

Conservación de los recursos naturales para una **Agricultura** sostenible

Herramientas, maquinarias y equipos

Preparación de la tierra

Labranza del suelo

Labranza manual

Arados, cinces y subsoladores para tracción animal

Arados, cinces y subsoladores

Cultivos de cobertura, residuos y manejo de las malezas

Manejo mecánico

Manejo mecánico manual

Manejo mecánico con tracción animal

Manejo mecánico de los cultivos de cobertura con equipo a tracción mecánica

Manejo químico

Equipo manual o para tracción animal

para manejo del control químico de las malezas

Equipo para el tratamiento químico de los cultivos de cobertura
y el manejo de las malezas operados con tractor

Siembra directa

Siembra directa manual y sembradora de punta

Sembradoras a tracción animal y para tractor de un eje

Equipo para siembra directa para tractores

Otra información sobre sembradoras directas

Bibliografía

Preparación de la tierra

La labranza de la tierra o preparación del suelo es una de las actividades rutinarias en la mayoría de los sistemas agrícolas. A menudo, la preparación de la tierra comienza con la quema de la vegetación del barbecho o de residuos de los cultivos anteriores de modo de limpiar la tierra o espantar animales salvajes o serpientes.



Lámina 1

Este agricultor no solo está limpiando su tierra sino que también está «limpiando sus bolsillos» al quemar la fertilidad potencial del suelo

La quema es por lo general seguida por la [labranza del suelo](#). Dependiendo de las posibilidades del agricultor, la labranza puede variar entre muy extensiva a muy intensiva, pero, ¿porqué aran los agricultores?

En primer lugar, para preparar una cama de semillas adecuada que permita una buena germinación de las semillas. El agricultor piensa que un suelo bien labrado, suelto, nivelado y con partículas finas favorece el contacto entre las semillas y el suelo y contribuye a sembrar a la profundidad correcta. En segundo lugar, los agricultores labran la tierra para controlar las malezas. Otras razones para la labranza pueden ser un mejor almacenamiento y retención de agua y el calentamiento del suelo.

Recuadro 1 Funciones de la labranza del suelo

- Preparar la cama de semillas
- Manejar los residuos de los cultivos
- Incorporar fertilizantes y agroquímicos
- Controlar las malezas
- Romper las capas compactadas
- Aumentar la infiltración de agua
- Dar forma a la superficie: nivelar, surquear, etc.

Lamentablemente, el método usado para llegar a cualquiera de los objetivos de la labranza antes mencionados puede producir un conflicto con otros objetivos. Cada operación adicional de labranza para el control de malezas también entierra más residuos y expone la humedad del suelo en su superficie causando una pérdida adicional de humedad. A medida que se incrementa el número de operaciones de labranza los agregados del suelo disminuyen dejándolo más vulnerable a la erosión (Godwin, 1990).

De esta forma, las operaciones de labranza tienen efectos negativos sobre la productividad del suelo y el retorno económico de los cultivos. La labranza también afecta la disponibilidad del agua y de los nutrientes en el suelo. Entre los costos de la labranza también se derían contar:

- Incremento de la erosión y pérdida de fertilidad
- Incremento de la evaporación y pérdida de humedad
- Reducción de la capacidad de retención de agua del suelo

El suelo erosionado se puede desplazar a otros lugares como diques, lagos, estanques o depósitos o al campo del vecino llevando consigo materia orgánica, nitrógeno, fósforo y pesticidas. Las medidas preventivas como la construcción de terrazas son costosas. Es mucho más efectivo y económico evitar la labranza y conservar los residuos sobre la superficie del suelo.

Labranza del suelo

Por lo general, la labranza es definida según el tipo de actividad que se lleva a cabo (Friedrich, 2000):

- **Inversión:** este tipo de labranza da vuelta el suelo en la parte en que es trabajado. Las capas superficiales son completamente enterradas y las capas más profundas son llevadas a la superficie. El argumento de que la labranza controla las malezas no es válido cuando se hace todos los años ya que la misma cantidad de semillas es llevada a la superficie.
- **Mezcla:** esta operación mezcla todos los materiales en forma homogénea hasta una cierta profundidad, por lo general cerca de 10 cm.
- **Rotura:** este tipo de labranza abre el suelo de modo de aflojarlo sin mover los terrones, por ejemplo en operaciones de decompactación del suelo (subsulado).
- **Pulverización:** esta operación consiste en romper finamente los terrones de suelo de modo de formar un horizonte muy fino, por ejemplo, la cama de semillas. Se ejecuta en unos pocos centímetros debajo de la superficie.

La inversión y la mezcla agresiva afectan la cantidad de residuos que quedan sobre la superficie del suelo. Los arados de rejas y de discos dan vuelta completamente el suelo mientras que los arados de cincel rompen y mezclan el suelo y los cultivadores solo lo mezclan. Las rastras pulverizan el suelo de modo de preparar la cama de semillas.

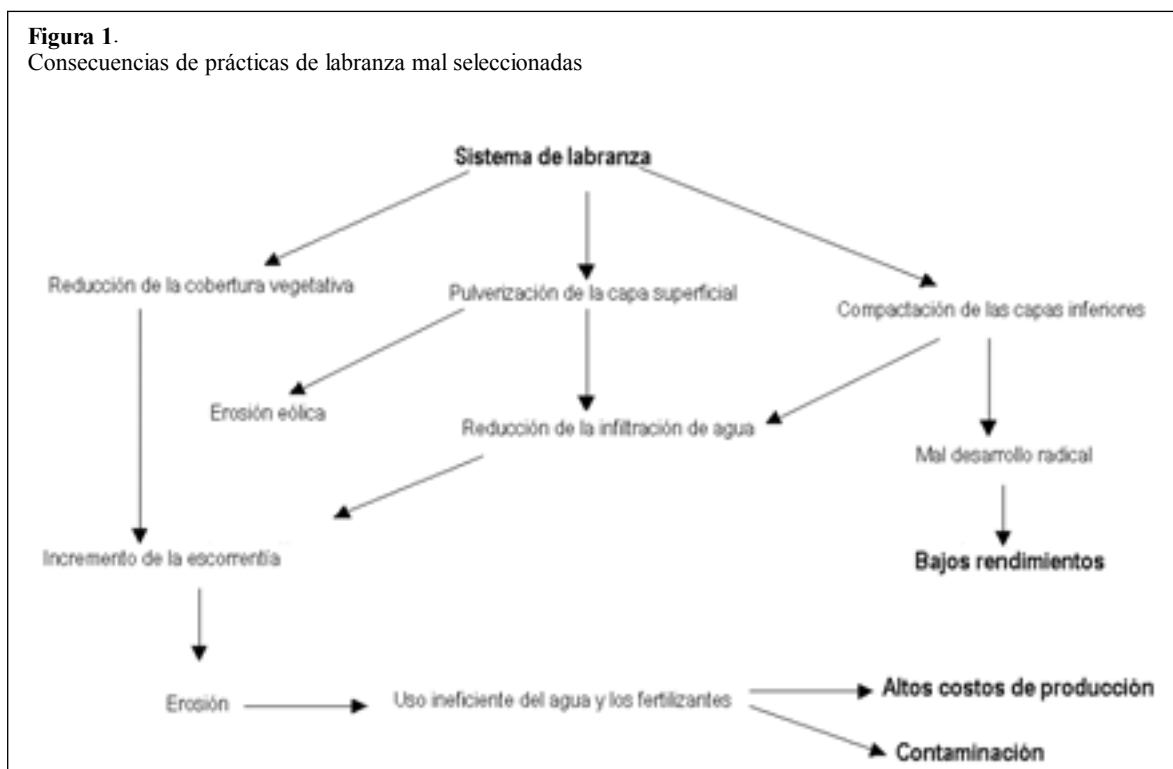
Se pueden distinguir por lo menos cuatro tipos de operaciones de labranza en los sistemas convencionales (Krause *et al.*, 1984):

- Limpieza de la tierra y manejo de los residuos, incluyendo la quema de la vegetación o de los residuos
- Labranza primaria
- Labranza secundaria
- Actividades de manejo de los cultivos como control de malezas, surqueo, rotura de crostas, etc.

Pero en algunos casos la labranza profunda o subsolado es necesaria para romper las capas compactadas en los perfiles profundos.

Figura 1.

Consecuencias de prácticas de labranza mal seleccionadas



En áreas tropicales y subtropicales, donde el peligro de la erosión causada por las lluvias es alto, los suelos son por lo general pobres y erosionados y las temperaturas son altas por lo que la descomposición es rápida; en estas condiciones los sistemas de labranza son usualmente seleccionados con el objetivo de crear una cama de semillas muy fina. Al estar dirigidos solamente a este objetivo los sistemas de labranza están asociados a ciertos procesos de degradación (Figura 1) (Vieira, 1996).

El tipo y el número de operaciones de preparación de la tierra determinan la cantidad de los residuos que quedan sobre la superficie del suelo. Por ejemplo, la arada deja menos del 15 por ciento y un cultivador deja entre 50 y 70 por ciento de los residuos intactos sobre la superficie del suelo.

Cuadro 1. Porcentaje de residuos que quedan sobre la superficie del suelo con diferentes actividades de preparación de la tierra

Tipo de preparación de la tierra	Residuos resistentes	Residuos frágiles
Residuos después de la cosecha	80-95	70-80
Arada	0-15	0-10
Arada y cincel	0-10	0-5
Discos (dos operaciones)	15-20	10-15
Cincel (dos operaciones)	30-40	20-30
Cultivador (dos operaciones)	40-50	30-40
Cultivador (una operación)	50-70	40-60
Siembra directa	80-95	60-80

RECUADRO 2 Desventajas de la labranza

- Pérdida de la humedad del suelo
- Limita la infiltración de agua por el sellado de la superficie
- Destruye la estructura del suelo
- Incrementa el riesgo de erosión
- Aumenta los costos operativos
- Alta demanda de energía, tiempo y equipos

Por lo tanto, es importante elegir prácticas de preparación de la tierra que protejan los recursos naturales y al mismo tiempo mejoren la productividad y reduzcan los costos de protección. En los sistemas de la agricultura de conservación las prácticas de preparación de la tierra se reducen a la eliminación casi total de la labranza.

La labranza cero o práctica de no labranza son aquellas actividades en las cuales las semillas se siembran con el menor disturbo del suelo. Esto significa sembrar sobre los residuos de los cultivos precedentes y de las malezas. Los agricultores, los extensionistas y los investigadores han desarrollado no solo instrumentos para sembrar sobre los residuos sino también herramientas e implementos para manejar los residuos de los cultivos y la vegetación del barbecho.

Estas herramientas e implementos han sido desarrollados a tres niveles:

- [Para labranza manual](#)
- [Para tracción animal](#)
- [Para equipos mecanizados](#)

Labranza manual

Azadas y palas de diferentes pesos y formas son las herramientas usadas para las operaciones de labranza manual, excepto cuando se contrata la arada con animales o tractores. La profundidad e intensidad de la labranza con las herramientas de mano es muy limitada pero, de cualquier manera, deja el suelo expuesto de tal manera que se degrada y erosiona. Incluso causa la compactación del suelo (piso de azada). Sin embargo, las herramientas de labranza podrían ser aún necesarias para algunas operaciones especializadas, incluso bajo los sistemas de agricultura de conservación, tales como la formación de parcelas o el mantenimiento de diques para riego. Sin embargo, bajo la agricultura de conservación no existe más la labranza general y los agricultores usan la siembra directa para instalar los cultivos. De esta forma, es eliminado el importante problema de la disponibilidad de mano de obra.

Arados, cinceles y subsoladores para tracción animal

El arado en sus diferentes formas, ya sea como arado de madera o como arado de rejas es probablemente la herramienta más conocida para la preparación de la tierra, usado tanto en países desarrollados como en los países en desarrollo. No existe otra herramienta que simbolice el desarrollo agrícola como el arado. Sin embargo, bajo la Agricultura de Conservación pueden ser necesarias algunas herramientas especiales que serán discutidas brevemente en este manual de capacitación. Es necesario remarcar que estas herramientas en la Agricultura de Conservación pueden desaparecer como implementos comúnmente usados.

Lámina 2

Labranza primaria para
abrir el suelo dando lugar
a la pérdida de humedad y
una mayor infestación de
malezas
(T. Friedrich)



El arado es usado principalmente para la labranza primaria: abrir el suelo con el objetivo de aflojarlo para facilitar la penetración de las raíces y cortar y enterrar las malezas. El arado puede ser tirado por uno o más pares de burros o bueyes.

Las desventajas del arado incluyen:

- Al inicio de la estación lluviosa son necesarios animales fuertes para tirar del arado mientras que en ese momento los animales están débiles
- La repetición de la arada a la misma profundidad puede crear el piso de arado o capa compactada
- Dar vuelta el suelo completamente da lugar a la pérdida de humedad por evaporación
- La arada lleva semillas de malezas desde las capas más profundas a la superficie del suelo y al mismo tiempo se entierran semillas frescas dando lugar que a largo plazo haya una mayor infestación de malezas.

El diseño del arado de reja, o sea su tamaño y forma, determinan la cantidad de residuos de cultivos que quedan sobre la superficie y la parte que es mezclada con el suelo. Cuanto más grande y más curvada es la

reja mayor será la cantidad de residuos que es enterrada en el suelo y, por lo tanto, los residuos que quedan en la superficie. Como una primera etapa para el pasaje de la arada convencional a la Agricultura de Conservación los agricultores deben optar por implementos de dientes tales como el cincel o el cultivador.

Los cinceles o arrancadores tienen puntas agudas, dientes de metal que pueden ser fácilmente colocados en el timón del arado (Moeller, 1997). Por lo general, los agricultores que desean evitar la arada en actividades mínimas o reducidas de preparación de tierras usan los cinceles.



Lámina 3

Arrancador para tiro animal
(*T. Friedrich*)



Lámina 4

Arrancador «Magoya» con
sembrador adjunto:
una herramienta popular en
África del Sur y del Este
(*J. Kienzie*)

También puede ser usado para romper pisos de arado u otras capas impermeables como crostas.

Sus desventajas incluyen:

- Pobre control de malezas
- Para su bien funcionamiento requiere una condición adecuada del suelo (apto para romperse en migajas o más seco)
- Los residuos y la vegetación sobre la superficie obstruyen el implemento
- Levanta piedras y terrones

Los subsoladores son usados para romper capas de suelo duramente compactadas; el objetivo es mejorar la infiltración de agua y la penetración de las raíces. Puede ser agregado al timón del arado común y también puede ser usado para romper el suelo seco. Su punta se coloca debajo del suelo compactado y puede ser usado hasta profundidades de 25-60 cm. Con tracción animal la profundidad máxima del cincel es de cerca de 30 cm. Por esta razón no es posible hacer un buen subsolado con animales de tiro con el arado de cincel y solamente pueden ser trabajadas compactaciones superficiales.



Lámina 5

Los arados de cincel usados para trabajos profundos con tiro animal deben ser angostos y puntiagudos.

A la derecha: equipo para subsolador para un arado tradicional; a la izquierda, arrancador «Magoya»

(T. Friedrich)

Arados, cinceles y subsoladores

El arado en sus diferentes formas, ya sea como arado de discos o como arado de rejas es probablemente la herramienta más conocida para la preparación de la tierra, usado tanto en países desarrollados como en países en desarrollo. No existe otra herramienta que simbolice el desarrollo agrícola como el arado. Sin embargo, bajo la Agricultura de Conservación pueden ser necesarias algunas herramientas especiales. Pero es necesario remarcar que estas herramientas en la Agricultura de Conservación pueden desaparecer como implementos comúnmente usados.

Lámina 6

Labranza primaria para abrir el suelo que resulta en pérdida de humedad y mayor infestación de malezas
(T. Friedrich)



El arado es usado principalmente para la labranza primaria o sea, para abrir el suelo con el objetivo de aflojarlo para facilitar una buena penetración de las raíces y cortar y enterrar las malezas. Las desventajas del arado incluyen:

- La arada repetida a la misma profundidad puede crear un piso de arado o capa compactada
- Dar vuelta totalmente el suelo puede resultar en pérdida de humedad por evaporación
- Trae las semillas de maleza de las capas profundas del suelo a la superficie dando lugar a una mayor infestación de malezas en el campo

El diseño del arado de reja, o sea su tamaño y forma, determinan la cantidad de residuos de cultivos que quedan sobre la superficie y la parte que es mezclada con el suelo. Cuanto más grande y más curvada es la reja mayor será la cantidad de residuos que es enterrada en el suelo y, por lo tanto, los residuos que quedan en la superficie. Los arados de discos a menudo son considerados como herramientas para la labranza reducida o mínima. Sin embargo, al igual que los arados de rejas parcialmente invierten, mezclan y pulverizan el suelo y con el paso del tiempo contribuyen substancialmente a compactar el suelo. Su acción más bien fuerte sobre el suelo los hacen inadecuados para la labranza de conservación. Los agricultores durante el período de transición a la agricultura de conservación y si fuera necesaria para alguna operación de labranza antes de adoptar un régimen permanente de labranza cero, deberían optar por implementos con dientes verticales como los arados de cincel o los cultivadores, dejando un máximo de residuos sobre el suelo.

Los cultivadores con cinceles pueden ser usados en la fase de transición para romper suelos severamente degradados y sin estructura antes de que la estructura comience a recuperarse. Para el uso bajo la Agricultura

de Conservación los cultivadores arrancadores o de cinceles deberían ser capaces de manejar los residuos superficiales ya sea usando discos de corte colocados adelante de los cinceles o proporcionando suficiente espacio vertical entre los vástagos y el timón para permitir un flujo libre de los residuos a través del equipo. También se debe evitar que los cinceles levanten terrones lo cual sería una razón para una segunda operación de labranza al preparar la cama de semillas. Esto se obtiene eligiendo el momento con la humedad ideal del suelo, cuando este está migajoso y prefiriendo elementos con los vástagos inclinados hacia los lados. Si fuera necesario, por ejemplo en suelos altamente degradados o en suelos húmedos y fríos, el arrancado está a menudo limitado a los surcos de siembra en la siembra en fajas.



Lámina 7

Cultivador pesado para trabajar en profundidad con discos de corte para el manejo de los residuos
(T. Friedrich)

Lámina 8

Un «paraplough» con los vástagos doblados hacia un costado para evitar el levantado de terrones
(T. Friedrich)



Los subsoladores y los cultivadores profundos son usados para romper capas duras o compactadas de suelo con el objetivo de mejorar la infiltración del agua y la penetración de las raíces. La punta del subsolador se coloca inmediatamente por debajo de la capa compactada, por lo general a profundidades entre 25 y 60 cm.

Sus desventajas incluyen:

- Alto requerimiento de energía
- El suelo debe estar en el punto preciso de volverse en migajas hasta la profundidad de intervención
- Las puntas se rompen fácilmente cuando se usan incorrectamente y las puntas gastadas reducen el efecto
- Cuando no se usan correctamente la tasa de infiltración de agua no mejora significativamente

El subsolado para romper la compactación no debería ser considerado como una actividad periódica sino como una excepción. Después del subsolado se toman medidas para estabilizar la estructura que se ha aflojado poniendo atención para no recompactar el suelo. El paso con maquinaria pesada sobre un suelo apenas decompactado o hacer una labranza intensiva con rastras de discos podría destruir el efecto del subsolado y producir compactaciones aún más serias que las anteriores. Debido al alto requerimiento de energía de la operación de subsolado, la rotura del suelo mediante la penetración de las raíces de especies que desarrollan raíces fuertes y profundas puede ser una solución más económica.

Lámina 9

Punta de un subsolador
completamente gastada
(*T. Friedrich*)



Lámina 10
Subsolado con un «paraplow»
deja los residuos vegetales en el
lugar y no disturba la superficie
del suelo
(*T. Friedrich*)

Cultivos de cobertura, residuos y manejo de las malezas

El objetivo de los cultivos de cobertura, de los residuos y el manejo de las malezas es preparar la tierra para la siembra del siguiente cultivo comercial y manejar las malezas de modo que no interfieran con el desarrollo del cultivo. En los sistemas de Agricultura de Conservación este manejo facilita la penetración del equipo de siembra directa sin obstruir los implementos y favorece la germinación de las semillas.

Es deseable que los residuos formen una buena cobertura que proteja el suelo por algún tiempo contra el impacto de las gotas de lluvia y que libere los compuestos alelopáticos que perjudican la germinación de las semillas. La liberación de estos compuestos debería ser lenta y gradual hasta que el cultivo comercial pueda competir con las malezas. Uno de los factores que tienen influencia sobre la liberación de los compuestos alelopáticos es la descomposición de la materia orgánica (Almeida, 1988).

El manejo de los residuos y de los cultivos de cobertura puede ser hecho [mecánica](#) o [químicamente](#) o por una combinación de ambos, dependiendo de las posibilidades del agricultor, la topografía (laderas o tierras llanas), el grado de invasión de malezas en el área y la etapa de desarrollo del cultivo de cobertura.

Manejo mecánico

El manejo mecánico de los residuos y los cultivos de cobertura puede ser hecho usando machetes, cuchillos, guadañas, rodillos cortadores, aplastadores, cortadoras de pasto u otras herramientas o cualquier implemento derivado de los mismos.

[Manejo mecánico manual](#)

[Manejo mecánico para tracción animal](#)

[Manejo mecánico de los cultivos de cobertura con equipo a tracción mecánica](#)

Manejo mecánico manual

Machete o cuchillo

El uso del machete para cortar las malezas y romper los residuos de los cultivos anteriores antes de la siembra es una práctica común en los países de América Latina.



Lámina 11

El uso del machete o de un cuchillo es una práctica común para el control de los cultivos de cobertura en América Latina (T. Friedrich)

Los residuos quedan en la superficie y el cultivo siguiente es sembrado a través de estos residuos.

Recuadro 3. Ventajas y desventajas del machete

Ventajas

- Fácilmente disponible
- Económico
- Herramienta común

Desventajas

- Pesado y consume tiempo
- Las malezas rebrotan

Rodillos cortadores o rodillos aplastadores

El rodillo cortador es usado para doblar y aplastar las malezas o los cultivos de cobertura antes de la siembra del cultivo comercial causando la muerte del cultivo de cobertura. Es por lo general usado con tracción animal o motorizada pero el mismo principio puede ser aplicado a rodillos pequeños tirados por el hombre. Esta operación es preferible ejecutarla después de la floración pero antes de la maduración de las semillas del cultivo de cobertura. De esta manera no hay necesidad de aplicar un herbicida para desecar el cultivo de cobertura y substancialmente se reduce el costo de producción. En este caso es importante que el rodillo cortador solamente rompa y aplaste pero que no corte las plantas del cultivo de cobertura de modo que se sequen y mueran. Si se cortaran las plantas, podrían rebrotar. La siembra mecánica también es facilitada si no se cortan los residuos y quedan en estrecho contacto con el suelo.

Cortadoras

Otra forma de manejar los cultivos de cobertura es con el uso de cortadoras manuales o mecánicas. En algunos países las cortadoras conducidas por un operador se están convirtiendo en una alternativa al uso del machete. El resultado es una buena cobertura ya que la mayor parte de la biomasa permanece intacta después del corte.



Lámina 12

Una cortadora mecánica manual
para controlar la vegetación

Manejo mecánico con tracción animal

Rodillos de cuchillas o rodillos picadores

Los rodillos de cuchillas son usados para doblar y aplastar las malezas o el cultivo de cobertura antes de la siembra del cultivo comercial, matando así el cultivo de cobertura. Esta operación se debería hacer después de la floración pero antes de la madurez de las semillas del cultivo de cobertura. De esta forma no hay necesidad de aplicar un herbicida para desecar la cobertura vegetativa, lo cual reduce sensiblemente los costos de producción. Es importante que el rodillo de cuchillas solo rompa y aplaste pero que no corte las plantas del cultivo de cobertura de modo que se puedan secar y morir. Si se cortaran las plantas estas podrían rebrotar. Además, la siembra mecánica es más fácil si los residuos no han sido cortados aún pero están todavía en contacto con el suelo. El paso del rodillo para aplastar los residuos o el cultivo de cobertura mejora también el control de malezas en comparación con los residuos en pie o los cultivos de cobertura.

El rodillo de cuchillas es un equipo simple y relativamente económico que puede ser construido en la finca. Consiste de un cuerpo cilíndrico que gira libremente en un eje horizontal. Las hojas están ordenadas en forma equidistante alrededor del cilindro. La distancia entre las hojas determina el largo del aplastado. Cuchillos móviles y cuchillos colocados en forma radial al eje del cilindro mejoran la acción y reducen el impacto de los animales de tiro. El cuerpo es colocado en un marco que puede además tener ruedas para facilitar su transporte y una protección para el operador. Cuando se tira del rodillo el cilindro gira sobre los filos de las cuchillas doblando y aplastando la vegetación (Araújo *et. al.*, 1993).



Lámina 13

Rodillo de cuchillas para tracción animal en posición de transporte (T. Friedrich)

Un rodillo de cuchillas puede ser construido con el tronco de un árbol en el que se encastran las cuchillas a una distancia de 22-25 cm alrededor de la circunferencia. Las cuchillas pueden ser hechas de trozos de acero endurecido, por ejemplo hojas de elásticos de un viejo vehículo (Bertol y Wagner, 1987).

Para evitar el rebrote es necesario manejar correctamente el rastrojo. En caso del doblado y aplastado de las plantas es importante que el desarrollo de la cobertura sea uniforme y que no haya rebrote o resiembra después de esa operación. Para ello se recomienda el uso del rodillo de cuchillas en las siguientes etapas de crecimiento del cultivo de cobertura (Calegari, 1992):

- Para las leguminosas: entre la floración completa y la formación de las primeras vainas
- Para las gramíneas: durante la etapa lechosa del grano
- Para otras especies como el rábano: entre la floración y la maduración de las semillas

Si se usan mezclas de cultivos de cobertura es importante elegir especies con un ciclo uniforme de crecimiento (Monegat, 1991).



Lámina 14

El rodillo de cuchillas tirado por bueyes es una herramienta popular en fincas pequeñas y medianas del sur de Brasil
(T. Friedrich)

Aplastadores

En base al mismo principio de los rodillos de cuchillas pueden ser desarrolladas otras opciones mecánicas para doblar y aplastar la vegetación. En esencia, cualquier objeto cilíndrico y más o menos pesado podría ser útil, como muestran los siguientes ejemplos de herramientas usadas por los agricultores:

- Trineos
- Troncos de árboles sin cuchillas
- Tubos de cemento
- Neumáticos usados de vehículos (Paraguay)

Lámina 15

Un trineo tirado por caballos para manejar un cultivo de cobertura de *Mucuna* spp.



Lámina 16

Un caño de cemento usado para aplastar el cultivo de cobertura previo, antes de la siembra del cultivo de cebolla
(V. H. de Freitas)



Lámina 17

Un aplastador de cultivos
de cobertura hecho con
neumáticos viejos
(M. Piñalva)

Cortadoras

Las cortadoras son menos recomendadas para manejar cultivos de cobertura ya que el material cortado podría rebrotar. Las cortadoras de tracción animal están normalmente equipadas con barras de corte con cuchillos paralelos. El movimiento podría ser transmitido por las ruedas y en este caso son apropiadas para ser tiradas por caballos o también podrían ser movidas a motor. Sin embargo, las cortadoras para tiro animal raramente son usadas para el manejo de los cultivos de cobertura.

Manejo mecánico de los cultivos de cobertura con equipo a tracción mecánica

Rodillos de cuchillas o rodillos picadores

El rodillo de cuchillas es usado para doblar y aplastar las malezas o el cultivo de cobertura antes de sembrar el cultivo comercial, dando lugar a la muerte de esas plantas. Esta operación se debería realizar después de la floración pero antes de la madurez de las semillas. De esta forma no es necesario aplicar un herbicida para dessecar la cobertura vegetativa lo cual reduce sensiblemente los costos de producción. Es importante que el rodillo de cuchillas solamente rompa y aplaste sin cortar las plantas del cultivo de cobertura de modo que estas puedan secarse y morir. Si se cortan las plantas podrían eventualmente rebrotar. Con este método se facilita la siembra mecánica siempre que los residuos no hayan sido cortados pero que estén aún en contacto con el suelo. El aplastado de los residuos o de los cultivos de cobertura mejora también el control de malezas en comparación con los residuos o el cultivo de cobertura en pie.

El rodillo de cuchillas es un equipo simple y relativamente económico que puede ser construido en la finca. Consiste de un cuerpo cilíndrico que gira libremente en un eje horizontal. Las hojas están ordenadas en forma equidistante alrededor del cilindro. La distancia entre las hojas determina el ancho del aplastado. Cuchillos móviles y cuchillos colocados en forma radial al eje del cilindro mejoran la acción y reducen el impacto de los animales de tiro. El cuerpo es colocado en un marco que puede además tener ruedas para facilitar su transporte y una protección para el operador. Cuando se tira del rodillo el cilindro gira sobre los filos de las cuchillas doblando y aplastando la vegetación (Araújo *et. al.*, 1993).

Un rodillo de cuchillas puede ser construido con el tronco de un árbol en el que se encastran las cuchillas a una distancia de 22-25 cm alrededor de la circunferencia. Las cuchillas pueden ser hechas de trozos de acero endurecido, por ejemplo hojas de elásticos de un viejo vehículo (Bertol y Wagner, 1987).

Para evitar el rebrote es necesario manejar correctamente el rastrojo. En caso del doblado y aplastado de las plantas es importante que el desarrollo de la cobertura sea uniforme y que no haya rebrote o resiembra después de esa operación. Para ello se recomienda el uso del rodillo de cuchillas en las siguientes etapas de crecimiento del cultivo de cobertura (Calegari, 1992):

- Para las leguminosas: entre la floración completa y la formación de las primeras vainas
- Para las gramíneas: durante la etapa lechosa del grano
- Para otras especies como el rábano: entre la floración y la maduración de las semillas

Si se usan mezclas de cultivos de cobertura es importante elegir especies con un ciclo uniforme de crecimiento (Monegat, 1991).



Lámina 18

Un simple rodillo de cuchillas
hecho de madera con barras de metal
(T. Friedrich)



Lámina 19

Rodillo de cuchillas
montado en un tractor
(T. Friedrich)

Detalles para la construcción de un rodillo de cuchillas (según <http://www.rolf-derpsch.com/>)

Consiste de un cilindro hueco de acero, de 6 mm de espesor, aproximadamente 115-200 cm de ancho y 60-70 cm de diámetro.

Sus extremos se sueldan y se puede llenar con agua si fuera necesario.

8-12 cuchillas sin filo se colocan cada 19 cm.

Las cuchillas tienen 7-10 cm de alto y se colocan paralelas al cilindro a un ángulo de 45° o 90°.

El peso de un cilindro de 200 cm es de aproximadamente 400 kg cuando está vacío y de 800 kg si está lleno.

Estos cilindros a menudo se colocan de tal manera que dos de ellos corren al frente y otro detrás para obtener un mayor ancho de corte.

Los cilindros se montan en un marco para permitir el levantado por el sistema hidráulico del tractor.

(Derpsch, 2003)

Lámina 20

El rodillo de cuchillas para aplastar y matar la cobertura verde de los cultivos de cobertura en la superficie del suelo es una herramienta esencial para el manejo de esos cultivos
(R. Derpsch)

Aplastadores

En base al mismo principio de los rodillos de cuchillas pueden ser desarrolladas otras opciones mecánicas para doblar y aplastar la vegetación. En esencia, cualquier objeto cilíndrico y más o menos pesado podría ser útil, como muestran los siguientes ejemplos de herramientas usadas por los agricultores:

- Trineos
- Troncos de árboles sin cuchillas
- Tubos de cemento
- Neumáticos usados de vehículos (Paraguay)
- Rastras de discos modificadas



Lámina 21

Rastra de discos modificada
Para ser usada como rodillo de
cuchillas
(T. Friedrich)

Lámina 22
Un caño usado para aplastar
el cultivo de cobertura antes de la
siembra del cultivo de cebolla
(V. H. de Freitas)



Lámina 23

Tubos de metal detrás de un tractor
usados como un aplastador de
cultivos de cobertura

Cortadoras

El corte de los cultivos de cobertura no es normalmente recomendado ya que podría favorecer el rebrote del cultivo de cobertura. Además, los residuos quedarían sueltos sobre la superficie y no alineados como cuando son aplastados por un rodillo de cuchillas. Esto podría complicar la siembra.

Además de las cortadoras, las trituradoras son otro tipo de máquinas usadas para manejo de los residuos. Están hechas con cuchillas que rotan verticalmente a alta velocidad alrededor de un eje horizontal. Por lo general reducen la biomasa a pequeños trozos. Sus ventajas incluyen una distribución uniforme de los

residuos, el control de plagas y enfermedades y podrían facilitar el trabajo del equipo de siembra. Sin embargo, su mayor desventaja es que los residuos se descomponen más rápidamente lo que significa menor tiempo de permanencia sobre la superficie de la tierra. Otra desventaja importante es el alto consumo de energía. Por estas razones las trituradoras deberían ser consideradas solamente en casos muy especiales.



Lámina 24

Cortadora en un tractor usada para cortar residuos de algodón
(T. Friedrich)



Lámina 25
Trituradora usada para moler
residuos de algodón
(T. Friedrich)

El mismo principio se aplica a la paja de cereales después de haber pasado la cosechadora. En muchos casos, las cosechadoras modernas tienen triturador de paja. El triturador de paja debe estar ubicado de tal manera que toda la paja sea distribuida uniformemente en todo el ancho de corte de la cosechadora.



Lámina 26

Cosechadora con trituradora de paja
(T. Friedrich)

En la Agricultura de Conservación es preferible, en el caso de la paja de cereales, no triturarla sino solamente distribuirla detrás de la cosechadora. Esto ahorra combustible, proporciona una cobertura del suelo más duradera y reduce el peligro de empujar la paja en la ranura durante la próxima siembra. Los desparramadores de paja se encuentran en el comercio o pueden fácilmente ser contruidos en la finca.



Lámina 27

Desparramador de paja
en una cosechadora
(MAX – Irmaos Thonnings Ltda.)



Lámina 28

Desparramador de paja
construido por un agricultor
(T. Friedrich)

Manejo químico

El manejo químico de la vegetación del rastrojo o del cultivo de cobertura se efectúa aplicando herbicidas. Los herbicidas se aplican para desecar o «quemar» la cobertura vegetativa y de este modo facilitar la siembra del cultivo comercial. Esta práctica normalmente se lleva a cabo cuando el abono verde/cultivo de cobertura no ha llegado aún a su completa floración o estado lechoso del grano y es necesario sembrar el próximo cultivo o cuando es muy tarde para que el agricultor use el rodillo de cuchillas.

Existen varios tipos de pulverizadoras.

Equipo manual o para tracción animal para manejo del control químico de las malezas

La pulverizadora de mochila es probablemente la pulverizadora manual más comúnmente usada. Se lleva en la espalda del operador y es fácilmente transportada en la finca y usada en diferentes tipos de terrenos.

El tanque forma la mayor parte de la pulverizadora de mochila y contiene entre 10 y 15 litros de líquido cuando está lleno. A su costado tiene una palanca que se mueve hacia arriba y abajo y desarrolla la presión necesaria para pulverizar (Moeller, 1997). El líquido a presión escapa por un pico al final de una lanza de mano y cae en forma de minúsculas gotas que forman la pulverización.

Dado que si se debe caminar por un largo tiempo el uso de la pulverizadora de mochila es algo cansador, se han desarrollado otras pulverizadoras basadas en el mismo principio.



Lámina 29

La pulverizadora de mochila es probablemente la pulverizadora más común en el mundo
(T. Friedrich)

En estos últimos casos el tanque se coloca sobre la armazón de una carretilla o en un marco con dos ruedas de bicicleta. Para la tracción humana el tanque puede contener de 20 a 50 litros. Las ruedas también generan la presión de la bomba. Para ello, la palanca está conectada a un pistón hidráulico activado por el movimiento de la rueda. Dado que la pulverizadora no es llevada a espaldas sino desplazada sobre el área a tratar, puede ser extendida con el uso de un aguilón con picos pulverizadores. De esta forma se puede llegar a tratar 5 metros de ancho y el trabajo se reduce a 0,6-1 hora/ha (Araújo *et al.*, 1999).



Lámina 30

Una pulverizadora de mochila adaptada a la tracción humana
(T. Friedrich)

En algunas regiones la disponibilidad de agua es una seria limitación para aplicar herbicidas. En estos casos las tecnologías de bajo volumen usando picos giratorios son una alternativa viable y los volúmenes de aplicación pueden ser reducidos de 150/200 l/ha a 10-20 l/ha.



Lámina 31
Operador llevando una pulverizadora de picos rotativos
(T. Friedrich)

Recuadro 4. Diferentes tipos de pulverizadoras

- Picos hidráulicos
- Picos rotativos/bajo volumen
- Picos simples (pulverizador de punto)
- Aguilón pulverizador
- Pulverizador protegido/cultivos en surcos



Lámina 32

Cortadora de malezas
(*T. Friedrich*)

Recordando que solo se deberían usar herbicidas de baja toxicidad, la aplicación de agroquímicos requiere siempre un máximo de atención y operadores capacitados. Las pulverizadoras no deben tener pérdidas y estar en buenas condiciones de funcionamiento y los picos deben ser regularmente limpiados y sustituidos, si fuera necesario. Los operadores deben estar bien capacitados y deberían estar entrenados para calibrar y manejar las pulverizadoras asegurando los máximos resultados con un uso mínimo de pesticidas.

Las pulverizadoras más grandes que tienen un aguilón grande y pueden contener más líquido se han fabricado para tracción animal, aunque son adecuadas para áreas llanas. En zonas de ladera se recomienda el uso de máquinas con un aguilón corto.



Lámina 33

Pulverizadora con aguilón,
de tracción animal
(*T. Friedrich*)

Para más información sobre medidas de seguridad en el uso de agroquímicos ver Módulos de manejo de malezas.

Equipo para el tratamiento químico de los cultivos de cobertura y el manejo de las malezas operados con tractor

El equipo más común para aplicar herbicidas es el aguilón estándar de los tractores. Dependiendo de su tamaño puede ser montado en el tractor, remolcado o con autopropulsión. Para los cultivos en surco existen pulverizadoras con protección que aplican el herbicida entre las líneas sin afectar el cultivo.

El uso de herbicidas requiere extremo cuidado, conocimientos y capacidad de modo de evitar peligros para la salud humana y para el ambiente. El equipo de pulverización debería cumplir las normas de seguridad y estar en buenas condiciones de trabajo. No debería presentar pérdidas, los controles deberían trabajar correctamente y los picos deberían ser controlados y reemplazados regularmente. Los operadores deberían estar entrenados y ser capaces de manejar correctamente las pulverizadoras. Un herbicida incorrectamente aplicado aumenta los costos de producción e incluso podría poner en peligro el cultivo.



Lámina 34

Pulverizadora con protecciones para la aplicación de herbicida en cultivos en surcos
(T. Friedrich)

Antes de una aplicación la pulverizadora debería ser correctamente calibrada a fin de asegurarse que se aplicará la dosis correcta. Para la aplicación de herbicidas se deberían elegir picos que ofrecen una distribución uniforme sobre una superficie llana, proporcionar una buena superposición incluso a varias alturas del aguilón y producir gotas de cierta medida que no sean llevadas por el viento. Esos picos son por lo general chatos en forma de abanico, con deflector o picos parachorros. Dependiendo del pico y la densidad de aplicación la presión debería ser baja para evitar la formación de gotas demasiado pequeñas (1-2 bar).

Recuadro 4. Diferentes tipos de pulverizadoras

- Picos hidráulicos
- Picos rotativos/bajo volumen
- Picos simples (pulverizador de punto)
- Aguilón pulverizador
- Pulverizador protegido/cultivos en surcos

Para evitar la deriva de las gotas los aguilones de pulverización pueden tener protectores de derivas o mangas.



Lámina 35

Pulverizadora con aguilón
montada en un tractor con protección
para reducir la deriva
(*T. Friedrich*)

Cuando se dispone de pulverizadoras antiguas u obsoletas que no están en buenas condiciones de trabajo pueden ser ajustadas a un bajo costo reemplazando solamente los componentes técnicos que están en contacto con el líquido. Por lo general el tanque y el aguilón pueden ser usados. Es aconsejable reemplazar la bomba, las mangueras, los controles, los filtros y los picos junto con sus respectivas líneas.



Lámina 36

Pulverizadora antigua
ajustada con una bomba nueva,
controles y líneas de pulverización
(*T. Friedrich*)

Siembra directa

Palo plantador o espeque

La siembra directa es una práctica común en muchos lugares tropicales del mundo, si bien esa terminología no se usa con frecuencia.

Lámina 37

Un agricultor en las laderas del sur de Honduras usando un espeque para sembrar maíz
(A J. Bot)



Lámina 38

«Frijol tapado» o frijoles sembrados al voleo sembrados sobre residuos de la vegetación en Costa Rica
(A J. Bot)

En muchas partes de África la siembra se realiza con una azada. La azada usada para la siembra difiere de aquella usada para la labranza y para controlar las malezas ya que su hoja es más fina y angosta. Básicamente se entiende por siembra directa cuando es hecha sin ninguna preparación previa de la tierra. En América Latina el palo plantador o espeque (*huizute* en El Salvador) es usado comúnmente para sembrar maíz y sorgo y los frijoles por lo general son sembrados al voleo sobre la superficie cubierta de residuos, sin ninguna preparación de la tierra. La semilla cae a través de la cobertura de residuos y germina con la humedad del suelo bajo esos residuos.

Siembra directa manual y sembrado de punta

Para acelerar el proceso de siembra se ha desarrollado una sembradora de punta (o *matraca*). Es una herramienta de mano que permite que el agricultor siembre de pie y en forma más rápida que con cualquier otra herramienta, un promedio de dos hectáreas por día. La matraca tiene dos largos brazos unidos por una bisagra para formar una V con una punta aguda. Esta punta se clava en el suelo y al cerrar los brazos en V el extremo se abre y libera la semilla en el suelo. Al mismo tiempo una nueva semilla y eventualmente fertilizante son recargados en el sistema de entrega. La sembradora se clava en el suelo a cada paso del operador a un espaciamiento regular. Las desventajas incluyen:

- Los brazos a veces son muy débiles y fácilmente dañados por operadores demasiado fuertes
- Los extremos se atorán con suelo cuando no han sido correctamente diseñados o usados en suelos muy húmedos o arcillosos

Hay dos tipos de matracas: con puntas anchas y con puntas angostas. El primer tipo es usado en tierra preparada, por ejemplo cuando se rompe la línea de siembra. El segundo tipo con puntas angostas ha sido diseñado para siembra manual sin labranza y, por lo tanto, es más recomendable para la agricultura de conservación.



Lámina 39
Un masai en el noreste de
Tanzanía evaluando la matraca
(A. J. Bot)

Una modificación hecha a esta sembradora es una segunda tolva, opuesta a la tolva de semillas, para contener el fertilizante. Esto permite que el agricultor siembre y fertilice en la misma operación. En este caso la sembradora debería tener dos tubos de entrega para evitar que la semilla entre en contacto con el fertilizante.

Lámina 40
La distancia entre las semillas
y el fertilizante depositado en
el suelo por una matraca es de cerca
de 2 cm de ancho y 1-2 cm de
profundidad
(A. J. Bot)



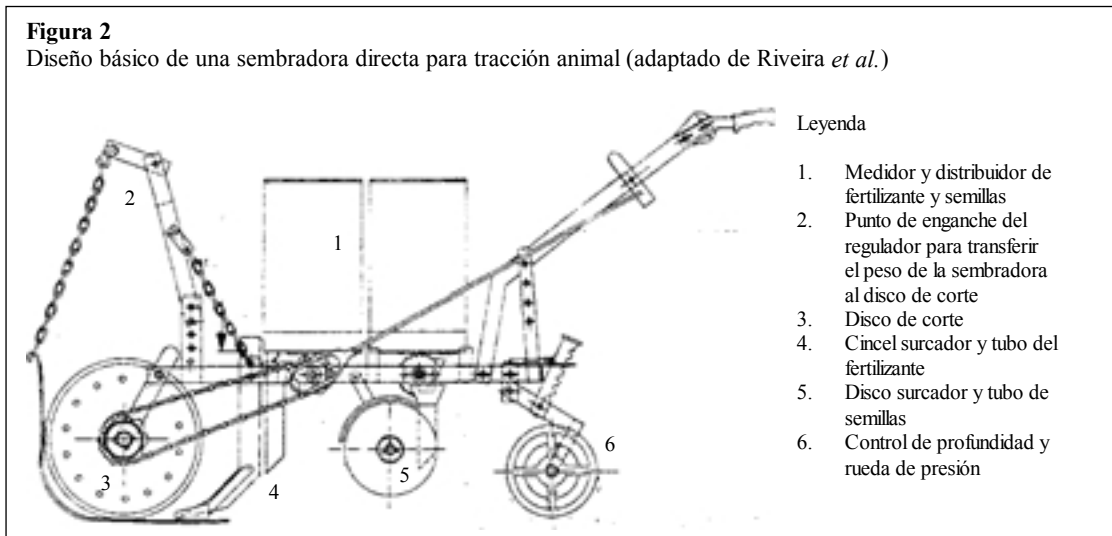
Sembradoras a tracción animal y para tractor de un eje

Se han diseñado implementos para la siembra directa para tracción animal y para tractores de un eje a fin de manejar los residuos sobre la superficie del suelo y al mismo tiempo sembrar y posiblemente también fertilizar. Estas sembradoras directas constan de los siguientes elementos:

- Un disco para cortar los cultivos cobertura o los residuos de cultivos y abrir una ranura en el suelo
- Un abridor de surcos, por lo general un cincel, para colocar el fertilizante
- Ruedas para controlar la profundidad de siembra y eventualmente presionar el surco sembrado
- Ruedas para presionar y cerrar la ranura a fin de asegurar un buen contacto entre el suelo y la semilla

Figura 2

Diseño básico de una sembradora directa para tracción animal (adaptado de Riveira *et al.*)



La eficiencia del disco cortador de los residuos y los cultivos de cobertura depende de varios factores:

- Las condiciones del suelo: textura, resistencia a la penetración, humedad y porosidad
- Condiciones de los residuos y la paja: resistencia al corte, humedad, cantidad y manejo
- Sembradora: peso y dinámica
- Disco: tamaño, forma y perfil



Lámina 41

Disco cortador
(T. Friedrich)

Para obtener buenos resultados se recomienda:

- Trabajar durante las horas más cálidas del día (después de las 10 de la mañana)
- Trabajar cuando la paja está verde o completamente seca, nunca cuando está marchita
- Operar cuando el nivel de humedad del suelo llega al punto de friabilidad
- Cuando se usa tracción animal, no tratar de sembrar cuando quedan más de 5 toneladas de materiales secos sobre la superficie de la tierra

Un corte ineficiente conduce a una acumulación de residuos entre las diferentes partes de la sembradora y origina problemas en la deposición del fertilizante y de las semillas, por ejemplo, espaciado irregular o completa ausencia de semillas (Ribeira *et al.*, 1999).



Lámina 42

La acumulación de residuos ocurre cuando los residuos están muy húmedos o el implemento está incorrectamente ajustado (S. Vaneph)

El suelo debe estar firme para facilitar el corte a través de los residuos, de lo contrario los residuos serán apretados contra el suelo y quedarán erectos haciendo un contacto deficiente con el suelo. El equipo también se puede bloquear si no existe un buen corte de los residuos en los suelos blandos (Casao y Yamaoka, 1990). Los discos cortadores tienen un filo suave que facilita la penetración en el suelo o filos curvados si se desea un mayor movimiento del suelo, por ejemplo cuando se espera una infestación de *Fusarium* y se necesita un suelo más seco o para mejorar el giro del disco y evitar su bloqueo.

Los abridores de surcos para la semilla y los fertilizantes en las sembradoras para tracción animal o los microtractores son por lo general un cincel o azada, discos dobles o un tipo de rodillo de inyección de puntas. Por lo general, el abridor de surcos está colocado inmediatamente antes o en el extremo de los surcos que dejan caer el fertilizante y las semillas.

El comportamiento del abridor de surcos depende de sus características geométricas, la velocidad, la textura y la densidad del suelo, la cantidad de residuos y la presión que la sembradora hace sobre este. Puede estar formado por:

- Un cuchillo de cincel: por lo general se usa en suelos que tienen una mayor resistencia a la penetración pero da lugar a más atascamientos de los residuos con el implemento y no puede ser usado en zonas pedregosas, con troncos o con muchas raíces; los cinceles son preferidos para implementos de tracción animal ya que requieren menos peso debido a su mejor penetración.
- Discos dobles, del mismo o de diferente diámetro y no colocados en ángulo V; el efecto adicional es que aquellos residuos que no han sido bien cortados son cortados por estos discos dando lugar a menos obstrucciones de los implementos. El implemento tiene menos capacidad de penetración del suelo, especialmente en suelos arcillosos (Ribeira *et al.*, 1999). Los discos de diámetros diferentes y los ejes excéntricos tienen mejor autolimpieza y características de penetración que otros discos de características

similares. Si no se usan discos abridores se prefieren discos dobles excéntricos de distinto diámetro para sembradoras de tracción animal.

Los siguientes son los tipos de abresurco más comunes de sembradoras directas para tracción animal (Baker *et al.*, 1996):

1. ranuras en forma de V
2. ranuras en forma de U

En la Agricultura de Conservación, las ranuras en forma de V son casi siempre creadas por dos discos que se tocan y presentan en la parte superior un ángulo hacia el exterior. El ángulo de la V es normalmente de 10°. Cada uno de los discos angulados empuja una cantidad igual de suelo hacia los lados cuando ambos discos están equidistantes de la vertical. La mayor ventaja de los discos dobles es su capacidad para manejar residuos superficiales sin bloquearse. La construcción es relativamente simple y no necesitan mantenimiento.



Lámina 43

Sembradora con cuchilla de discos dobles y ruedas de presión de hierro fundido
(T. Friedrich)

Cuando el frente de los filos de los discos dejan una brecha a nivel del suelo, esto puede causar problemas ya que podrían entrar los residuos. Esto se puede evitar mediante:

- colocar adelante un tercer disco o entre los dos discos angulados para cortar los residuos, o
- colocar uno de los dos discos más adelante del otro para presentar un solo filo cortador, o
- reemplazar uno de los dos discos por otro más pequeño; el disco más grande se convierte en el filo cortador de los residuos.

Las desventajas de las ranuras en V son:

- necesitan más fuerza de penetración
- no tienen tolerancia a condiciones inadecuadas del suelo
- hay una cierta tendencia a acumular residuos en forma vertical en la ranura
- si se siembran conjuntamente, tienden a concentrar las semillas y los fertilizantes en la base de la ranura

Las ranuras se pueden diferenciar en las de forma en V de otras con una base mayor o ranuras en U. Estas últimas, en las sembradoras de tracción animal y en los microtractores, se forman por medio de los siguientes tipos de abridores de surcos:

- abridores de azada o cincel
- abridores escardadores

Todos estos diseños producen algo de suelo suelto en la superficie cerca de la ranura que puede ser usado para cubrir la ranura. Los abridores de azada o cincel levantan el suelo; los abridores escardadores rompen el suelo con un conjunto de hojas rotatorias y los abridores de surcos quitan el suelo de la zona de la ranura.



Lámina 44

Elementos de trabajo de
un abridor escardador
(*T. Friedrich*)

Los abridores de azada son una azada o cincel que penetra verticalmente en el suelo. Las semillas se colocan debajo dentro del hueco de la hoja o por medio de un tubo adjunto, por lo general abierto en la parte de atrás. La mayor desventaja de estos abridores es el hecho que no trabajan sin bloquearse, incluso con discretos niveles de residuos, excepto cuando se coloca un disco adelante para cortar los residuos.



Lámina 45

Sembradora con abridores de
azada para fertilizantes y semillas
detrás del disco de corte
(*T. Friedrich*)

Las ventajas de los abridores de azada son:

- bajo costo
- penetran mejor en el suelo requiriendo menos peso del implemento por lo que son ideales para la tracción animal
- no amontonan residuos sobre la ranura sino que desplazan a los lados
- no crean superficies ásperas en los lados de los surcos húmedos favoreciendo una mejor cama de semillas

Desventajas:

- problemas con piedras y obstáculos
- requieren un buen disco de corte para residuos grandes
- hay más movimiento del suelo dependiendo de la forma y el ancho

El abresurcos de rodillo con inyección de las puntas maneja bien los residuos pero tiende a atorarse cuando se usa en suelos pegajosos.



Lámina 46
Sembradora de dos surcos con
rodillo de inyección de puntas
(T. Friedrich)

Lámina 47
Sembradora de un surco con
rodillo de inyección de puntas
(T. Friedrich)



Para cultivos anuales se recomienda colocar el fertilizante 5 cm al lado y debajo las semillas. En las sembradoras directas significa que el implemento abridor de los fertilizantes se coloca fuera de la línea de trabajo del sembrador. Sin embargo, en sembradoras directas para tracción animal el fertilizante es colocado debajo de la semilla pero en la misma línea.



Lámina 48
Detalle del interior de la tolva
de semillas con los platos
distribuidores de semillas
(V. H. de Freitas)

Los platos de semillas dentro de las tolvas controlan la densidad de siembra en el campo. Giran gracias al movimiento que reciben de la transmisión de las ruedas. La distancia entre el suelo y el tubo define la precisión de la siembra: si la distancia es grande será mayor la posibilidad de que las semillas se desvíen de la distancia óptima de siembra.



Lámina 49

El plato de semillas y el distribuidor de fertilizante son activados por el movimiento de las ruedas. En este caso una cadena conecta las partes móviles.
(A. J. Bot)

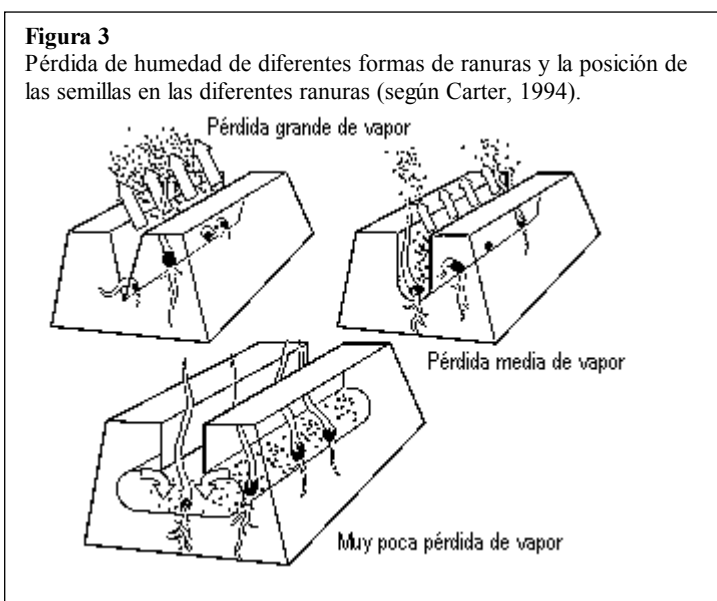
Los platos de semillas en las sembradoras para tracción animal pueden ser hechos en serie por el fabricante de la sembradora. Para reducir el daño a las semillas el diámetro del plato debería ser lo suficientemente grande de modo que la velocidad de las revoluciones del plato no sean muy altas. Las sembradoras para tracción animal con discos medidores deberían ser usadas solo con bueyes y no con caballos ya que estos tienen una mayor velocidad de trabajo. Muchas sembradoras modernas de tracción animal usan ahora discos estándar iguales a los de las sembradoras para tractores, de modo que la velocidad de los animales de tiro tiene menos importancia.



Lámina 50

Plato de semillas estándar para una sembradora de tractor colocado en una sembradora simple para tracción animal
(T. Friedrich)

Durante mucho tiempo los investigadores pensaron que la mejor cobertura para la semillas era el suelo suelto. Obviamente, este concepto se derivó del estudio de situaciones con camas de semillas originadas en la labranza. Sin embargo, especialmente bajo condiciones secas es posible observar que las semillas bajo la cobertura de los residuos germinan mejor que aquellas cubiertas con suelo suelto. En las condiciones de labranza con suelo suelto y macroporos la estructura en la vecindad de las semillas está completamente distribuida y la capilaridad ha sido disturbada. En los suelos que no han sido disturbados el equilibrio de la humedad del suelo está intacto proporcionando un intercambio óptimo de humedad entre las partículas de suelo y los poros. Esto permite el movimiento capilar del agua del suelo hacia la superficie reduciendo las pérdidas por evaporación con la cobertura del suelo. En la Agricultura de Conservación la humedad del suelo se encuentra en la ranura y dependiendo del tipo de ranura varía la pérdida de humedad (Cuadro 2 y Figura 3).



Cuadro 2 Efecto de la forma de la ranura sobre la tasa de secado (Baker *et al.*, 1996)

Pérdida diaria de humedad relativa del suelo (%)	Ranura en V	Ranura en U	Ranura en T invertida
	3,7	2,4	1,7

Cuadro 3 Semilla de trigo y respuestas de las plántulas a los abridores sin labranza en un suelo seco y en un suelo con humedad adecuada (Baker *et al.*, 1996)

	Ranura en V		Ranura en U		Ranura en T invertida	
	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco
% emergencia plántulas	42	10	70	31	68	59
Semillas germinadas que no emergen (%)	58	72	30	22	32	23
Semillas sin germinar (%)	0	18	0	47	0	18

Las ranuras en T invertida atrapan vapor de agua dentro de la ranura y germinan las semillas. La compresión de las semillas en las ranuras en V y en U antes de cubrirlas mejora su germinabilidad, especialmente en los suelos secos.

Las ruedas detrás del implemento sirven para comprimir el suelo húmedo o los residuos de los cultivos dentro de la ranura de modo de colocar las semillas en estrecho contacto con el suelo. Algunas sembradoras no tienen esta rueda y en este caso es el operador de la máquina quien pone las semillas en contacto con el suelo a medida que camina detrás de la máquina.

Los residuos superficiales son un recurso importante para promover la emergencia de las plántulas en los suelos secos y es posible obtener una mejor emergencia de plántulas en un suelo seco aplicando la siembra directa que por medio de la labranza, siempre que se usen los equipos correctos y las técnicas adecuadas.

Las llamadas «clínicas de sembradores» son reuniones de agricultores y técnicos donde aprenden y ajustan el equipo para sus distintas realidades en diferentes condiciones agroecológicas. Los ejemplos incluyen adaptaciones con un par adicional de ruedas para obtener más estabilidad de los equipos, especialmente para trabajar en las laderas o ajustes en los discos de corte para evitar la incidencia de *Fusarium* en los frijoles.



Lámina 51

«Clínica de sembradores»
donde los agricultores aprenden
y ajustan los equipos
(A. J. Bot)



Lámina 52

Demostración de una
sembradora directa de un
surco para tracción animal
(T. Friedrich)

Los prototipos de sembradoras de tracción animal han sido hechos para sembrar un solo surco pero actualmente existen sembradoras que pueden sembrar varios surcos. Las versiones multisurcos pueden incluir un asiento para el operador.



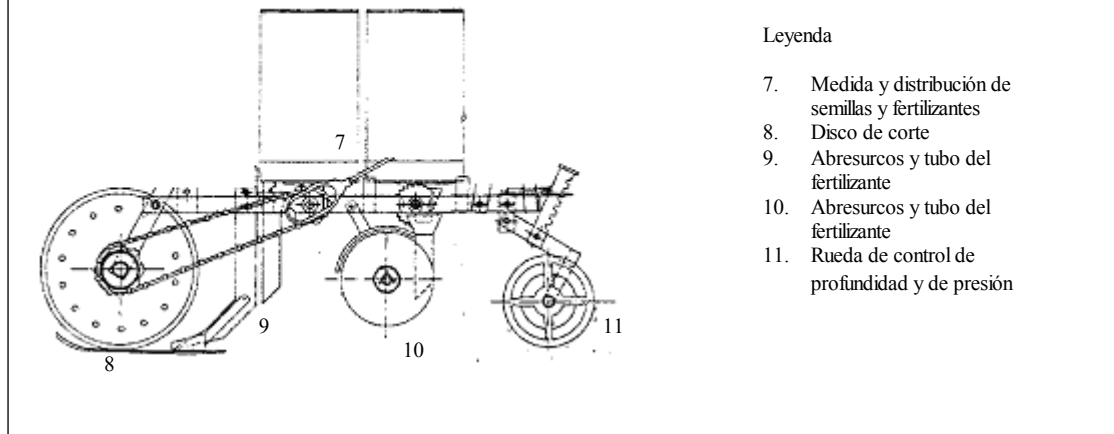
Lámina 53

Una sembradora de dos surcos para
tracción animal y con
asiento para el operador
(T. Friedrich)

Equipo para siembra directa para tractores

Figura 2

Diseño básico de una sembradora directa (adaptado de Riveira *et al.*)



No todas las sembradoras tienen todos o algunos de los siguientes componentes:

- Revolvedores para las semillas y/o fertilizantes con los respectivos tubos de medición y entrega
- Limpiador de surco para quitar el exceso de residuos del surco
- Disco de corte para cortar los residuos
- Abresurco para el fertilizante
- Abresurco para las semillas
- Rueda para comprimir las semillas
- Rueda para cerrar el surco (a menudo en combinación con el control de profundidad)
- Rueda compresora

Limpiador del surco

En algunos casos las sembradoras directas tienen un limpiador de surcos antes o combinado con el disco de corte. Los limpiadores de surcos producen una siembra más eficiente en las siguientes condiciones:

- Cobertura de residuos pesada o de difícil manejo
- Semillas delicadas
- En los climas fríos para calentar el suelo



Lámina 54

Limpiador de surco con
disco de corte
(T. Friedrich)

Disco de corte

El disco de corte por lo general es necesario para hacer un corte limpio a través de la cobertura de residuos y evitar su recolección alrededor de los elementos de siembra o la compresión de los residuos dentro del surco para las semillas. Son especialmente importantes cuando hay coberturas de residuos pesadas y con los abresurcos de cincel. La eficiencia del disco cortador de la cobertura y de los residuos depende de varios factores:

- Condiciones del suelo: textura, resistencia a la penetración, humedad, porosidad
- Condiciones de la paja y otros residuos: resistencia al corte, humedad, cantidad, manejo
- Sembradora: peso y dinámica
- Disco: tamaño, forma y perfil

Para obtener mejores resultados se recomienda:

- Trabajar durante las horas más cálidas del día (después de las 10 de la mañana)
- Trabajar ya sea cuando la paja está verde o completamente seca, nunca cuando está marchita
- Operar cuando el nivel de humedad del suelo favorece su friabilidad
- Cuando se usa tracción animal nunca tratar de sembrar cuando hay más de 5 toneladas/ha de materiales secos

Un corte ineficiente conduce a una acumulación de residuos entre las diferentes partes de la sembradora y causa problemas de deposición de las semillas y los fertilizantes, por ejemplo, un espaciado irregular o la total ausencia de semillas (Ribeira *et al.*, 1999).



Lámina 55

Disco cortador
(T. Friedrich)

El suelo debe ser firme para facilitar el corte de los residuos, de lo contrario estos serán solo comprimidos contra el suelo y quedarán erectos estableciendo un mal contacto de la semilla con el suelo. El bloqueo del equipo también podría dar lugar a una mala utilización de los residuos en los suelos blandos (Casao y Yamaoka, 1990). Los discos cortadores son planos o con perfil para mejorar su agarre en el suelo. Los discos muy perfilados se usan cuando se desea un mayor movimiento del suelo, por ejemplo cuando se espera una invasión de *Fusarium* y es necesario tener un suelo más seco o para mejorar el giro del disco y evitar el bloqueo.

Abresurcos

Un surco puede ser abierto por un cincel o por una azada, un disco simple en ángulo con el surco, discos dobles o por inyección de puntas. Por lo general el abresurcos es colocado inmediatamente antes o en el extremo de los tubos que dejan caer las semillas y los fertilizantes.

El comportamiento de los abresurcos depende de sus características geométricas, de la velocidad, la textura y la densidad del suelo, la cantidad de residuos y la presión hecha sobre el mismo por la sembradora. Puede ser formado por:

- Un cuchillo de cincel: por lo general se usa en suelos que tienen una mayor resistencia a la penetración pero da lugar a más atascamientos de los residuos con el implemento y no puede ser usado en zonas pedregosas, con troncos o con muchas raíces; los cinces son preferidos para implementos de tracción animal ya que requieren menos peso debido a su mejor penetración.
- Discos simples en ángulo con el surco.
- Discos dobles, tanto del mismo o de diferente diámetro y no colocados en ángulo V; el efecto adicional es que aquellos residuos que no han sido bien cortados son cortados por estos discos dando lugar a menos obstrucciones de los implementos. El implemento tiene menos capacidad de penetración del suelo, especialmente en suelos arcillosos (Ribeira *et al.*, 1999). Los discos de diámetros diferentes y de ejes excéntricos tienen mejor autolimpieza y características de penetración que otros discos de diámetro características similares.
- Otros tipos de abresurcos como los en T invertida y de ranura cruzada.

Hay diferentes opiniones respecto a la función de los abresurcos en las sembradoras directas. Algunos consideran que el abresurcos junto con la colocación de la semilla en el suelo debería hacer alguna preparación del suelo en el surco. Las sembradoras que tienen este objetivo a menudo usan abresurcos de tipo de azada y crean considerable movimiento del suelo. Esto conduce a mayor requerimiento de fuerza de tiro, pérdidas de humedad y a la germinación de las semillas de las malezas. Por lo tanto, en la Agricultura de Conservación se prefiere usar abresurcos diseñados para crear un mínimo movimiento del suelo, ya sean de cinces o de discos.

Lámina 56

Siembra sin labranza con
abresurcos de azada creando
considerable movimiento
del suelo
(T. Friedrich)



Existen cuatro tipos generales de formas de surcos (Baker *et al.*, 1996):

1. ranuras en V
2. ranuras en U
3. ranuras en T invertida
4. ranuras cruzadas



Lámina 57

La siembra sin labranza con abresurco de doble disco crea poco movimiento del suelo (a la derecha campo sembrado con sembrador de tipo de azada)
(R. Dambros)

Las ranuras de forma de V son casi siempre creadas por dos discos que se tocan en el frente y se abren en ángulo hacia atrás. El ángulo en V es normalmente de 10° . Cada uno de los discos angulados empuja casi un mismo volumen de tierra hacia los lados, cuando los dos discos están en el mismo ángulo con la vertical. La mayor ventaja de los discos dobles es su capacidad para manejar residuos superficiales, piedras y obstáculos menores sin bloquearse. La construcción es relativamente simple y no requieren mantenimiento.



Lámina 58

Abresurcos de doble disco, con discos excéntricos para mejorar la penetración
(T. Friedrich)

Cuando los filos al frente de los discos dejan una brecha a nivel del suelo puede causar problemas con la entrada de residuos. Esto puede ser evitado:

- colocando un tercer disco adelante o entre los dos discos angulados para cortar los residuos colocando uno de los dos discos adelante del otro para presentar un filo simple de corte (discos excéntricos), o
- reemplazando uno de los dos discos por uno más pequeño; el disco más grande es el filo principal para cortar los residuos.

Lámina 59

Abresurcos de doble disco
con discos excéntricos de
diferente diámetro
(T. Friedrich)



Desventajas de las ranuras en forma de V:

- necesitan alta fuerza de penetración
- no toleran condiciones inadecuadas del suelo
- tienen tendencia a tapar la ranura con residuos en forma vertical
- tienden a concentrar la semilla y el fertilizante en la base de la ranura si se aplican en el mismo surco

Las ranuras en U tienen una base más amplia que las ranuras en V. Son formadas por varios diseños de abresurcos:

- abresurcos de tipo de doble disco angulado
- abresurcos de azada
- abresurcos de labranza motorizados

Todos estos diseños producen algo de suelo suelto en la superficie cerca de la ranura, el que puede ser usado para recubrirla. Los abresurcos de tipo de disco angulado separan el suelo del centro de la ranura, los abresurcos de azada levantan el suelo, los abresurcos motorizados rompen el suelo con un juego de hojas rotatorias y los abresurcos de surco barren el suelo fuera de la zona de la ranura.



Lámina 60

Detalle de un abresurco
de disco simple
(T. Friedrich)

Recuadro 5. Cortadores de disco simple

Características:

- producen una ranura en forma de U
- son simples y robustos
- son compactos (a menudo usados para sembrar granos pequeños)
- hacen un buen manejo de los residuos

Desventajas:

- es necesaria una alta fuerza de penetración
- hacen un considerable movimiento del suelo (dependiendo del ángulo)

Los abresurcos de tipo de azada consisten de dientes o cinceles diseñados para penetrar verticalmente en el suelo. La semilla cae por el interno hueco del diente o por un tubo adjunto a este, por lo general abierto en el lado de atrás. La mayor desventaja es el hecho de que no manejan ni siquiera pequeños volúmenes de residuos sin bloquearse, excepto si se pone un disco delantero para cortar los residuos.



Lámina 61

Abresurco de tipo de azada
con ala ancha
(T. Friedrich)

Ventajas de los abresurcos de azada:

- bajo costo
- penetran mejor en el suelo requiriendo menos peso del implemento lo que los hace ideales para tracción animal
- no amontonan residuos en la ranura sino que los empujan hacia afuera
- no crean superficies ásperas en los lados de los surcos húmedos creando una mejor cama de semillas

Desventajas:

- tienen problemas con piedras y obstáculos
- requieren un buen disco cortador para los residuos grandes
- hacen un considerable movimiento del suelo dependiendo de la forma y el ancho

Lámina 62

Tipo de abresurco de cincel
que causa poco
movimiento del suelo
(T. Friedrich)



La ranura de T invertida fue desarrollada para invertir la forma de la ranura en V, o sea una parte superior ancha y base angosta. El principal objetivo para este desarrollo fue la posibilidad de doblar el suelo cubierto con residuos sobre la ranura para la conservación de la humedad. El segundo objetivo fue encontrar un diseño capaz de manejar correctamente la colocación del fertilizante al mismo tiempo de la siembra. El implemento consiste de un vástago vertical que se curva hacia afuera en su base para formar dos alas inclinadas hacia el frente a 5-10°. Un disco en el frente corta los residuos. Las principales ventajas son:

- no compacta el suelo
- la ranura se cierra automáticamente
- mantiene una profundidad de siembra constante siguiendo la superficie del suelo
- puede sembrar muy superficialmente reduciendo la inclinación de las alas



Lámina 63

Abresurcos de T invertida
(T. Friedrich)

Desventajas:

- se gasta considerablemente en suelos arenosos
- no hay una buena apertura del surco en los suelos sueltos
- tiene un manejo difícil de los residuos (requiere un disco de corte)

El abresurco de ranura cruzada es un desarrollo posterior de la ranura en T invertida. Proporciona condiciones casi ideales para la germinación de la semillas (ver Recuadro 6). Consiste de discos de corte con dos pequeñas alas a cada lado. Las alas abren un corte horizontal en el cual se coloca de un lado la semilla y del otro el fertilizante separadas por el corte vertical del disco de corte.



Lámina 64

Detalle del abresurco
de ranura cruzada
(T. Friedrich)

Recuadro 6

Características del abresurco de ranura cruzada

- condiciones ideales para la germinación de las semillas
- eficiente separación de la semilla y el fertilizante
- requiere poca fuerza de tiro
- buen manejo de los residuos, sin problemas de dejar residuos en posición vertical
- considerable desgaste en los suelos arenosos
- caro

Otro tipo de abresurco es el rodillo con pinchos a inyección. La semilla es colocada entre los dedos de dos ruedas estrelladas que están a un ángulo comparable al de los discos y son inyectadas al suelo. Maneja bien los residuos pero tiende a atorarse cuando se usa en suelos pegajosos.



Lámina 65

Sembradora de rodillo de pincho a inyección (sembradora de rueda de estrella)
(T. Friedrich)

Lámina 66

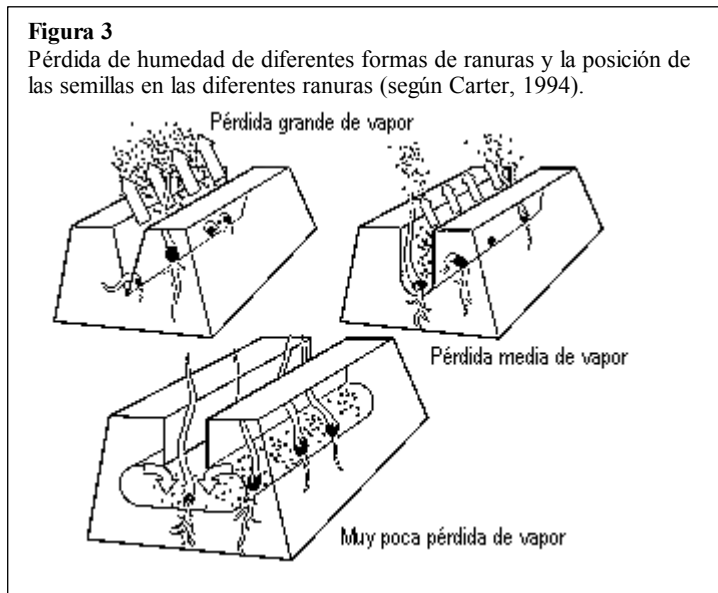
Detalle de la sembradora de pincho a inyección
(T. Friedrich)



Para cultivos anuales se recomienda que los fertilizantes sean colocados 5 cm al lado y debajo de las semillas. En la sembradora directa el caño para entregar el fertilizante está colocado fuera de la línea de trabajo cuando se lo compara con el sembrador. Sin embargo, en muchas sembradoras el fertilizante es colocado debajo de la semilla pero en la misma línea.

Durante mucho tiempo los investigadores pensaron que la mejor cobertura para la semillas era el suelo suelto. Obviamente, este concepto derivó del estudio de situaciones con camas de semillas originadas en la labranza. Sin embargo, especialmente bajo condiciones secas, es posible observar que las semillas bajo la cobertura de los residuos germinan mejor que aquellas cubiertas con suelo suelto. En las condiciones de labranza con suelo

suelto y macroporos la estructura en la vecindad de las semillas está completamente distribuida y la capilaridad ha sido disturbada. En los suelos que no han sido disturbados el equilibrio de la humedad del suelo está intacto proporcionando un intercambio óptimo de humedad entre las partículas de suelo y los poros. Esto permite el movimiento capilar del agua del suelo hacia la superficie reduciendo las pérdidas por evaporación con la cobertura del suelo. En la Agricultura de Conservación la humedad del suelo se encuentra en la ranura y dependiendo del tipo de ranura varía la pérdida de humedad (Cuadro 2 y Figura 3).



Cuadro 2 Efecto de la forma de la ranura sobre la tasa de secado (Baker *et al.*, 1996)

Pérdida diaria de humedad relativa del suelo (%)	Ranura en V	Ranura en U	Ranura en T invertida
	3,7	2,4	1,7

Cuadro 3 Semilla de trigo y respuestas de las plántulas a los abridores sin labranza en un suelo seco y en un suelo con humedad adecuada (Baker *et al.*, 1996)

	Ranura en V		Ranura en U		Ranura en T invertida	
	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco
% emergencia plántulas	42	10	70	31	68	59
Semillas germinadas que no emergen (%)	58	72	30	22	32	23
Semillas sin germinar (%)	0	18	0	47	0	18

Las ranuras invertidas en T atrapan el vapor de agua dentro de la ranura lo que favorece la germinación de las semillas. La compresión de las semillas en las ranuras en V y en U antes de cubrir las semillas mejora su resultado, especialmente en suelos secos.

Las ruedas detrás del implemento sirven para apretar el suelo húmedo o los residuos de los cultivos sobre la ranura de modo de colocar la semilla en estrecho contacto con el suelo. Algunas sembradoras no tienen esta rueda y en este caso es el operador quien comprime las semillas contra el suelo a media que camina sobre el surco.

Los residuos superficiales son un recurso importante para promover la emergencia en los suelos secos; es posible obtener una emergencia más efectiva de las plántulas en un suelo seco por siembra directa que usando labranza convencional, siempre que se use el equipo y las técnicas adecuadas.

Los diferentes cultivos y semillas requieren diferentes formas de siembra. Los dos tipos principales son:

1. sembradora de semillas: la semilla se siembra en una banda continua en el surco. Este método se usa por lo general para granos pequeños como los cereales. La semilla es empujada por rodillos de alimentación de varios tipos, ya sea uno para cada caño sembrador y alimentado por gravedad o en forma centralizada con distribución neumática de la semilla hacia las líneas. Las máquinas de este tipo son llamadas sembradoras.
2. Siembra de precisión: las semillas individuales o un número predeterminado de semillas se coloca a igual distancia también predeterminada en el surco. Este método por lo general se usa para cultivos en línea como maíz, frijoles, algodón y girasol. El número de semillas en cada hoyo de siembra y la distancia de siembra es determinada por platos de semillas con celdas para regular la salida de las semillas. Esta regulación puede ser mecánica o neumática, con aire a presión o al vacío.



Lámina 67

Una sembradora mecánica
para no labranza
(T. Friedrich)



Lámina 68

Sembradora neumática
para no labranza con dos
reguladores centrales y
distribuidores
(T. Friedrich)



Lámina 69

Sembradora de precisión
para dos surcos
(T. Friedrich)

Hay algunas sembradoras modernas para no labranza que incorporan ambas opciones en una máquina, o sea la sembradora en fila y la sembradora de precisión. El agricultor solo utiliza la sembradora en fila con el número deseado de abresurcos y los conecta al correspondiente mecanismo de distribución.



Lámina 70

Sembradora en líneas y sembradora de precisión: en la parte superior los rodillos alimentadores del sistema de distribución para la siembra de la semilla y debajo las tolvas para los platos de siembra de precisión
(T. Friedrich)

Lámina 71

Detalle del interior de una tolva de semillas de una sembradora de precisión con los platos de semillas para su distribución
(T. Friedrich)



Los platos de semillas dentro de las tolvas controlan la densidad de las plantas en el campo. Son activados por el movimiento de una de las ruedas por medio de una cadena. La distancia entre el suelo y el tubo define la precisión de la siembra: si la distancia es grande la posibilidad de que las semillas se desvíen de la distancia óptima de siembra es mayor.

Adaptación de viejas sembradoras para siembra sin labranza

Las sembradoras para no labranza a menudo son más costosas que las sembradoras convencionales. Por lo tanto, esa inversión podría crear un serio obstáculo para el proceso de transición hacia la Agricultura de Conservación. En muchos casos las viejas sembradoras convencionales pueden ser convertidas a bajo costo en sembradoras de no labranza, ya sea por el agricultor o por talleres mecánicos. El sistema de regulación de las semillas se conserva como tal, el marco de la sembradora puede ser reforzado y las partes como los abresurcos son reemplazados por nuevas unidades adecuadas.



Lámina 72

Modificación de una sembradora convencional de precisión para su uso en no labranza: agregado de un disco cortador en el frente y reemplazo de los abresurcos para los fertilizantes y las semillas
(T. Friedrich)

Lámina 73

Modificación de una sembradora convencional para su uso en no labranza: agregado de nuevos discos cortadores y modificación del marco
(T. Friedrich)



Lámina 74

La sembradora en la Lámina 73 después de las modificaciones. La adaptación fue hecha por el agricultor usando un juego para modificaciones.
(T. Friedrich)

Otra información sobre sembradoras directas

Una serie de fabricantes de equipo para labranza cero han anunciado sus productos e información relacionada con los mismos en Internet. El Servicio de Agricultura de la FAO trata de recoger la mayor cantidad posible de información en su base de datos sobre Tecnología de Agricultura de Conservación la cual se encuentra en la siguiente dirección: <http://www.fao.org/ag/catd/index.jsp>

La base de datos proporciona información sobre diferentes modelos de equipos de Agricultura de Conservación para uso manual, tracción animal y mecanizados. La información técnica, agronómica y comercial para las sembradoras directas y las sembradoras corrientes, equipo para manejo de los residuos y pulverizadoras especiales puede ser vista en ese sitio. Las direcciones completas incluyen conexiones directas con las páginas web de los fabricantes.

Bibliografía

- Almeida, F. S.** 1998. A alelopatia e as plantas. IAPAR. Circular 53. Londrina. Brasil.
- Araújo, A.G., R. Casao Jr., y P. R. A. Araújo.** 1993. Recomendações para dimensionamento e construção do rolo-faca. *In*: Encontro Latinoamericano sobre Plantío Direto na PPequena Propriedade. Anais. P. 271-280. IAPAR. Ponta Grossa. Brasil.
- Araújo, A. G., R. S. Yamaoka y D. A. Benassi.** 1999. Máquinas para pulverização em solos de baixa aptidão agrícola. *In*: Uso e manejo de solos de baixa aptidão agrícola. O. Muzilli y C. Castro Filho (Eds.) IAPAR. Circular Técnica 108. P 154-167.
- Baker, C. J., K. E. Saxton y W. R. Ritchie.** 1996. No-tillage seeding. Science and practice. CAB International, University Press Cambridge. 258 pp.
- Bertol, O y O. Wagner.** 1987. A knife roller or chopping roller. *In*: ILEIA Newsletter. Vol. 3:1. P 10-11.
- Carter, M. R.** 1994. Conservation tillage in temperate agroecosystems. Lewis. Boca Ratón. 390 pp.
- Casao Jr., R. y R. S. Yamaoka.** 1990. Desenvolvimento de semeadora-adubadora direta a tração animal. *In*: XIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Piracicaba. Anais. P. 766-777-
- Derpsch, R. y A. Calegari.** 1992. Plantas para adubação verde de inverno. IAPAR. Circular 73. 80 pp.
- Derpsch, R.** 2003. No-tillage, sustainable Agriculture in the New Millenium: Internet homepage: <http://www.rolf-derpsch.com/>
- Friedrich, T.** 2000. Conceptos y objetivos de la labranza en una agricultura conservacionista. *In*: Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. FAO. Boletín de Suelos y Aguas N°8. Roma. P. 29-37.
- Godwin, R. J.** 1990. Agricultural engineering in development: tillage for crop production in areas of low rainfall. FAO. Boletín de Servicios Agrícolas 83. Roma. 124 pp.
- Krause, R., F. Lorenz y W. B. Hoogmoed.** 1984. Soil tillage in the tropics and subtropics. GTZ. Eschborn. 320 pp.
- Moeller, O.** 1997. Farmer's Tools. Farnesa, FAO. Zimbabwe. 115 pp.
- Monegat, C.** 1991. Plantas de cobertura do solo. Características e manejo em pequenas propriedades. Chapecó, Brasil. 337 pp.
- Riberira, M. F. S., A. G. Araújo, R. Casao Jr. y D. A. Benassi.** 1999. Máquinas para semeadura direta em solos de baixa aptidão agrícola. *In*: Uso e manejo do solos de baixa aptidão agrícola. Muzilli y Castro Filho (Eds.). IAPAR. Circular Técnica 108. P 139-152.
- Vieira, M. J.** 1996. Uso del arado de cincel para la producción agrícola y la conservación de suelos y agua. MAG-FAO, San José. Costa Rica. 41 pp.