier 5400 Apache 205 y otros.
- Escarificadores alados (multiarados M-140, M-160, M-250, M-580 de IAgri). De acuerdo con el tipo de labor a realizar se conforman variantes con diferentes combinaciones de partes y piezas dispuestos sobre el bastidor).
- Escarificadores C-101, C-102, C-304 (Tecnología INICA, combinan una serie de operaciones que permiten realizar simultáneamente el descepe, mullido, descompactación, y surque en un solo pase).
- Chiseles AGROMET, John Deere, Kuhn, Galucho, Bonford Superflow modelo estándar de 7 cuerpos móviles, Escarificadores CASE, New Holland y otros

equipos de labranza vertical de probada efectividad técnica, económica y ecológica.

De labranza mínima

- Equipo de labranza de Conservación AGRiC SLC-T-3220, SDC-1703, SLC-3220. Son implementos con diferentes órganos (rastras y subsolador) que incorporan los residuos, roturan y preparan el terreno para la siembra. Un solo implemento incorpora los residuos, rotura y prepara el terreno para la siembra. Las dos secciones delanteras de rastra permiten incorporar los residuos, evita que se atoren en los timones y las dos secciones traseras de rastra permiten cortar los terrones las cuales están provistas de limpiadores para mantener los discos libres de material.

Poseen brazos con solera de desgaste y punta reemplazable. Además, poseen puntas de labranza de conservación con aletas (similares a los multiarados o ecorados) opcionales para lograr roturar el terreno con menos movimiento de la capa superior realizando el corte horizontal del suelo sin el volteo de la capa arable.

- Equipos Massey Ferguson MF-RCL20, MF-RCT20, MF-SD03. Las dos secciones delanteras de rastra permiten incorporar los residuos, evita que se atoren en los timones. Las dos secciones traseras de rastra permiten cortar los terrones. Timones (órganos labradores) con solera de desgaste y punta reemplazable. Puntas de labranza de conservación opcionales (con aletas), para lograr roturar el terreno con menos movimiento de la capa superior, realiza el corte horizontal del suelo sin el volteo de la capa arable.
- Subsoladores Great Plains modelos: SS0300, SS1300, SS1700, SS1800, SS2000. Es una herramienta de labranza vertical que puede ser usada como arado convencional. En sistemas de arado convencional, puede eliminar las capas de compactación "piso de arado" creadas por el paso previo de arados, rastras o cultivadoras. En un sistema de Mínima Labranza puede ser usado primero como una herramienta para preparar el terreno y luego para mantenerlo. Mantiene una estructura uniforme del terreno, y ayuda a la conservación de los organismos en la tierra, además de aliviar y reducir la compactación superficial hecha por el paso de tractores y otros equipos. Se puede equipar con 2 tipos de timón: de rearme automático y recto.
- Multilabrador UDG-3.2 (Tecnología desarrollada por la Universidad de Granma), máquina combinada que está destinada fundamentalmente para el laboreo mínimo de los suelos pesados para caña de azúcar, así como, para la realización de labores de cultivo, tales como la descompactación, escarificado y control de malezas, en una sola operación de manera simultánea realiza el descepe, mullido, descompactación y surque de dos hileras.

Algunas recomendaciones para el adecuado uso y manejo de los aperos anteriores son las siguientes:

Como parte de la Agricultura de Conservación, los subsoladores y descompactadores deben trabajar bajo residuos de cultivos, por ello en la parte delantera de los brazos o timones se deben poner discos de corte de rastrojos. No deben elevar terrones a la superficie del suelo, lo que requiere una labranza ulterior.

Schuler & Wood (1992) establecen que el subsolado puede ser utilizado para remover capas compactadas, cuando estas limitan el rendimiento. Ellos recomiendan tener presentes los siguientes puntos: (1) Subsolar solamente cuando el suelo se encuentre seco a fin de que sea correctamente fracturado y (2) subsolar un poco por debajo de la zona compactada.

Si se trata de arar un suelo con residuos abundantes, conviene utilizar una rastra de disco o una desmalezadora rotativa, antes del arado cincel o escarificadores.

Cuando el suelo está muy compactado, especialmente en suelos arcillosos, conviene pasarlo dos veces, la primera pasada a una profundidad superficial y la segunda en forma transversal, a la primera, que rompa a la profundidad que se desea. De esta manera, se suprimen los camellones que quedan en la primera pasada y al mismo tiempo se evita que las puntas sigan las mismas ranuras del suelo producidas anteriormente. La velocidad de trabajo puede ser de 5 a 9 km/h. Si el objetivo es solo obtener un barbecho con el suelo desmenuzado y cubierto de camellones, para reducir la erosión provocada por el viento, conviene trabajar con el arado a la mayor velocidad; si la intención es dejar un suelo en condiciones de sembrar, se debe trabajar a velocidades lentas (Carrasco y Riquelme, 2002).

Dentro de los implementos de labranza vertical, los cinceles angulados demandan menos energía que los cinceles curvos (Raper, 2005). De acuerdo con Raper y Bergtold (2007), se puede hacer mucho para disminuir el costo de operaciones con labranza vertical vía reducción de uso de energía, al seleccionar la adecuada geometría y arreglo de los implementos, profundidad de trabajo y humedad en el perfil del suelo.

Cuanto más ancho y más curvo es el cuerpo, la perturbación del suelo y la cobertura de restos vegetales será mucho más lograda. Por otra parte, Serveson (2006) encontró que el arado de cincel con cuerpos curvos dejó entre 20 y 50% de residuos en la superficie del suelo.

Entre los factores que inciden para que una herramienta de labranza requiera una menor o mayor fuerza de arrastre están, la humedad del suelo en el momento de la labor, el ángulo de inclinación entre la punta de la herramienta y el plano horizontal del suelo, el filo de la punta, el tipo de suelo, la profundidad y la velocidad de trabajo así como, la geometría de las partes y aditamentos del implemento y la configuración cuando se trata de una combinación de herramientas como en la siembra directa (Godwin y O'Dogherty, 2007).

El uso adecuado del arado de cincel es función de la distancia entre cuerpos y el ordenamiento de los cuerpos en el bastidor. Los métodos con espaciamiento entre cuerpos de 25 cm; en general, dieron los mejores resultados. Mediante el empleo del arado de cincel, con adecuada calibración en el conjunto tractor-implemento y la posición y distancia entre los cuerpos, se podría obtener un control agronómicamente satisfactorio de malezas sin enterrarla, se deja como material de cobertura. El mejor control de malezas (mayor residuo en la superficie) se logró en función de la posición de los cuerpos en V separados a 25 cm. El arado de cincel dejó más del 30% de la superficie del suelo cubierta con residuos (Hossne y Álvarez, 2007).

Para una gran cantidad de implementos con púas fijas, púas flexibles, cinceles y subsoladores, los grados de desmenuzamiento están en función del espacio entre cuerpos, profundidad de trabajo, tipo y ancho del diente y las condiciones del suelo. Este autor concluyó que el espacio entre cuerpos no debe ser mayor de 1,5 veces la profundidad y el fragmentado del suelo se puede lograr cuando el contenido de humedad es adecuado (Chaudhuri, 2001).

Cadena y otros (2012) obtuvieron los mejores resultados con base en los indicadores: calidad de agregados, consumo de combustible y resistencia específica del suelo (17.3 mm, 22.9 L/ha y 27.4 kN/m respectivamente) en el tratamiento en el que se trabajó con una combinación de distancia entre subsuelos (órganos de trabajo) de 0.30 m, trabajan los cinceles frontales a 0.30 m y el cincel trasero a 0.40 m de profundidad en V.

Para cinceles existe una profundidad de trabajo crítica, en la cual no existe remoción lateral de suelo, y que esta depende del ancho del implemento y de su ángulo de ataque, así como de la densidad y contenido de humedad del suelo. Para trabajar en profundidades mayores a la crítica, es recomendable el uso de aletas laterales en la punta del cincel, lo cual reduce también la resistencia específica y favorece el ancho de trabajo y la eficiencia de campo. Para cinceles y subsoladores es importante considerar el ángulo de ataque, ya que para un valor cercano 0,436 rad (25°) se presentan bajos valores de fuerza de tracción (Aluko y Seig, 2000), así como la menor resistencia específica (Chaudhuri, 2001).

Otros autores señalan que la inclinación de los brazos o timones a 45° con respecto a la horizontal en el sentido del movimiento del conjunto y el ordenamiento o configuración de los cuerpos labradores en delta o V en el bastidor, disminuyen la resistencia a la tracción.

Con el desarrollo de las tecnologías de labranza conservacionista se ha desarrollado y generalizado un apero con características especiales en sus órganos de trabajo, denominados "Partill y Paraplow". Los mismos están dotados de brazos o timones inclinados angulados que garantizan el corte del suelo de una forma natural y sin la necesidad de inversión, si los brazos o montantes son inclinados curvos se les denomina "Ecoltier o Cultivie". Este apero combina las bondades de los arados de vertederas en cuanto a la mulción o fragmentación del suelo, con las ventajas que

poseen los órganos escarificadores de la no inversión del prisma de suelo y reducción de la compactación producto de las presiones verticales del órgano de trabajo (Cruz, 2014).

El descompactador (Paraplow) es un apero desarrollado a finales de los años setenta por la empresa Howard Rotavator conjuntamente con la División de Protección de Plantas de ICI, hoy Sygenta. Fue diseñado con la idea de regenerar los suelos afectados por la compactación originada tanto por la ausencia de labores, como por la acción de los equipos mecánicos, principalmente en las tareas de recolección. Este problema surgió en Inglaterra precisamente como consecuencia de la práctica continuada de la siembra directa donde la infiltración se reducía considerablemente como consecuencia de la reducción del volumen de poros del suelo. A todo ello se añadía la falta de aireación del mismo con los problemas derivados tales como la asfisia radicular.

Aperos de similares características fueron desarrollados años después en Francia, Estados Unidos y otros países de tecnología avanzada. El Paraplow de Howard Rotavator se compone de un bastidor similar al de los arados de vertedera sobre el que se montan un número de brazos comprendido entre 3 y 8, según los modelos. Cada brazo dispone de dos tramos rectos, el primero es perpendicular al plano del suelo, mientras que el segundo presenta una inclinación de 135° con relación al tramo anterior. En la parte delantera del brazo se disponen unas placas de desgaste intercambiables cuya misión es cortar el suelo, mientras que en el extremo se coloca un formón que actúa al rasgar el terreno inicialmente para facilitar la acción de corte antes citada. Detrás del formón se puede montar una pequeña aleta de inclinación regulable encargada de fragmentar más o menos el suelo según dicha inclinación. Los brazos se montan paralelos entre sí sobre un bastidor que se asemeja mucho al de los arados. En la parte posterior de dicho bastidor se dispone de una rueda que permite limitar la profundidad de trabajo y mantener la horizontalidad del apero.

El paratill descompacta el suelo sin destruir su estructura, simplemente lo remueve logra en mayor medida que no se alteren sus propiedades. Este apero posee un brazo o soporte con un ángulo de inclinación de aproximadamente 45° con respecto a la horizontal que le posibilita levantar suavemente el suelo y fracturarlo a lo largo de sus planos naturales de falla, lo deja caer ya mullido en la posición original. El levantamiento suave del suelo permite no mezclar la capa superficial con el subsuelo, crear terrones, o enterrar los residuos de cosechas anteriores, lo cual es de gran importancia para la labranza conservacionista del suelo (Bigham y Brothers Co, 2008).

El paratill tiene la particularidad de romper una mayor zona del perfil del suelo comparado con los subsoladores rectos y dejar más residuos vegetales en la superficie (Busscher y otros, 2006). La descompactación mediante paratill genera cambios positivos en las propiedades edáficas (Unger 1993). Sin embargo, son contradictorios los resultados que existen en cuanto a su perdurabilidad en el tiempo y su impacto en el rendimiento de los cultivos (Álvarez y otros, 2009).

Otros métodos preventivos para limitar la compactación, o sus efectos negativos, son la reducción del tráfico de vehículos y una correcta y uniforme distribución de los residuos de cosecha. En el primer caso es necesario contar con equipos combinados que permitan realizar el mayor número de labores en una sola pasada y organizar las actividades de modo que en lo posible, ciertas operaciones se realicen fuera del lote (Ej.: la descarga de la cosechadora debe hacerse en las cabeceras), evitar el tránsito de tractores y tolvas dentro del campo (Bragachini y otros, 2003). También se recomienda utilizar aperos de gran ancho de trabajo preferiblemente con tractores con rodaje de alta flotación.

Precisiones finales

Los aperos utilizados en la labranza conservacionista permiten atenuar o prevenir el daño, conservar o mejorar las propiedades físico químicas del suelo, aumentar la eficacia del empleo del agua, disminuir el consumo de combustibles y lubricantes, una mayor productividad o capacidad de trabajo, así como una mayor eficiencia y eficacia económica con respecto a la labranza convencional.

El arado de cincel con órganos rígidos y flexibles, los escarificadores, los subsoladores, el paraplow, el paratill, el cultivie y el ecoltier, así como los equipos que realizan labores combinadas, son los más utilizados en la labranza conservacionista.

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

Referencias

- AIN (2015). *Desertificación afecta a provincia de Las Tunas*. Recuperado de <http://www.granma.cu/cuba/2015-07-27/desertificacion-afecta-a-provincia-de-las-tunas>
- ALT, R. (2005). *Es hora de la cero labranza*. Recuperado de <http://www.australosorno.cl/site/edic/20030326060525/pags/2003032606204.html>
- Aluko, O. B. y Seig, D.A. (2000). An experimental investigation of the characteristics of and conditions for brittle fracture in two-dimensional soil cutting. *Soil Tillage Research*, 57, 143-157.
- Álvarez, C. R., Torres, M., Chamorro, E. R., Ambrosio, D'. y Tabeada, M. A. (2009). Descompactación de suelos franco limosos en siembra directa: Efectos sobre las propiedades edáficas y los cultivos. *Ciencias del suelo*, 27(2): 159 -169.
- Bigham & Brothers Co (2008). *Why use conservation tillage Bigham Brothers*. Recuperado de <http://www.bighambrothers.com/whycon.html>

- Bragachini, M., Bongiovanni, R., Ljubich, M., Gil, R., Bonetto, L. y Birón, A. (2003). Sistemas de traslado de equipos para reducir la compactación. *INTA. Rivadavia* 1439(1033), 1-47.
- Busscher, W., Bauer, J. y Frederick Jr., P. J. (2006). Deep tillage for high strength southeastern USA Coastal Plain soils. *Soil and Tillage Research*, 85, 78-185.
- Cadena, M., Campos, S., López, A. y Zermeño, A. (2012). Configuración de herramientas de labranza vertical para reducir demanda de energía. *Terra Latinoamericana*, 30(3), 279-288. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57325509004>
- Carrasco, J. y Riquelme, J. (2002). El arado de cincel. Implemento que ayuda a conservar los suelos, mejora la porosidad, elimina el pie de arado. *INIA. Serie La Platina*, (88), agosto.
- Case (2013). *Escarificadores CASE*. Recuperado de <https://webparts.pvassociates.net/cnh/selectedparts.php>
- 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.
- Chaudhuri, D. (2001). Performance evaluation of various types of furrow openers on seed drills. A review. *J. Agric. Eng. Res.*, 79, 125-137.
- Derpsch, R., Florentín, M. y Moriya, K. (2000). *Importancia de la siembra directa para alcanzar la sustentabilidad agrícola*. Proyecto Conservación de Suelos MAG - GTZ, DEAG, San Lorenzo, Paraguay, 40 p.
- Friedrich, T. (2013). *Agricultura de Conservación. La intensificación sostenible de la producción agrícola*. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, UCLV, 64 p.
- Godwin, R. J. y O' Dogherty, M. J. (2007). Integrated soil tillage prediction models. *J. Terramechanics*, 44, 3-14.
- González, O., Iglesias, C. y Herrera, M. (2009). Análisis de los factores que provocan compactación del suelo agrícola. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(2), 57-63.
- Hossne, A. J. y Álvarez, C. (2007). Influencia de la posición y número de los cuerpos del arado de cincel en un suelo de sabana de Venezuela. *Revista UDO Agrícola*, 7(1), 209-220.
- Mejías, J., Martínez, J. A. y Macías, I. (2013). Impacto ambiental de la introducción de un prototipo agrícola para la labranza de conservación. *DELOS: Desarrollo Local Sostenible*, 6(16).

- 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.
- OEIDRUS (2011). *Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable México. Estudio Bibliográfico sobre Labranza Mínima, Cero y de Conservación*. Recuperado de http://www.oeidrus-bc.gob.mx/oeidrus_bca/biblioteca/estudios/agricolas/labranza.pdf
- Olivet, Y. E. (2010). *Efecto de tres sistemas de labranza en las propiedades físicas y en el consumo energético para el cultivo del tabaco (Nicotiana tabacum L.) en un Vertisol* (tesis doctoral inédita). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
- Pla, I. y Nacci, S. (2001). Impacts of mechanization on surface erosion on mass movements in vineyards of the Anoia-Alt Penedés Area (Catalonia, Spain). En Scott y otros (eds.). *Sustaining the Global Farm*, pp. 812-816. Purdue Univ. West Lafayette, IN.
- Raper, R. L. (2005). Subsoiler shapes for site-specific tillage. *App. Eng. Agric.*, 21, 25-30.
- Raper, R. L. y Bergtold, J. S. (2007). In row subsoiling: A review and suggestions for reducing cost of this conservation tillage operation. *Appl. Eng. Agric.*, 23, 463-471.
- Schuler, R. T. y Wood, R. K. (1992). *Soil compaction. Conservation Tillage Systems and Management, Ch~ 9*, 42-45. Ames, Iowa: MidWest Plan Service.
- Shkiliova, L. y Fundora, R. (2014). La mecanización en la Intensificación Sostenible de la Producción Agrícola (ISPA). *Revista La Técnica*, (13), 32-43.
- Unger, P. W. (1993). Paratill effects on loosing of Torrertic Paleustoll. *Soil and Tillage Research*, 26, 1-9.